

Il legamento artificiale

Artificial ligaments

G. Cerulli^{1, 2, 3}, A. Caraffa^{1, 2}, R. Antenucci¹, P. Antinolfi¹

RIASSUNTO

Obiettivo dello studio era di valutare i risultati delle ricostruzioni del legamento crociato anteriore con il legamento artificiale, ad un follow-up di 5 anni.

25 pazienti sono stati sottoposti alla ricostruzione del legamento crociato anteriore utilizzando il tessuto di sintesi e la tecnica chirurgica all inside. L'intervento è stato proposto a soggetti sintomatici, motivati e con necessità di un rapido recupero alle attività lavorative e/o sportive.

Per la valutazione clinica soggettiva sono state utilizzate le schede VAS, KOOS e IKDC. La valutazione clinica obiettiva è stata eseguita da un autorevole "osservatore-esaminatore" neutro. I medesimi soggetti sono stati sottoposti anche ad una valutazione funzionale biomeccanica: artrometrica, isocinetica e stabilometrica.

I risultati clinici soggettivi, che emergono dall'analisi delle schede utilizzate, mostrano risultati positivi in oltre il 90% dei casi. Analoghi risultati emergono dalla valutazione clinica obiettiva. Le valutazioni funzionali biomeccaniche evidenziano un recupero ottimo o buono, nella gran parte dei casi. Gli autori concludono affermando che il legamento artificiale rappresenta, in casi ben selezionati, una valida alternativa ai *grafts* biologici e agli *allografts* negli interventi chirurgici di ricostruzione del legamento crociato anteriore.

Parole chiave: graft, tessuto di sintesi, legamento crociato anteriore, tecnica all inside

SUMMARY

The aim of the study was to evaluate the results of anterior cruciate ligament reconstruction with artificial ligaments at a five-year follow-up.

25 patients have undergone anterior cruciate ligament reconstruction using synthetic tissue and the all-inside surgical technique. The operation was proposed to

symptomatic, motivated subject who needed quick recovery to return to sport or working activities.

For the individual clinical evaluation the VAS, KOOS and IKDC forms were used. The objective clinical evaluation was performed by an expert neutral "observer examiner". The subject also had a biomechanical functional assessment: arthrometrical, isokinetics and stabilometrical.

The individual clinical results which result from the assessment forms used show positive results in over 90% of the cases. Similar results were observed following the objective clinical evaluation.

The biomechanical functional evaluations showed excellent or good recovery in the majority of cases. The authors conclude that artificial ligaments are, in carefully selected cases, a valid alternative to biological grafts and allografts.

Key words: graft, sunthetic tissue, anterior cruciate ligament, all inside technique

INTRODUZIONE

Nella seconda metà degli anni '90 si è assistito ad una "cauta riutilizzazione" del legamento artificiale nelle ricostruzioni del legamento crociato anteriore^{1, 2}.

La riproposta del legamento di sintesi è stata accolta da quasi tutti gli operatori, noi compresi, con molto scetticismo, in considerazione delle cattive esperienze degli anni '80^{3, 4}. Negli anni successivi l'osservazione più attenta della situazione ed un'analisi "non prevenuta" dei dati emergenti dalla Letteratura, ha portato noi ed alcuni altri a prendere di nuovo in considerazione la possibilità di utilizzare il tessuto di sintesi come *graft*. Questa scelta è scaturita da diverse considerazioni:

- la rilevazione che non tutti i casi operati negli anni '80 erano falliti; alcuni soggetti infatti stavano bene anche a lunghi follow-up, sia soggettivamente che obiettivamente, come alcuni casi da noi rivisti nel 2000 ed operati a metà degli anni '80 con legamento in dacron;
 - la convinzione di cause multifattoriali alla base degli insuccessi, tra cui la tecnica chirurgica di quel periodo (più aggressiva e meno precisa) e l'organizzazione del materiale di sintesi;
- il progressivo miglioramento della tecnica chirurgica, sia per maggiore precisione che per la minore invasività;
- l'esperienza acquisita nel tempo, sia dal chirurgo che dall'Industria, che gli ha messo a disposizione strumentari dedicati e materiale innovativo adeguato;
 - la constatazione che i *grafts* biologici e gli *allografts* comune-

¹ Clinica Ortopedica e Traumatologica di Perugia, Scuole di Specializzazione in: Ortopedia e Traumatologia, Medicina Fisica e Riabilitativa, Università degli Studi di Perugia; ² Laboratorio di Biomeccanica "Let People Move", Perugia; ³ Nicola's Foundation Onlus, Arezzo

Indirizzo per la corrispondenza:

Prof. Giuliano Cerulli, via Pontani 9, 6127 Perugia. Tel.: +39 075 5003956; fax: +39 075 5010921; e-mail: letpeoplemove@tin.it

mente usati, non rappresentano una soluzione ottimale e portano alla continua ricerca di altre soluzioni;

- l'evidenza della costituzione, struttura e organizzazione del legamento di sintesi di nuova generazione, nonché delle sue caratteristiche meccaniche: alta resistenza alle forze di trazione (superiori a 3500-4000 Newton) e all'usura (22 milioni di cicli senza rottura);
- i risultati, sebbene a brevi follow-up, che emergevano alla fine degli anni '90 e all'inizio del 2000 dalla Letteratura internazionale sull'impianto di questo *graft* nell'uomo, specie riguardo all'assenza di sinoviti post-operatorie ed alla riacquisita stabilità legamentosa, con manifesta soddisfazione degli operati^{5,6}.

Abbiamo così iniziato nel 2001 ad utilizzare il legamento sintetico di nuova generazione negli interventi di ricostruzione del legamento crociato anteriore (LCA) in casi ben selezionati: soggetti al di sopra di 40 anni, sintomatici, motivati, con necessità di un rapido recupero e quindi con un brevissimo tempo a disposizione per la riabilitazione, comunque inferiore rispetto a quello richiesto per il *graft* biologico o l'*allograft*. Solo in una seconda fase e per casi eccezionali (quali l'occasione della vita o seri motivi personali) abbiamo allargato l'indicazione a soggetti al di sotto dei 40 anni.

Dopo i primi casi in cui abbiamo usato la tecnica bitunnel *out-in*, con fissazione mediante viti ad interferenza metalliche coniche, successivamente è stata da noi costantemente utilizzata la tecnica chirurgica *all inside*, da noi ideata e affermata nel medesimo periodo⁷. Questa tecnica si combina in maniera ottimale con il *graft* artificiale, in quanto miniminvasiva (risparmio di tessuto osseo e di parti molli) e con un doppio sistema di fissazione nei tunnel ossei: *press-fit* e ad interferenza, mediante speciali viti al titanio modificate alle estremità⁸.

Il programma post-operatorio è piuttosto semplice: bendaggio elastico nella prima settimana, crioterapia nei primi 15 giorni, carico parziale nella prima settimana e poi libero secondo sicurezza, escursione articolare del ginocchio non limitata fin dall'inizio, programma di recupero muscolare e propriocettivo accelerato. Il recupero completo alle attività lavorative o sportive avviene in 30-40 giorni.

Il succitato programma riabilitativo è stato analogo per tutti gli operati, eccetto i casi con associate lesioni condrali di terzo o quarto grado, che ci hanno costretti a modificare il programma standard adeguandolo, specie per quanto riguarda il carico e il recupero, alle necessità del tipo di trattamento condrale effettuato. Analogamente il programma post-operatorio è stato differente nei casi in cui all'impianto del legamento artificiale si è associata contemporaneamente un'osteotomia correttiva.

MATERIALE E METODO

Abbiamo rivalutato un gruppo di 25 soggetti, operati consecutivamente nel 2002 di ricostruzione del LCA con lo stesso tipo di *graft* di sintesi e con la tecnica *all inside* (Fig. 1). Tutti i casi sono visti al termine del follow-up di 5 anni. Nella scelta progressiva dei pazienti abbiamo escluso i casi con contemporanea lesione del LCA ed LCP, quelli con successiva lesione del LCA controlaterale e quelli con precedente o successiva ricostruzione del LCA contro-

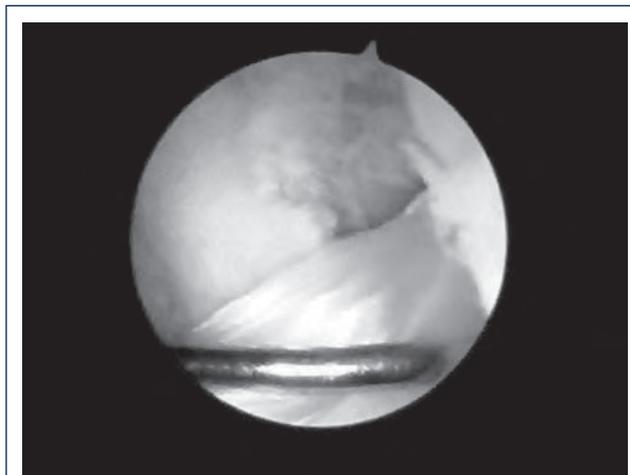


Fig. 1. Valutazione in artroscopia del legamento artificiale.

laterale. Il gruppo preso in considerazione peraltro non aveva altre problematiche che potessero in qualche maniera interferire sulla valutazione longitudinale del ginocchio operato e quindi inficiare i risultati della ricostruzione del LCA.

Il gruppo oggetto della valutazione è costituito da 7 femmine e 18 maschi di età media di 46 anni e 2 mesi (minima di 30 anni e massima di 60 anni). Il peso medio è di 75,6 kg (minimo di 54 kg e massimo di 113 kg), mentre l'altezza media è di 174 centimetri (minima di 160 cm e massima di 187 cm).

Il lato sinistro è interessato in 13 casi e il destro in 12 casi.

In tutti i soggetti del gruppo erano state rispettate le indicazioni alla utilizzazione come *graft* del legamento di sintesi, come è stato scritto in precedenza.

Per la valutazione clinica soggettiva sono state utilizzate varie schede:

- la scheda VAS, per quantificare il dolore soggettivo sul ginocchio operato, attraverso una scala di riferimento verticale, con un valore da 0 (dolore assente) fino a 10 (dolore massimo). Il soggetto era invitato sulla scala graduata ad indicare l'entità del suo dolore (da 0 a 10);
- la scheda KOOS, che è una scheda a punti per la valutazione di vari parametri soggettivi: sintomi (gonfiore, scrosci articolari e limitazioni articolari), rigidità del ginocchio (al mattino e durante il giorno), dolore (frequenza, a riposo o durante le attività), attività della vita quotidiana (camminare, salire e scendere le scale alzarsi dal letto, mettere i calzini ecc.), attività sportive e ricreative (accovacciarsi, correre, saltare, girarsi e inginocchiarsi), qualità della vita in relazione al ginocchio (modifiche secondarie, difficoltà e mancanza di fiducia nel ginocchio). Il paziente deve barrare la casella che meglio rappresenta la risposta ad ogni domanda, in un gruppo di caselle in cui si rappresenta la situazione migliore fino a quella peggiore;
- la scheda IKDC (*International Knee Documentation Committee*), di cui abbiamo utilizzato il modulo di valutazione dello stato di salute attuale e il modulo di valutazione soggettiva del ginocchio. Quest'ultimo attraverso una scheda a punti esprime l'entità delle limitazioni alle attività che il soggetto può svolgere nella

sua vita quotidiana e sportiva, inoltre l'assenza o la presenza di sintomi. Il punteggio massimo è 100 ed esprime l'assenza di limitazioni e di sintomi, e quindi un risultato eccellente; quanto più ci si allontana da questo punteggio e tanto peggiore sarà il risultato, che pertanto possiamo suddividere in 4 gruppi: ottimo, buono, discreto e cattivo.

La valutazione clinica obiettiva del ginocchio è stata effettuata da un osservatore-esaminatore neutro, esperto nel settore, di chiara fama, di alto profilo morale e scientifico: il prof. R. Lorentzon dell'Università di Umea (Svezia). Il prof. Lorentzon ha valutato vari parametri del ginocchio operato in comparazione con il controlaterale: la motilità (completa o incompleta, per deficit di flessione ed estensione, ed eventuale entità del deficit articolare); la tumefazione del ginocchio (presente o assente) e il versamento articolare (test del ballottamento rotuleo positivo o negativo). Ha poi valutato i test specifici per il LCA:

- il *Lachman test*, usando i seguenti criteri di valutazione - - - se il test era negativo; + - - per un test lievemente positivo; + + - se il test era moderatamente positivo e + + + per indicare un'alta positività del test (indice di grave instabilità legamentosa a causa del LCA);
- il *pivot shift*, con criteri di valutazione dell'instabilità analoghi a quelli del *Lachman test* (- - -, + - -, + + -, + + +) e stesso criterio di giudizio dell'instabilità: nessuna, lieve, moderata ed alta.

Lo stesso esaminatore ha valutato il trofismo muscolare a livello della coscia comparativamente al controlaterale, misurando la circonferenza a 10 centimetri dalla base della rotula, dando il seguente giudizio: assente, lieve ipotrofia (< 1 cm), moderata ipotrofia (tra 1 e 2 cm di differenza rispetto al controlaterale), severa ipotrofia (> 2 cm).

Infine il prof. Lorentzon ha espresso un suo giudizio sulla situazione clinica globale di ciascun paziente: eccellente, molto buona, buona e cattiva.

Abbiamo ritenuto opportuno aggiungere alla valutazione clinica soggettiva ed obiettiva, anche una valutazione funzionale biomeccanica su alcuni parametri - la stabilità articolare, la forza muscolare e la capacità di controllo della posizione - al fine di avere dati oggettivi e riproducibili. Questa valutazione è stata eseguita nel laboratorio di Biomeccanica "Let People Move" di Perugia, che è opportunamente attrezzato per fare questi esami e con personale dedicato.

La valutazione artrometrica della stabilità articolare del ginocchio, relativamente al LCA, è stata eseguita con il KT 2000. L'esame è stato eseguito su entrambi i lati, secondo la metodica ormai nota e standardizzata, a 15- 20- e 30 libbre, inoltre al *manual maximum* ed è stata calcolata la differenza *side to side* 9. Ognuno è stato ripetuto 3 volte ed è stato poi preso in considerazione il valore medio delle tre prove. Ai fini della valutazione del grado di stabilità abbiamo preso in considerazione i dati delle prove a 30 libbre e al *manual maximum* (universalmente riconosciute come quelle più significative) e abbiamo considerato, con severità, tre gruppi di valori differenziali del lato operato rispetto al controlaterale: gruppo a) < 2 mm (risultato ottimo), gruppo b) > 2 mm e < 4 mm (risultato buono), gruppo c) > 4 mm (risultato cattivo), quest'ultimo gruppo è quindi da giudicare con un ginocchio instabile e quindi l'intervento chirurgico dal punto di vista meccanico è fallito.

La valutazione della forza muscolare dei flessori e degli estensori

del ginocchio è stata valutata con una macchina isocinetica: il Kin Com (Fig. 2) L'esame è stato eseguito naturalmente in entrambi i lati, in concentrica alla velocità di 90°/sec. e con una escursione articolare del ginocchio da 10° a 90°. I valori ottenuti del picco di forza dei flessori e degli estensori sul lato operato sono stati confrontati tra di loro e il rapporto espresso in percentuale. Successivamente il lato operato è stato confrontato con il controlaterale ed anche in tal caso è stato espresso in percentuale il rapporto di forza tra gli estensori del ginocchio di destra e gli estensori di sinistra, analogamente si è proceduto per i flessori.

Per valutare la capacità di controllo della posizione è stato eseguito un esame stabilometrico mediante una piattaforma di forza Bertec, di forma rettangolare e delle dimensioni di 40 cm per 60 cm. Il paziente in appoggio monopodalico "a piede nudo" e con il ginocchio in modica flessione (30°) è stato invitato a mantenere la posizione di equilibrio per 10 secondi (Fig. 3).

Mediante un sistema di acquisizione ed elaborazione computerizzata dei dati abbiamo poi una rappresentazione grafica (una ellisse) e numerica dell'area di oscillazione. La comparazione avviene tra il lato operato e il controlaterale. Più è ampia l'area dell'ellisse e tanto minore è la capacità di controllo della posizione e quindi peggiore il risultato.



Fig. 2. Valutazione isocinetica.



Fig. 3. Valutazione stabilometrica con piattaforma di forza.

RISULTATI

Tutti e 25 i pazienti convocati e poi esaminati hanno risposto con piacere alla nostra chiamata, nessuno ha posto problemi o si è rifiutato. Già questo è un segno positivo sul raggiungimento di alcuni degli obiettivi prefissati allorché si è deciso per la ricostruzione del legamento crociato anteriore con il *graft* artificiale e la tecnica *all inside*: coinvolgimento del paziente dopo una scelta meditata e sua collaborazione attiva sulla discussione dei risultati ottenuti.

Riguardo all'attività lavorativa svolta è risultata una notevole varietà di mestieri, dalla casalinga, all'imprenditore fino al medico. Il livello di attività può essere considerato di tipo IKDC IV (sedentario) nel 32% dei casi, di tipo III (lavoro manuale leggero e sport a lieve impatto come la corsa, la palestra, il nuoto e la bicicletta) nel 40% dei casi, mentre nel 28% dei casi le richieste funzionali, lavorative e/o sportive, erano più elevate. In particolare riguardo all'attività sportiva praticata e al livello agonistico un caso (peraltro nel risultato finale sarà eccellente) è di alto livello agonistico, mentre il 20% non ha risposto al quesito, quindi gli appartenenti a questo gruppo sono da considerare non praticanti sport.

La distanza di tempo intercorsa tra trauma ed intervento chirurgico è stata in media di 10 mesi (minima di 2 mesi e massima di 144 mesi); comunque nel 52,6% dei casi l'intervento chirurgico è stato eseguito entro i 3 mesi dall'infortunio.

Per quanto concerne lo stato soggettivo degli operati, vengono di seguito riportati i risultati delle schede di valutazione utilizzate.

La scheda VAS, utilizzata per valutare il tipo e l'entità del dolore al ginocchio operato, è stata compilata da tutti i soggetti esaminati. Il valore medio della VAS è stato di 0,5. Il 72% dei pazienti ha indicato il valore 0 e quindi nessun dolore. Il 20% (5 casi) ha espresso una valutazione tra 0,5 e 3, quindi dolore che possiamo definire lieve, mentre 2 pazienti (8% del totale) hanno dato una valutazione di 4,5 e di 5,5, quindi un dolore moderato, in rapporto al massimo dolore previsto (valore 10).

L'analisi della scheda KOOS ha evidenziato i seguenti punteggi: sintomi 89,3; dolore: 95,5; funzioni della vita quotidiana 91,9; attività sportive e ricreative 85,8.

Nella scheda IKDC abbiamo avuto un punteggio medio di 84,3%. Il ginocchio era giudicato normale o quasi normale nel 96% dei casi. In un solo caso viene espresso un giudizio di anormalità del ginocchio, in rapporto a dolore e funzioni.

La valutazione clinica obiettiva delle ginocchia operate, eseguita dal prof. Lorentzon, ha evidenziato risultati estremamente interessanti, in rapporto ai vari parametri esaminati. Il gonfiore è assente nel 92% (23 casi) e lieve nel 8% (2 casi).

Il *range* di movimento del ginocchio operato, rispetto al controlaterale, è risultato completo nel 92%, nel 4% (un caso) lievemente ridotto e in un altro 4% moderatamente ridotto, in particolare mancavano circa 15° di flessione. Solo un caso (4%) lamentava episodi di cedimento del ginocchio.

Il trofismo muscolare a livello della coscia è stato giudicato normale o lievemente anormale (< 1 cm rispetto al controlaterale) nel 80% (20 casi), una modesta ipotrofia (> 1 cm e < 2 cm) nel 12% (tre casi), mentre una marcata ipotrofia muscolare è stata rilevata nel 8% (2 casi).

Il *Jerk test* è stato così valutato: negativo nel 24% (6 casi), lieve-

mente positivo nel 64% (16 casi), moderatamente positivo nel 8% (2 casi) e molto positivo nel 4% (1 caso).

Il *pivot shift* è risultato: negativo nel 84% (21 casi), lievemente positivo nel 8% (2 casi), moderatamente positivo nel 4% (1 caso) e in un altro caso (4% degli operati) molto positivo.

Il giudizio finale espresso dall'osservatore-esaminatore neutro è stato il seguente:

- eccellente in 16 casi (64%);
- molto buono in 5 casi (20%);
- buono in 3 casi (12%);
- cattivo in 1 caso (4%).

La valutazione artrometrica con il KT 2000, evidenziava a 30 libbre e al *manual maximum*, differenze di spostamento tibiale anteriore side to side inferiori a 2 mm (risultati ottimi) nel 40% degli operati (10 casi), tra 2 e 4 mm (risultati buoni) nel 52% (13 casi) e valori superiori a 4 mm (risultati cattivi) nel 8% (2 casi). La media di valori al *manual maximum* sul lato operato era di 14,55 mm e sul controlaterale di 11,7 mm.

La valutazione stabilometrica con la piattaforma di forza evidenziava una situazione migliore sul lato operato nel 60% (15 casi), con una differenza < 50,00 mm² rispetto al controlaterale nel 20% (5 casi) ed analogamente nel 20% con una differenza > 50,00 mm².

La media dei valori dell'area dell'ellissi sul lato operato è stata di 223,0936 mm² e sul controlaterale di 264,1836 mm².

La valutazione isocinetica con Kin Com, sul picco di forza in concentrica dei muscoli flessori ed estensori del ginocchio operato rispetto al controlaterale ha evidenziato in oltre il 60% valori migliori sul lato operato. In particolare la forza degli estensori è risultata migliore nel 64% (16 casi), invece nel 36% è risultata maggiore sul lato opposto, con differenze di forza tra 0-10% in 6 casi (24%), tra 10-25% in 3 casi (12%), mentre in nessun caso si hanno differenze di forza superiori al 25%. Anche per quanto riguarda i muscoli flessori del ginocchio non si rilevano differenze importanti e cioè superiori al 25% tra il lato operato e il controlaterale. Si hanno valori migliori sul lato operato nel 68% (17 casi), valori di forza peggiori e comunque inferiori al 10% in 6 casi (25%) e tra il 10-25% in 2 casi (8%). È stato poi calcolato il rapporto di forza tra muscoli estensori e flessori dello stesso lato, sia sul lato operato che sul controlaterale. È emerso che sul lato operato sia ha un rapporto normale (6%-80%) in 6 casi (24%), una diminuzione del rapporto di forza tra estensori e flessori compresa tra il 40-59% in 18 casi (72%), mentre la differenza era importante (> 80%) in 1 caso (4%). Lo stesso rapporto sul lato opposto sano è stato normale nel 4%, differenze tra il 40% e il 59% nel 92% dei casi e in un solo caso la differenza di forza era superiore al 80%.

CONCLUSIONI

In base ai risultati del nostro studio con un follow-up di 5 anni e ai dati della Letteratura internazionale^{10 11 12}, possiamo affermare che il legamento di sintesi di nuova generazione utilizzato come *graft* nella ricostruzione del legamento crociato anteriore è una "felice realtà", anche se le indicazioni allo stato attuale sono estremamente selettive. Il follow-up a 5 anni secondo la nostra opinione è un periodo di tempo sufficiente per giudicare i risultati, come "scien-

tificamente” validi. A differenza delle cattive esperienze degli anni '80 in nessuno degli operati è stato rilevato un versamento articolare significativo, indice di sinovite cronica post-operatoria e i risultati soddisfacenti soggettivi ed obiettivi sono superiori al 95%. Peraltro il giudizio positivo nel 96% dei casi da parte dell'osservatore-esaminatore neutrale è un elemento in più di sicurezza sul bilancio finale. Dei nostri 25 pazienti uno solo è da giudicare con un risultato cattivo (4%), evidente dai dati clinici e strumentali, che mostrano una residua instabilità legamentosa. Peraltro sotto questo aspetto i risultati dell'uso con *grafts* biologici o *allografts* sono sulle stesse percentuali o addirittura peggiori. Noi siamo dell'opinione che in base alle caratteristiche strutturali e meccaniche del legamento artificiale, da considerare come uno IAB (*Intra Articular Brace*), le indicazioni al suo uso devono essere riservate a soggetti al di sopra dei 40 anni, sintomatici e con necessità di un rapido recupero alle attività. Le altre indicazioni sono da giudicare eccezioni, da valutare da caso a caso. L'esempio tipico è quello di uno sportivo di elevato livello agonistico, che pratica discipline ad elevato rischio per il LCA, e che a breve distanza di un avvenimento importante (come il campionato mondiale o l'olimpiade) e quindi l'occasione della vita, si rompe il legamento crociato anteriore. In tal caso può essere “giustificato” l'uso del *graft* artificiale in soggetti al di sotto dei 40 anni di età, poiché è l'unico modo per recuperare in 40 giorni l'atleta allo sport. Peraltro la nostra esperienza evidenzia che la tecnica chirurgica *all inside* rappresenta un'ottima combinazione con il legamento di sintesi. In tutti i casi bisogna agire secondo scienza e coscienza, non giudicando a priori immorale l'uso del *graft* artificiale, solo in base alle esperienze “antiche”. Tutti i pazienti devono essere accuratamente informati dei vantaggi e svantaggi, rischi e benefici dell'uso dello IAB e alla fine deve essere il paziente quasi a “sollecitarne” l'uso⁸. Considerando che i *grafts* biologici e gli *allografts* non rappresentano una soluzione ottimale e in attesa di soluzioni definitive migliori, questo *graft* artificiale può essere senz'altro proposto, con le indicazioni di cui sopra. È un elemento in più a nostra disposizione, da utilizzare nei casi di necessità. Possiamo rassicurare i pazienti sul fatto che esso non causa sinoviti e i risultati della riacquisita stabilità legamentosa persistono nel tempo. È stato dimostrato che in laboratorio presenta una resistenza all'usura che ha raggiunto i 22 milioni di cicli, corrispondenti alle normali attività di 10 anni. Inoltre esso è biocompatibile e bioattivo. È proprio questa bioattività che ci ha spinto a collaborare con altri gruppi per la ideazione del legamento bioattivo del prossimo futuro in cui le fibre di polietilene tetraftalato e i gruppi bioattivi del legamento di sintesi sono capaci di far interagire i fattori di crescita, le proteine adesive, il collagene di primo tipo e i fibroblasti^{13,14}. Il progetto di ricerca è in fase avanzata, infatti dopo aver eseguito gli studi in laboratorio siamo giunti alla fase di applicazione su animali. I dati istologici preliminari sono brillanti e quindi di buon auspicio per il futuro.

Al *graft* di sintesi si combina molto bene la tecnica *all inside* di ricostruzione del LCA, una tecnica moderna e minvasiva, che

sfrutta i principi basilari della biologia molecolare e del rispetto tissutale, con un valido sistema di fissazione. Se la tecnica è corretta e le indicazioni giuste possiamo anche tranquillizzare i pazienti sui risultati, che sono positivi in oltre il 95% dei casi. Il programma post-operatorio è poco impegnativo e il paziente può riprendere le abituali attività lavorative e sportive in circa 40 giorni. Nella stragrande maggioranza dei casi i pazienti sono soddisfatti della scelta effettuata e dei risultati ottenuti.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la collaborazione il prof. R. Lorentzon (Umea, Svezia) e i dott. E. De Canonico, F. Vercillo ed A. Archilletti (Perugia).

BIBLIOGRAFIA

- Johnson D. *Cruciate ligament reconstruction with synthetic. Practical arthroscopy*. New Letter Sports Med Int 1997;3.
- Duval N. *Evaluation de deux ruptures du ligament artificiel Lars utilise pour la reconstruction du ligament croisé anterieur (sur 250 cas)*. 1er Symposium International de Biomateriaux Avances (SIBA), Montreal (Canada), 2-5 October 1997.
- Cerulli G, Bensi G, Rizzo G, et al. *I legamenti artificiali*. Artroscopia e ginocchio 1993;1:83-6.
- Bercovy M, Laboureau JP, Deriks GH. *Results and analysis of the failures of anterior cruciate ligament reconstruction. Multi-center study on 663 patients*. Atti 1st European Congress of Orthopaedics, Paris, April 20-23 1993.
- Papadopoulos GA. *Early mechanical and functional results in the treatment of ACL ruptures by arthroscopy reconstruction using the synthetic LARS*. 1st Balkan Congress of Orthopaedics Thessaloniki, 8-11 October 1997.
- Lavoie P, Fleeter J, Duval N. *Patient satisfaction needs as related to knee stability and objective findings after ACL reconstruction using the LARS artificial ligament*. Knee 2000;7:157-63.
- Cerulli G, Caraffa A, Senni C, et al. *All-inside technique for ACL reconstruction*. Atti 6° Corso Internazionale “Ortopedia, Biomeccanica e Riabilitazione Sportiva”, 45, Assisi 2002.
- Cerulli G, Caraffa A, Bruè S, et al. *È indicato il legamento artificiale oggi?* GIOT 2005;31(Suppl.2):226-33.
- Daniel DM, Stone MI, Sachs R, et al. *Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute cruciate ligament disruption*. Am J Sports Med 1985;13:401-7.
- Duval N, Lavoie P. *The new generation of artificial ligaments in ACL reconstruction 3-years follow-up of randomised clinical trial*. Atti 6° Corso Internazionale “Ortopedia, Biomeccanica e Riabilitazione Sportiva”, 113, Assisi 2002.
- Nau T, Lavoie P, Duval N. *A new generation of artificial ligaments in reconstruction of the anterior cruciate ligament*. J Bone Joint Surg (Br) 2002;84:356-60.
- Petrou G, Chardouvelis C, Kouzoupis A, et al. *Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the polyester ABC ligament scaffold: a minimum follow-up of four years*. J Bone Joint Surg (Br) 2006;88:893-9.
- Migonney V, Lorentzon R, Cerulli G, et al. *Synthetic tissue and gene therapy*. Atti 6° Corso Internazionale “Ortopedia, Biomeccanica e Riabilitazione Sportiva”, 120, Assisi 2002.
- Migonney V, Ciobanul M, Siove A, et al. *Biomimetic polymers: a solution to improve the biointegration of artificial ligaments*. Atti 7° Corso Internazionale “Ortopedia, Biomeccanica e Riabilitazione Sportiva”, 98, Assisi 2003.

Trapianti articolari freschi

Fresh stored bipolar allografts in the treatment of post-traumatic arthritis of knee, ankle and 1st metatarso-phalangeal joint

S. Giannini, R. Buda, F. Vannini, R. Bevoni, V. Digennaro, M. Mosca

RIASSUNTO

Le lesioni osteocondrali a tutto spessore in sede articolare sono patologie di frequente riscontro e difficile da trattare specialmente in pazienti giovani. I trapianti osteocondrali sono diventati sempre più popolari perché permettono di trattare con successo molte di queste lesioni. I risultati della letteratura riportano buoni risultati a lungo termine e il mantenimento di un'alta vitalità dei condrociti. L'iniziale campo di applicazione dei trapianti osteocondrali freschi era limitato a lesioni limitate dell'articolazione, i buoni risultati ottenuti hanno spinto ad un allargamento dell'indicazione fino alla sostituzione completa dell'articolazione in lesioni più gravi ed estese. Una volta questo tipo di lesioni potevano essere trattate utilizzando protesi o bloccando l'articolazione. Le protesi di ginocchio sono in grado di dare buoni risultati ma in pazienti giovani e attivi vanno incontro a problematiche legate ad un sovraccarico funzionale. Il trapianto osteoarticolare permette di sostituire tutte le componenti dell'articolazione, utilizzando un innesto biologico contenente cartilagine ialina integra. Scopo di questo lavoro è di descrivere lo stato attuale dei trapianti osteocondrali e di riportare i risultati preliminari di 36 trapianti di caviglia, 5 di ginocchio e 4 della prima metatarso-falangea con le relative tecniche chirurgiche utilizzate.

SUMMARY

Articular full thickness cartilage damage is a difficult clinical problem to solve, especially in young patients. Osteochondral allograft reconstruction is becoming a popular procedure because it permits to treat a wide spectrum of osteochondral lesions. The study results at long term of the transplanted graft demonstrate a good vitality of the chondrocytes. The initial field of application were limited lesions of the joints with good results, that brought to extent the application to a total substitution of the joint including subchondral bone and cartilage in more severe and wide lesions. In the past the surgical treatment of these lesions typically relied on prosthetic arthroplasty for the knee and prosthetic arthroplasty or arthrodesis for the ankle joint and the 1st MPJ. Total replacement of the knee provides satisfactory relief of pain but sometimes creates functional impairment and overloading of other lower extremity joints. Total joint replacement is a good surgical option but has demonstrated poor results in young active patients. The rationale behind fresh osteochondral allografting is the transplantation of an intact organ

as hyaline articular cartilage, into a diseased or damaged joint, resulting in a biologic substitution of the joint. The aim of this paper is to review the state of the art of the allograft transplantation and to describe the surgical technique, early results are also reported of a series of 36 ankle, 5 knee and 4 of the 1st MPJ transplant.

INTRODUZIONE

Le articolazioni sono strutture complesse che hanno un ruolo fondamentale nella vita dell'uomo, la perdita della mobilità o della funzione di un'articolazione porta a cambiamenti notevoli della qualità della vita del paziente.

La superficie articolare ricoperta da cartilagine ialina è necessaria per la normale funzione svolta da queste strutture. Lesioni a tutto spessore della cartilagine articolare sono abbastanza frequenti nei soggetti giovani. Ma poiché la cartilagine ha una limitata capacità intrinseca di guarigione, queste lesioni persistono indefinitamente causando dolore e tipicamente una progressione verso una degenerazione globale dell'articolazione.

Le lesioni limitate della cartilagine hanno un approccio che prevede l'utilizzo di più tecniche chirurgiche quali le microfratture, la mosaicoplastica e il trapianto di condrociti autologhi.

Lesioni più ampie hanno immediati effetti sul *range* di movimento e sul dolore, il trattamento però è limitato poiché prevede tecniche volte a bloccare il movimento, accettabili solo per articolazioni minori e tecniche di artroplastica o di sostituzione delle superfici articolari, che comunque hanno una durata difficilmente prevedibile.

Negli ultimi anni quindi si è cercato di cercare una soluzione che riuscisse ad ottenere un ripristino "biologico" dell'articolazione.

Il trapianto osteocondrale è una tecnica chirurgica usata con successo per molti anni nel trattamento di lesioni osteocondrali ampie. L'interesse maggiore in questi anni si è concentrato sull'utilizzo dei trapianti osteocondrali freschi perché permettono di conservare condrociti metabolicamente attivi, molto importanti per l'omeostasi della cartilagine stessa.

RAZIONALE

Il rationale alla base del trapianto osteocondrale è quello di trapiantare un organo intatto, costituito di osso e cartilagine, in grado di integrarsi con il ricevente e di sostituire un'articolazione danneggiata con un buon risultato funzionale, senza peraltro compromettere la possibilità di una sostituzione protesica futura.

Il trapianto osteocondrale presuppone l'utilizzo di un substrato di cartilagine ialina matura contenente condrociti che possono soprav-

vivere alla conservazione in ipotermia, cioè metabolicamente attivi e in grado di sostenere la matrice collagene.

La cartilagine ialina è un tessuto ideale per il trapianto in quanto è avascolare e non richiede un supporto da parte di cellule del sangue, ma le sue richieste funzionali sono soddisfatte dal liquido sinoviale mediante diffusione. Questo tessuto inoltre non richiede la presenza di innervazione ed è protetto dalla sorveglianza del sistema immunitario in quanto i condrociti sono posti all'interno della matrice acellulare.

La seconda componente del trapianto articolare è rappresentata dalla componente ossea. Questa dovrebbe fungere da struttura di supporto per la cartilagine articolare. In realtà questo tessuto necessita di una vascolarizzazione ed è in grado di provocare una reazione da parte del sistema immune dell'ospite e per questo la porzione ossea deve essere di spessore limitato.

È bene per ciò considerare l'*allograft* osteocondrale fresco come l'insieme di 2 entità ben distinte, una parte cartilaginea matura viva ancorata ad un substrato composto da osso subcondrale non vitale che formano un'unità funzionale e strutturale in grado di sostituire anche porzioni ampie di tessuto osteocondrale danneggiato.

STORIA DEI TRAPIANTI ARTICOLARI

La sostituzione di un arto danneggiato o di un'articolazione con un trapianto da cadavere è una possibilità che ha affascinato l'uomo fin dall'antichità lasciando tracce persino nella leggenda che riporta i SS. Cosma e Damiano come fautori del primo "miracoloso" intervento in cui la gamba malata del diacono Giustiniano veniva sostituita con quella di un Moro morto il giorno stesso ¹.

La prima estesa casistica di *allografts* osteocondrali è datata 1908 e si deve a Lexer che eseguì 11 trapianti di una singola superficie articolare e 23 trapianti totali di ginocchio come interventi ricostruttivi in pazienti con sarcomi, osteomielite e tubercolosi riportando buoni risultati nel 50% dei casi ². Eloesser nel 1911 eseguì i primi 2 trapianti osteocondrali freschi di Caviglia descritti sul *California State Journal of Medicine* nel dicembre 1913.

In seguito furono condotti studi su modelli canini allo scopo di stabilire le dinamiche di osteointegrazione e riassorbimento dei trapianti osteoarticolari massivi e i lavori pionieristici di Bonfiglio et al. e di Chalmers, datati rispettivamente 1955 e 1959, cominciarono ad indagare l'immunogenicità dell'osso e le possibili complicanze di tali trapianti stabilendo che la risposta immune del paziente nei

confronti del trapianto poteva essere ridotta per mezzo del congelamento ^{3,4}.

Inizialmente le indicazioni per il trapianto articolare, che prevedeva l'uso di *allografts* massivi congelati, si restringeva alla chirurgia di salvataggio nell'ambito dell'ortopedia oncologica.

Numerose furono anche le complicanze descritte tra le quali: fratture (20%), pseudoartrosi della giunzione tra osso dell'ospite e innesto (11-17%) e infezioni (10-15%). Inoltre la vitalità dei condrociti risulta compromessa dal congelamento con conseguente artrosi dell'articolazione ricostruita. Per questi motivi, dopo un entusiasmo iniziale, il trapianto osteoarticolare massivo ha lasciato spazio a diverse soluzioni protesiche o a combinazioni innesto-protesi.

Nel tempo tuttavia, sia la tecnica chirurgica che le procedure di conservazione del materiale osteocartilagineo da impiantare sono significativamente progredite e il trapianto osteocondrale massivo ha trovato un ampliamento nelle indicazioni e nelle possibilità applicative.

La maggior parte degli studi si sono concentrati sul ginocchio e la caviglia solo pochi autori riportano casi di trapianto osteocartilagineo all'anca.

Meyers, principalmente, in un lavoro dell'aprile 1983 descrisse la tecnica chirurgica di sostituzione della superficie articolare della testa femorale in seguito a osteonecrosi.

Un secondo articolo riporta i risultati a lungo termine di 21 pazienti di età compresa tra i 16 e i 50 anni operati con questa tecnica.

Su 21 pazienti (25 anche), 5 furono fallimentari e richiesero una sostituzione articolare con protesi d'anca; i rimanenti 17 casi ebbero buon esito. Alcuni pazienti con risultati negativi erano stati sottoposti a trattamento con steroidi; la percentuale di successo in pazienti non trattati con questi farmaci fu invece più alta (80%).

TRAPIANTO OSTEOCONDRALE DI GINOCCHIO

Il campo in cui negli ultimi 10 anni il trapianto osteocondrale ha trovato maggiore applicazione è certamente il ginocchio.

Benché, infatti, la sostituzione protesica del ginocchio sia una procedura ormai ampiamente consolidata, con risultati ottimi a lungo termine e riproducibili, è comunque accertato che tali risultati hanno risultati peggiori nel paziente giovane e attivo per il quale è necessario trovare delle alternative.

Beaver ⁵ eseguì 99 trapianti osteocondrali freschi su 98 ginocchia per riparare difetti osteocondrali post-traumatici e riportò una percentuale di successi clinici pari al 75% a 5 anni, al 64% a 10



Fig. 1. Schema che mostra la sostituzione articolare nel trapianto di ginocchio, caviglia e prima metatarso-falangea.

anni e al 63% a 14 anni. La percentuale di successo fu inferiore nei trapianti bipolari (indipendentemente dall'età) e nei pazienti con età uguale o superiore ai 60 anni.

Nel 1994, Garrett ⁶ descrisse una serie di 17 pazienti trattati con trapianti osteocondrali freschi per osteocondrite dissecante del condilo femorale.

Dolore, rigidità, gonfiore e blocco articolare si risolsero in 16 dei 17 pazienti.

Nessun trapianto subì collasso.

Il solo fallimento riportato fu in un paziente con un difetto dai 3 ai 4,5 cm nel quale il trapianto si frammentò lasciando un ampio difetto. Sedici dei 17 trapianti si dimostrarono vitali ad un follow-up dai 2 ai 9 anni di distanza dall'intervento.

Ghazavi et al. ⁷ rivalutarono clinicamente 123 pazienti trattati tra il 1972 e il 1992 con piccoli trapianti osteocondrali freschi utilizzati per ricostruire lesioni post-traumatiche in 126 ginocchia. La sopravvivenza dei trapianti fu del 95% a 5 anni, del 71% a 10 anni e del 66% a 20 anni.

Tra fattori correlati al fallimento si riconobbero: età superiore ai 50 anni, lesioni bipolari, maleallineamenti dell'arto inferiore non corretti.

I risultati relativi a 55 trapianti osteocondrali freschi a conchiglia in pazienti con lesioni cartilaginee a livello del ginocchio vennero riportati da Chu et al. ⁸. Quarantadue dei 55 pazienti (76%) ottennero risultati buoni o eccellenti. Risultati migliori si ottennero in pazienti con trapianti unipolari (84% risultati buoni o eccellenti) rispetto ai pazienti con ricostruzioni bipolari (50% risultati buoni o eccellenti).

Uno studio di coorte per evidenziare i risultati in pazienti trattati precedentemente con trapianti osteocondrali freschi a livello del piatto tibiale fu condotto da Shasha et al. ⁹. Le lesioni trattate erano difetti postraumatici di almeno 3 cm di diametro ed 1 cm di profondità. La selezione tra donatore e ricevente si basò su criteri morfo-dimensionali dell'articolazione ottenuti per mezzo di indagini radiografiche standard.

Sessantacinque dei 67 pazienti (97%), furono valutati clinicamente e radiologicamente.

L'analisi dei risultati mostrò una sopravvivenza dei trapianti del 95% a 5 anni, dell'80% a 10 anni, del 65% a 15 anni e del 46% a 20 anni; una tendenza a maggiori percentuali di sopravvivenza si manifestò in pazienti sottoposti ad un concomitante trapianto di menisco. Al termine del periodo di studio, 44 (68%) dei 65 trapianti erano vitali e ancora in sede dopo una media di 12 anni, mentre 21, erano stati convertiti in una artroplastica di ginocchio dopo una media di 9 anni.

Budgbee ¹⁰ ha dimostrato che il trapianto osteocondrale fresco è utilizzabile in un ampio spettro di patologie del ginocchio, che si integra bene con il ricevente e che la cartilagine articolare sopravvive al procedimento.

L'autore riporta un tasso > 75% di successi nel trattamento delle lesioni focali dei condili femorali in seguito a trauma, nelle osteocondrite dissecanti, nelle necrosi avascolari e nell'artrosi postraumatica.

Inoltre un ruolo sempre maggiore è stato assunto dal trapianto osteoarticolare come chirurgia di salvataggio in seguito al fallimento di altre procedure volte a ricostruire il mantello cartilagineo.

Anche in questo caso l'autore raccomanda ulteriori ricerche relative agli aspetti tecnici della tecnica chirurgica, così come nel campo della biologia, dei trapianti osteoarticolari, al fine di migliorare la comprensione dei processi di integrazione dell'osso e la sopravvivenza dei condrociti.

Casistica e tecnica chirurgica

Da luglio 2005, 5 pazienti di età media 38,6 anni (min. 21, max. 50) sono stati sottoposti a trapianto totale osteocondrale di ginocchio. La casistica comprende 4 maschi e 1 femmina, tutti affetti da artrosi post-traumatica di ginocchio.

Uno dei casi, il più giovane, era stato operato di artrodesi, in altri tre casi era stata eseguita la ricostruzione del legamento crociato anteriore.

Tutti i pazienti erano già stati operati ed avevano tentato cure fisiche-mediche senza beneficio.

È stata acquisita un'anamnesi completa del paziente ed un accurato esame clinico e radiografico. Si è verificata anche la presenza di instabilità, malallineamenti e limitazione del *range* di movimento. Sono state eseguite radiografie panoramiche in ortostasi degli arti inferiori in posizione antero-posteriore e laterale, radiografie standard del ginocchio e RMN e TAC preoperatoria.

I candidati all'intervento sono stati posti in una lista di attesa fino al reperimento di un donatore compatibile, in particolare uno studio TAC del pezzo anatomico da impiantare ha reso possibile l'identificazione del ricevente più appropriato in base alla forma ed alle dimensioni.

Sono state altresì registrati il gruppo sanguigno del donatore ed eseguiti dei prelievi per antibiogramma e studi culturali per escludere eventuali trasmissioni di patologie a carattere infettivo.

Una volta prelevato il ginocchio dal donatore questo viene conservato ad una temperatura di 4 °C per un periodo non superiore ai 14 giorni. L'intervento chirurgico consiste di due tempi: il primo per il trattamento dell'innesto ed il secondo per la preparazione della sede d'impianto e per la fissazione del trapianto.

Trattamento dell'innesto

In un tavolo sterile appositamente dedicato si procede alla rimozione dei tessuti molli dall'impianto, viene posta particolare attenzione al mantenimento della componente meniscale integra e a non danneggiare la cartilagine articolare.

Le tre parti del ginocchio vengono trattate separatamente, in particolare è necessario considerare durante il taglio tibiale l'inserzione dei menischi per non danneggiarla.

Per trattare la componente femorale è necessario disporre l'innesto in una morsa. Due mascherine (mediale e laterale) create appositamente per seguire la linea di curvatura dei condili femorali vengono utilizzate per rimuovere la superficie articolare includendo la troclea femorale e la parte posteriore dei condili stessi.

Al fine di ottenere un taglio curvo queste mascherine vengono fissate ai condili stessi nella loro porzione laterale e mediale ed hanno dei fori che permettono di indebolire, con perforazioni multiple eseguite con fili di Kirschner ad una distanza di 1 mm l'uno dall'altro, la superficie articolare che viene poi definitivamente staccata utilizzando appositi osteotomi a raggio di curvatura variabile. La preparazione della componente tibiale viene ottenuta mantenendo

il pezzo anatomico in una morsa ed utilizzando una guida per il taglio tibiale eseguito con una normale sega pneumatica.

La mascherina di taglio permette anche di definire lo spessore del taglio e la sua inclinazione in senso antero-posteriore pre-operatoriamente stabilita mediante il *planning* radiografico.

Lo spessore al di sotto della cartilagine articolare rimane così omogeneo e sempre inferiore al centimetro.

Viene quindi preparata anche la rotula con apposito strumentario dopo aver rimosso i tessuti molli e le superfici articolari così ottenute vengono poste in una soluzione salina durante la preparazione della sede d'innesto.

Preparazione della sede d'innesto e fissazione

Il paziente viene posto in posizione supina con un laccio pneumatico alla radice dell'arto inferiore da operare. È preferibile utilizzare un'anestesia epidurale per permettere una mobilizzazione passiva precoce dell'arto operato.

Si esegue una incisione longitudinale partendo da 5 cm sopra all'apice della rotula fino alla tuberosità tibiale che permette una artrotomia antero-mediale, si ribalta la rotula ed il ginocchio viene flesso a 90°.

Vengono rimosse le componenti meniscali degenerate e tutti gli osteofiti. È importante identificare l'inserzione del legamento crociato posteriore per preservarlo.

Le mascherine di taglio mediali e laterale dei condili femorali, preventivamente utilizzati per trattare l'innesto vengono posizionati ai condili del ricevente. Deve essere fatta attenzione al posizionamento delle mascherine per evitare di danneggiare i legamenti collaterali ed il legamento crociato posteriore.

Una volta stabilizzate le mascherine vengono eseguiti perforazioni multiple per guidare il taglio della superficie articolare del femore. Per evitare un danno termico è necessario lavare frequentemente il campo chirurgico durante le perforazioni. Il taglio viene completato utilizzando appositi osteotomi curvi ed il distacco *in toto* dello scudo femorale viene eseguito attentamente per evitare di danneggiare l'osso subcondrale.

Per il taglio tibiale si utilizza una guida extramidollare simile a quella usata in campo protesico. Durante il taglio bisogna far attenzione a preservare l'inserzione tibiale del legamento crociato posteriore e la sede di inserzione meniscale alla quale verranno in seguito suturati i menischi compresi nell'innesto.

A questo punto si procede alla preparazione della rotula, si misura il suo spessore con un calibro e si procede alla resezione della superficie articolare, tenendo conto che l'altezza dell'innesto deve essere uguale all'altezza della porzione asportata e che in ogni caso lo spessore totale della rotula non deve essere superiore ai 25 mm. Si procede al posizionamento dell'innesto ed al controllo della stabilità e della congruenza di ciascuna delle componenti.

Se sono presenti zone non congruenti queste devono essere riempite con osso spongioso prelevato dall'osso subcondrale rimosso dal ricevente.

Gli innesti sono quindi fissati con viti a rottura programmata ed i menischi suturati alla loro sede di inserzione con filo non riassorbibile.

Il ginocchio viene quindi testato per valutare il *range* di movimento, la stabilità in varo-valgo e l'allineamento della rotula durante la fles-

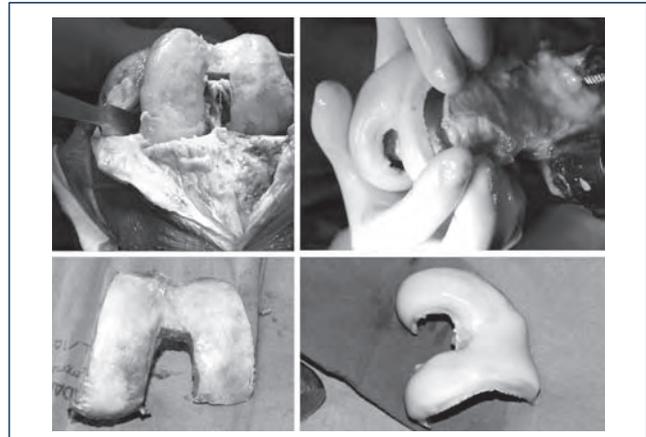


Fig. 2. Campo chirurgico: Preparazione della sede d'innesto con grave quadro artrosico, sostituito con il trapianto da donatore precedentemente preparato.

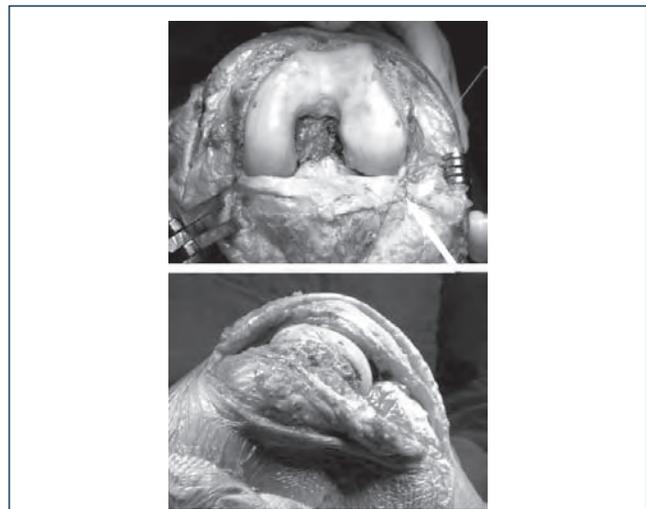


Fig. 3. Sutura dei menischi e fissazione del trapianto con viti in titanio a rottura programmata poste in zone di non carico.

so-estensione, quando necessario viene eseguito un *release* laterale. Il laccio pneumatico viene rimosso e si esegue l'emostasi accurata, la sutura e viene posizionato un drenaggio.

Nei primi tre casi è stato eseguito il solo trapianto osteocondrale, a distanza di tempo però, una volta concesso il carico, è stato necessario procedere alla ricostruzione del legamento crociato anteriore per ottenere una buona stabilità del ginocchio.

Durante il periodo postoperatorio dopo aver concesso il carico si è notato infatti come la stabilità sia determinante al fine di una buona integrazione dell'innesto e soprattutto nella distribuzione del carico pressorio durante la deambulazione.

Negli ultimi due casi eseguiti si è quindi preferito eseguire alla fine del trapianto osteocondrale la ricostruzione del legamento crociato utilizzando due tendini di banca (tibiale posteriore).

Protocollo postoperatorio

La mobilizzazione continua passiva del ginocchio è stata eseguita dal giorno dopo l'intervento nei primi giorni si è mantenuto un carico di lavoro di circa 6 ore (1 ciclo/minuto). Il *range* di

movimento è stato incrementato gradualmente in questa fase, per quanto tollerato dal paziente. I primi quattro mesi il paziente non ha caricato sull'arto inferiore operato dopo di che è stato concesso un carico parziale.

Sono state eseguite radiografie per permettere la valutazione dell'integrazione dell'innesto ed in base a questo il carico completo è stato concesso tra i 6 e gli 8 mesi.

Risultati preliminari

Il follow-up medio dei trapianti totali di ginocchio è di 12 mesi (max. 25, min. 5). Le radiografie e le TAC di controllo eseguite con cadenza regolare (6 mesi) mostrano una buona integrazione dell'impianto. È stato eseguito anche un follow-up artroscopico con prelievi biotipici della superficie articolare che hanno evidenziato una vitalità dei condrociti pari al 95% ad un anno. I primi 3 pazienti trattati sono attivi ed in grado di svolgere esercizi fisici in carico libero, avendo notato una sensazione di instabilità del ginocchio, abbiamo comunque preferito eseguire la ricostruzione del legamento crociato anteriore.

Fino ad ora nessuna complicanza intra-operatoria si è verificata. Tutti i pazienti seguono il programma riabilitativo prestabilito, sono stati riportati episodi di aumento di volume che si sono risolti utilizzando farmaci anti-infiammatori.

IL TRAPIANTO OSTEOCONDRALE TOTALE DI TIBIO-TARSICA

L'artrosi post-traumatica di tibio-tarsica è un'evenienza frequente che conduce a severe limitazioni funzionali per il paziente. Gli interventi chirurgici tradizionalmente praticati per il trattamento di questa patologia sono l'artrodesi e la sostituzione protesica dell'articolazione. L'artrodesi è un trattamento in grado di offrire un buon risultato in termini di riduzione del dolore, tuttavia crea limitazioni funzionali e può determinare a lungo termine sovraccarico a livello delle articolazioni vicine. Risultati contraddittori sono stati riportati in letteratura per la protesizzazione della tibio tarsica, e benché nuovi disegni protesici siano in corso di valutazione, tale metodica non è al momento da considerarsi adeguata per un paziente giovane ed attivo¹¹.

La prima serie di trapianti osteocondrali massivi nella caviglia è stata riportata da Gross¹².

Dal 1980 al 1996, 9 pazienti furono trattati usando un trapianto

osteocondrale fresco. Otto casi erano affetti da osteocondrite dissecante (4 in seguito ad un trauma precedente). Un caso era conseguente ad una frattura aperta dell'astragalo dovuta ad un incidente stradale. Di questi 9 trapianti, 6 sono sopravvissuti con follow-up medio di 11 anni (range: 4-19). In 3 casi è stata necessaria un'artrodesi, non dovuta a degenerazione artrosica dell'articolazione, ma a riassorbimento e frammentazione del trapianto.

Una tecnica chirurgica di trapianto di entrambe le superfici articolari della caviglia venne messa a punto da Kim et al.¹³, utilizzando le sole superfici articolari e un sottile strato osseo per favorire al massimo l'osteointegrazione del trapianto (trapianti a conchiglia). L'autore riporta una serie di 7 pazienti con follow-up medio di 148 mesi (range: 85-198).

I pazienti sono stati valutati tramite questionario "Ankle survey", esame clinico e radiografico.

Il punteggio determinato questionario è aumentato da 25 punti preoperatorio a 43 punti all'ultimo follow-up (punteggio massimo 100). La percentuale di fallimenti è stata di 42%.

Quattro dei 7 pazienti hanno riportato risultati da buoni ad eccellenti.

Cinque pazienti hanno affermato che nelle medesime circostanze ripeterebbero lo stesso intervento.

Tre sono i cattivi risultati descritti. Un caso è andato incontro ad artrodesi in seguito a frammentazione dell'*allograft* tibiale, dovuta al cattivo posizionamento. Un caso è esitato in pseudoartrosi, con conseguente sublussazione della componente talare ed ha richiesto una chirurgia di revisione. Un ultimo caso ha subito una frattura intraoperatoria del malleolo mediale, che è stata fissata con mezzi di sintesi interni. Tuttavia il trapianto non si è integrato ed è stato necessario praticare un'artrodesi. Questo caso ha dimostrato anche una sieroconversione positiva per HIV, ma la causa è rimasta sconosciuta. Le indagini radiografiche effettuate hanno dimostrato un restringimento dello spazio articolare, osteofiti e sclerosi ossea anche nei casi con eccellente funzionalità clinica. In questo studio Kim dà una descrizione della procedura chirurgica.

L'approccio a livello della caviglia è tra l'estensore lungo dell'alluce e l'estensore lungo delle dita. Le superfici articolari tibiale e talare sono rimosse con un'osteotomia o con seghe oscillanti così da creare un difetto sulle due superfici e quindi permettere a questo livello il posizionamento dell'*allograft*. Le strutture legamentose sia mediali che laterali sono conservate. Il trapianto viene inserito a



Fig. 4. Radiografie preoperatorie di un paziente maschio di 37 anni già operato per ricostruzione del legamento crociato anteriore. Controlli Rx ed RMN a 1 anno dall'impianto.

press-fit o fissato con chiodi riassorbibili o con viti di Herbert.

Il paziente nel post-operatorio rimane con l'arto in scarico per almeno 12 mesi, mentre il programma riabilitativo prevede ROM passivo da iniziarsi entro due settimane dall'intervento.

Uno studio relativo alle complicanze della sostituzione articolare di tibiotarsica con trapianto osteocartilagineo fresco è stato presentato da Brage et al.¹⁴ all'AOFAS 2002 *Annual Winter Meeting*. Il loro studio fa riferimento a 16 casi trattati di sostituzione articolare di tibiotarsica con trapianto osteocartilagineo. Il follow-up riportato è di 5 anni e 2 mesi, l'età media dei pazienti è di 44 anni (*range*: 18-67).

Le complicanze sono distinte in intraoperatorie e postoperatorie.

Le complicanze intraoperatorie sono state: fratture del malleolo laterale o mediale avvenute in 3/16 pazienti (19%) e rottura della vite durante il fissaggio del trapianto avvenute in 1/16 pazienti (6%).

Le complicanze postoperatorie sono state la frammentazione e frattura della componente tibiale in 1/16 pazienti (6%), il malposizionamento del trapianto e sublussazione avvenute in 1/16 dei pazienti (6%) e la pseudoartrosi del trapianto occorsa in 1/16 dei pazienti (6%).

In 2 casi è stato necessario praticare un'artrodesi dopo il fallimento.

Casistica e tecnica chirurgica

A partire dall'agosto 2004, 36 pazienti di età media 34,6 (min. 19, max. 55) sono stati sottoposti a trapianto osteocondrale totale di tibio tarsica presso il nostro dipartimento.

La casistica comprende 25 maschi e 11 femmine. Tutti erano affetti da artrosi post-traumatica della tibio-tarsica ed avevano tentato cure fisiche e mediche e subito precedenti interventi di pulizia artroscopica della cartilagine articolare senza beneficio.

Una valutazione clinica e radiografica pre-operatoria ed a 6 mesi e ad un anno di follow-up è stata eseguita utilizzando l'AOFAS *score* e mediante Rx convenzionali, RMN e TAC.

I trapianti sono stati prelevati da donatori giovani (età media 28 anni) in regime di sterilità, conservati a +4° in una soluzione di sostanze antibiotiche e condroprotettrici e considerati freschi fino a 14 giorni. Sulla base delle dimensioni del trapianto, il ricevente viene scelto mediante misurazioni eseguite su Rx e TAC.

Un apposito strumentario è stato messo a punto per preparare il trapianto della forma e spessore desiderato (circa 1 cm nelle zone più spesse) e di rendere riproducibili ed il più possibile congruenti la sagomatura del trapianto e l'alloggiamento creato a livello del ricevente.

Previa preparazione del trapianto, abbiamo utilizzato in 32 casi un doppio accesso antero-mediale e laterale al perone, in 4 casi il solo accesso antero-mediale simile a quello utilizzato in campo protesico.

Nei primi 30 casi è stato eseguito un miniaccesso antero-mediale per esporre il malleolo tibiale su cui è stata disposta la mascherina per il taglio del malleolo fissandola con un filo di Kirshner. È stato così possibile preparare la sede d'impianto tibiale mediante l'asportazione di una sottile porzione ossea comprendente la superficie articolare.

In seguito previa protezione della restante parte del malleolo mediale con un apposito strumento si esegue il secondo accesso per via laterale al perone. Si pratica un'osteotomia del perone che si ribalta lateralmente in senso distale. Si espone la super-

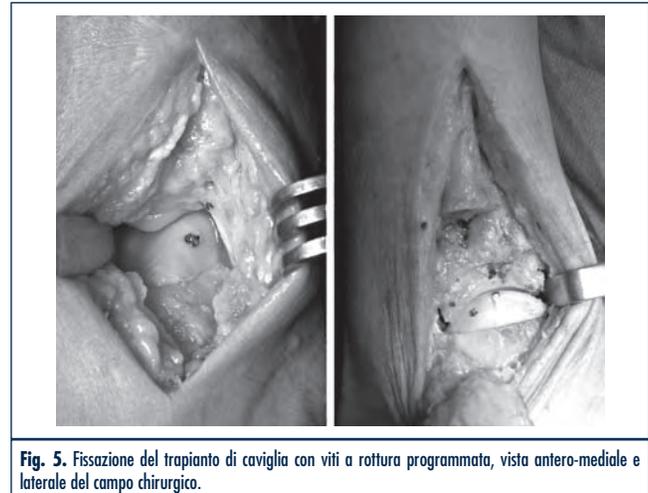


Fig. 5. Fissazione del trapianto di caviglia con viti a rottura programmata, vista antero-mediale e laterale del campo chirurgico.

ficie laterale della tibiotarsica dove si posiziona la mascherina con le apposite componenti per il taglio della cupola astragalica e della tibia distale. Una volta completati i tagli, le superfici articolari di tibia distale e astragalo possono venire rimossi. Nell'alloggiamento così creato si inserisce il trapianto articolare avendo cura di posizionarlo nel modo più naturale, sfruttando il taglio curvilineo in senso latero-laterale. Previo controllo amplioscopico della posizione del trapianto, lo si fissa con microviti in titanio a rottura programmata. Si riduce il perone e lo si sintetizza con viti e placca.

Protocollo postoperatorio

Il paziente viene immobilizzato con stivaletto gessato per 15 giorni. Al termine di questo periodo comincia la mobilizzazione attiva e passiva della caviglia che rimane in scarico per almeno 4 mesi. Dai 4 ai 6 mesi comincia il carico progressivo sull'arto operato, in base alle valutazioni radiologiche.

Risultati preliminari

Il follow-up medio è dei trapianti di caviglia è di 20 mesi (max. 36, min. 6). Il primo paziente, a 36 mesi di follow-up è soddisfatto dell'intervento e cammina liberamente senza dolore.

Fino ad ora nessuna complicanza intra-operatoria o post-operatoria si è verificata. Tutti i pazienti seguono il programma riabilitativo prestabilito senza dolore e i trapianti appaiono in via di integrazione da un punto di vista radiografico.

TRAPIANTO OSTEOCONDRALE DI METATARSO-FALANGEA PRIMA

Nel 2006 sono state eseguiti 4 trapianti articolari di metatarso-falangea prima in 3 pazienti affetti da alluce rigido di cui 1 bilaterale. L'età media dei pazienti è di 50 anni (min. 45, max. 60) e il follow-up medio è di 16 mesi.

L'intervento è stato eseguito, previa preparazione degli innesti, mediante accesso mediale alla metatarso falangea. Esposta l'articolazione e rimossi gli osteofiti si è proceduto alla resezione dei capi articolari e all'inserimento dell'innesto fissato con apposite viti, facendo attenzione ad errori di orientamento in rotazione.

Sono state eseguite radiografie di controllo e TAC ogni 6 mesi che dimostrano una buona integrazione dell'impianto e il *range* di movimento della metatarso-falangea è stato incrementato in media di 25° in senso dorsale.

Il carico sull'avampiede è stato concesso dopo 4 mesi dall'intervento ed ora tutti i pazienti camminano liberi utilizzando normali calzature.

CONCLUSIONI

Lo sviluppo della tecnica di trapianto osteoarticolare totale apre un campo promettente nella chirurgia di salvataggio articolare, in grado di offrire una valida alternativa all'artrodesi e dilazionare l'impiego della chirurgia protesica.

Gli aspetti tecnici e biomeccanici sono punti fondamentali nella riuscita di un trapianto osteoarticolare¹⁵.

Per ottimizzare i risultati e minimizzare l'incidenza di complicanze è necessaria un'adeguata selezione dei pazienti e un'implementazione della tecnica chirurgica. Deformità e malallineamenti devono sempre essere corretti prima o durante l'intervento; per effettuare tale correzione non è opportuno modificare lo spessore del trapianto, in quanto ciò può portare ad una scarsa integrazione.

Evitare o ridurre il più possibile l'uso di mezzi di fissazione interna perché spesso associato alla comparsa di fratture del trapianto.

Le superfici ossee del ricevente e dell'*allograft* devono avere un contatto ottimale da ottenersi con un *press-fit* ed eventualmente per mezzo dell'apposizione di frammenti di osso autologo.

È necessaria un'accurata selezione in termini di compatibilità tra le dimensioni dell'articolazione del donatore e quella del ricevente, eseguita utilizzando misurazioni TAC.

Lo spessore del trapianto deve essere di circa 1 cm, in modo da favorire l'integrazione del trapianto ed evitare problemi immunologici.

Il nostro follow-up è breve, tuttavia l'andamento dei pazienti ed i risultati preliminari appaiono estremamente incoraggianti.

Il miglioramento della tecnica chirurgica, le maggiori conoscenze dei meccanismi alla base dell'osteointegrazione e il miglioramento

dei metodi di prelievo e conservazione degli innesti, consentono ora un'applicabilità su vasta scala dei trapianti osteocondrali. Valutazioni successive sono necessarie per stabilire l'effettiva validità della metodica.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Mankin HJ, Doppelt S, Tomford W. *Clinical experience with allograft implantation: first ten years*. Clin Orthopaedics 1983;174:69-86.
- ² Lexer E. *Die Verwendung der Freinen Knochenplastik nebst Versuchen über Gelenkversteifung & Gelenk-transplantation*. Arth Klein Chir 1908;86:939.
- ³ Bonfiglio M, Jeter WS, Smith C. *The immune concept: its relation to bone transplantation*. Ann NY Acad Sci 1955;59:417.
- ⁴ Chalmers J. *Transplantation immunity in bone homografting*. J Bone J Surg 1959;41B:160.
- ⁵ Beaver RJ, Mahomed M, Backstein D, et al. *Fresh osteochondral allografts for post-traumatic defects in the knee. A survivorship analysis*. J Bone Joint Surg Br 1992;74:105-10.
- ⁶ Garret JC. *Fresh osteochondral allografts for treatment of articular defects in osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle in adults*. Clin Orthop 1994;(303):33-7.
- ⁷ Ghazavi MT, Pritzker KP, Davis AM, et al. *Fresh osteochondral allografts for post-traumatic osteochondral defects of the knee*. J Bone Joint Surg 1997;79B:1008-13.
- ⁸ Chu CR, Convery FR, Akeson WH, et al. *Articular cartilage transplantation*. Clin Orthop 1999;(360):159-68.
- ⁹ Shasha N, Krywulak S, Backstein D, et al. *Long-term follow-up of fresh osteochondral allografts for failed tibial plateau fractures*. J Bone Joint Surg 2003;85A(Suppl.2):33-9.
- ¹⁰ Bugbee WD. *Fresh osteochondral allografts*. J Knee Surg 2002;15:191-5.
- ¹¹ Kitaoka HB, Patzer GL. *Clinical results of the Mayo total ankle arthroplasty*. J Bone Joint Surg Am 1996;78:1658-64.
- ¹² Gross AE, Aubin P, Cheah HK, et al. *A fresh osteochondral allograft alternative*. J Arthroplasty 2002;17(Suppl.1):50-3.
- ¹³ Kim CW, Jamali A, Tonz W Jr, et al. *Treatment of post-traumatic ankle arthrosis with bipolar tibiotalar osteochondral shell allografts*. Foot Ankle Int 2002;23:1091-102.
- ¹⁴ Oakeshott RD, Farine I, Pritzer KP, et al. *A clinical and histologic analysis of failed fresh osteochondral allografts*. Clin Orthop 1988;233:283-94.
- ¹⁵ Brage ME, Bugbee WD, Tontz W. *Intraoperative and postoperative complications of fresh tibiotalar allografting*. AOFAS 2002 Annual Winter Meeting.

Esperienza con trapianti massivi congelati nelle ricostruzioni articolari

Osteochondral massive frozen allograft experience in joint replacement

D. Donati, M. Colangeli, S. Colangeli, C. Di Bella, G. Bianchi, M. Mercuri

RIASSUNTO

La chirurgia basata sull'uso di trapianti massivi articolari può essere gravata da complicazioni quali il ritardo di consolidazione, l'infezione e soprattutto la frattura. Per valutare il reale impatto di tali complicazioni e selezionare le possibili indicazioni a questo tipo di chirurgia, abbiamo valutato i risultati ottenuti su 133 ricostruzioni eseguite dal 1989 con innesti osteoarticolari.

L'osso utilizzato proveniva da donatore cadavere prelevato in sterilità e conservato a -80° per almeno 3 mesi. Nella maggior parte dei casi (69%) le sostituzioni sono avvenute in pazienti con diagnosi di tumore maligno primitivo dell'osso. Nell'arto superiore l'omero è stata la sede maggiormente ricostruita con 57 casi, mentre nell'arto inferiore, il femore distale è stato sostituito in 25 casi e la tibia prossimale in 31.

L'infezione si è verificata nel 6% dei casi, il ritardo di consolidazione nel 23% e la frattura nel 31%. 47 pazienti (35%) non hanno avuto complicazioni, mentre in 40 (30%) si è verificato il fallimento della ricostruzione.

L'utilizzo degli innesti osteoarticolari è preferibile nei bambini, in quanto, rispetto alle protesi sono meno invasivi nei confronti della cartilagine di accrescimento, mentre negli adulti è preferibile limitarne l'uso agli arti superiori dove si ottengono i migliori risultati.

Parole chiave: innesti massivi osteocondrali, chirurgia ortopedica oncologica, sostituzioni articolari biologiche

SUMMARY

The use of massive osteochondral allograft can be bared by a number of complications as delayed union, infection and fracture of the allograft.

To evaluate the effectiveness of complication we reviewed the results of 133 osteochondral allograft replacement performed since 1989.

We always applied cadaver bone sterile harvested and stored at least 3 months

In -80° refrigerator. In the majority (69%) of the patients diagnosis

was registered as malignant. In the upper extremity humerus was substituted in 57 cases, while in the lower limb, 25 cases were performed in the distal femur and 31 in the proximal tibia.

Infection occurred in 6% of the patients, delayed union in 23% and fracture in 31%. Among all 47 patients (35%) did not score any complication while 40 (30%) were considered failed.

The use of osteochondral massive allograft is preferable in young patients due to the least invasive method on the opposite growth plate while in adults we suggest to limit the use in the upper limb where the best functional results can be achieved.

Key words: massive osteochondral allograft, orthopaedic oncology surgery, bone neoplasms, biological joint replacement

INTRODUZIONE

Gli innesti massivi sono ritenuti una valida alternativa per la ricostruzione di difetti ossei conseguenti ad interventi di resezione per patologie tumorali dello scheletro^{1,2}. Sono particolarmente indicati nella ricostruzione di perdite ossee conseguenti a resezioni intercalari di ossa lunghe, quali l'omero o il femore, laddove non esistono valide alternative di carattere protesico. Inoltre nei giovani pazienti quando la resezione include sedi dove non è opportuno eseguire una ricostruzione protesica per il potenziale danno che può essere causato dallo stelo protesico alla cartilagine di accrescimento che rimane dopo la resezione³⁻⁵. Un'altro vantaggio legato all'uso degli innesti osteoarticolari risiede nel fatto che la ricostruzione dell'articolazione può essere effettuata utilizzando le inserzioni capsulo ligamentose^{1,6}, ciò rende la funzione dell'arto molto più vicina alla naturale cinetica articolare anche in articolazioni complesse come la spalla. Infine l'integrazione pressoché fisiologica dei tessuti circostanti con il tessuto innestato si propone come una efficace barriera all'impianto di germi secondari a batteriemia che con una certa frequenza portano ad infezione secondaria le grandi ricostruzioni protesiche.

Tuttavia, soprattutto nelle ricostruzioni con innesti osteoarticolari, si osserva l'usura della cartilagine nel tempo fino ad interessare l'osso sotto condrale, con conseguente fallimento della stabilità meccanica dell'impianto.

Da qui il problema della durata a lungo termine dell'impianto; infatti non è ancora ben conosciuta la perdita di forza meccanica dell'innesto durante gli anni né i problemi correlati alla sua integrazione con l'osso ospite^{1,2,6}.

In questo lavoro abbiamo voluto riprendere la nostra casistica che si estende su un periodo di 13 anni cercando di rivedere i criteri per i quali può valere la pena effettuare una ricostruzione con innesto osteoarticolare.

Dipartimento di Oncologia Muscoloscheletrica, Istituto Ortopedico Rizzoli, Bologna

Indirizzo per la corrispondenza:

Prof. Davide Donati, Dipartimento di Oncologia Muscoloscheletrica, Laboratorio di Rigenerazione Tissutale Ossea, Istituto Ortopedico Rizzoli, Bologna.

Tel.: +39 051 6366885; fax: +39 051 331710; e-mail: davide.donati@ior.it

MATERIALE E METODO

Da gennaio 1989 a dicembre 2002, nel nostro istituto sono stati eseguiti 133 innesti massivi osteoarticolari: di questi 8 furono usati per la sostituzione di un condilo nel femore distale o nella tibia prossimale.

I pazienti trattati sono stati 130, in quanto 3 vennero operati due volte a causa di una precoce frattura dell'innesto. Si trattava di 68 maschi e 65 femmine con un'età variabile dai 4 ai 68 anni (in media 24).

Il tempo di follow-up variava da 6 a 187 mesi, con un valore medio di 84.

Le sedi interessate sono state l'omero in 57 casi (46 omero prossimale, 9 distale, 2 omeri totali). Nell'arto superiore altri 13 casi erano localizzati al radio distale. Le altre sedi erano: 3 metacarpi, 1 radio prossimale e 1 ulna prossimale. Nel caso dell'ulna prossimale, dei 2 omeri totali, dei 7 omeri distali e di un metacarpo sono state eseguite ricostruzioni totali delle articolazioni. Nell'arto inferiore 25 casi interessavano il femore distale e 31 la tibia prossimale. Le altre sedi comprendevano 1 tibia distale e 1 metatarso.

Le diagnosi istologiche includevano: 59 casi di osteosarcoma, 31 di tumore a cellule giganti, 14 sarcomi di ewing, 13 condrosarcomi, 2 istiocitomi fibrosi maligni, 1 fibrosarcoma, 2 carcinomi metastatici, 2 sarcomi sinoviali, 1 leiomiomasarcoma, 1 cisti aneurismatica, 1 istiocitoma fibroso benigno, 1 osteoblastoma, 1 condroblastoma e 4 casi di fallimenti di precedenti interventi ricostruttivi.

La lunghezza della resezione variava da un minimo di 4 ad un massimo di 32 centimetri, con una media di 12, mentre la durata dell'intervento andava da un minimo di 150 ad un massimo di 510 minuti (media di 280 min).

Tutti gli innesti sono stati prelevati in condizioni sterili e conservati a -80° presso la Banca del Tessuto Muscoloscheletrico del nostro istituto. La cartilagine articolare non subiva processi di criopreservazione durante i processi di conservazione. Al momento dell'utilizzo, gli innesti venivano scongelati in bacinelle contenenti acqua tiepida addizionata con antibiotici (rifampicina) e quindi fissati all'osso ospite con placca e viti secondo i criteri della osteosintesi rigida. Più recentemente, a causa dell'alto numero di fratture precoci dell'innesto abbiamo iniziato ad introdurre attraverso il canale midollare fino alla epifisi degli innesti il cemento di poli-metilmetacrilato ad alta pressione. Gli innesti cementati sono stati 51 di cui 34 nell'omero (31 di omero prossimale, 2 omeri totali, 1 omero distale), 9 nella tibia prossimale, 7 nel femore distale e un metacarpo. L'intera o parte della capsula con i legamenti ed i tendini veniva reinserita in accordo con quanto descritto da Mankin.

La profilassi antibiotica comprendeva 7 giorni di antibiotici per via endovenosa (teicoplanina e amikacina), seguiti da 3 mesi di terapia antibiotica per via orale. La riabilitazione prevedeva generalmente 2 mesi di immobilizzazione post-operatoria e nei successivi 4 l'uso di tutori protettivi. Un carico parziale agli arti inferiori o un completo *range* di movimento agli arti superiori con parziale capacità di sollevare oggetti pesanti era di solito concesso dai 6 ai 12 mesi dall'intervento, una volta ottenuta una buona consolidazione della linea di osteotomia. Un carico completo veniva sempre permesso solo a completa consolidazione della linea di osteotomia. D'altra parte una graduale ripresa del *range* di movimento veniva concessa a partire dal secondo-quarto mese dall'intervento.

La ricostruzione è stata considerata fallita quando l'innesto veniva rimosso oppure un impianto protesico veniva utilizzato per ricoprire la superficie articolare. Per valutare i risultati funzionali abbiamo usato il sistema della *Musculoskeletal Tumour Society* (MSTS).

RISULTATI ONCOLOGICI

Diciannove pazienti morirono a causa della malattia in un tempo variabile dai 7 ai 168 mesi dall'intervento, in media a 35. Nove pazienti ebbero una recidiva locale. In 4 casi si trattava di recidive di tumore maligno (3 osteosarcomi ed 1 istiocitoma fibroso maligno): due sono stati amputati e due hanno avuto la sola escissione della recidiva comparsa nelle parti molli. Nei 5 casi rimanenti si trattava di recidive di TCG del radio distale ed in tutti i casi si è potuta realizzare una chirurgia di salvataggio: In 2 casi tramite l'asportazione della recidiva con l'intero innesto realizzando poi una artrodesi di polso nel primo ed un nuovo innesto osteoarticolare nel secondo, mentre nei restanti tre in uno si è effettuato il *cuirettage* della recidiva adiacente all'osso e quindi la cavità è stata riempita con cemento e negli altri due si trattava di escissione per recidiva nelle parti molli. Le recidive locali hanno causato il fallimento dell'innesto nel 44% dei casi (2 amputazioni 2 sostituzioni dell'innesto).

RISULTATI FUNZIONALI

Abbiamo avuto 2 complicazioni intraoperatorie: un danno vascolare a carico dell'arteria poplitea (trattato con intervento di sutura) e una frattura parziale dell'innesto (risoltasi senza intervento). Nel post operatorio si sono verificate 9 paralisi nervose (5 del nervo radiale, 2 dello sciatico popliteo esterno, 1 del nervo mediano e 1 del nervo ulnare) e 7 problemi di chiusura di ferita. Tutte queste complicazioni si sono risolte senza influenzare il risultato finale. Solo 3 casi di marcata rigidità di ginocchio, successivi ad altrettante ricostruzioni di tibia prossimale, hanno richiesto l'esecuzione di un intervento in artroscopia per ottenere una migliore escursione del movimento articolare.

Fra le complicazioni post-operatorie abbiamo avuto l'infezione, il ritardo di consolidazione e la frattura (Tabb. I, II).

L'infezione si è verificata in 8 casi (6%): in tutti i casi il germe responsabile è risultato uno Stafilococco coagulasi-negativo. Tre casi di infezione si sono verificati dopo interventi chirurgici di revisione, eseguiti per frattura dell'innesto. In cinque casi (62%) l'infezione si sviluppò nella tibia prossimale. L'infezione ha causato il fallimento della ricostruzione in 4 pazienti (50%) e uno di loro venne amputato a causa dell'infezione.

Tab. I. Incidenza delle complicazioni nei 130 pazienti trattati.

	Casi (%)	Reinterventi	Fallimenti
Infezione	8 (6%)	14	50%
Pseudoartrosi	31 (23%)	19	0%
Frattura	41 (31%)	34	80%

Tab. II. Incidenza delle complicazioni in relazione alla sede di intervento.

	Infezione	Frattura	Pseudoartrosi
Omero prox.	2%	24%	22%
Omero dist.	—	44%	22%
Radio dist.	—	—	15%
Femore dist.	4%	28%	32%
Tibia prox.	19%	58%	22%
Tibia dist.	—	—	100%

Il primo caso era localizzato al femore distale: l'infezione guarì dopo un intervento di pulizia chirurgica con rotazione del gemello mediale. Nel secondo caso l'infezione era localizzata alla tibia prossimale: 4 interventi di pulizia chirurgica e l'uso di un innesto alla Tiersch furono necessari per ottenere la guarigione dall'infezione. Il terzo caso era localizzato all'omero prossimale: l'innesto venne rimosso e sostituito con uno spaziatore in cemento addizionato con antibiotici e fissato con chiodo endomidollare ottenendo la guarigione. Il quarto caso, localizzato alla tibia prossimale, guarì dopo intervento di pulizia chirurgica e rotazione di gemello mediale. Nel quinto caso, localizzato alla tibia prossimale, il paziente morì a causa della malattia prima che l'infezione fosse completamente guarita, dopo 2 interventi di pulizia chirurgica. Altri 3 casi insorsero dopo altrettanti interventi chirurgici di revisione per frattura subcondrali di innesti osteoarticolari di tibia prossimale: in 2 casi l'innesto fu rimosso e sostituito con spaziatore in cemento e l'infezione guarì, mentre nell'altro caso si rese necessaria l'amputazione dell'arto.

Il ritardo di consolidazione (Tab. III) si è verificato in 31 pazienti (23%). In 11 casi non è stato necessario provvedere ad un nuovo intervento in quanto la linea di osteotomia mostrò una consolidazione radiografica in un tempo medio di 19 mesi. Mentre, negli altri 20 casi 16 sono stati trattati con l'apposizione di innesti cortico-spongiosi prelevati dalla cresta iliaca (in 1 caso ci fu anche l'apposizione di innesto corticale contrapposto), 3 con l'apposizione di stecche di innesto corticale contrapposte e la contemporanea sostituzione dei mezzi di sintesi rotti, mentre in 1 caso, associato a frattura, l'innesto fu rimosso e sostituito con una protesi modulare. Dei casi con ritardi di consolidazione, 15 erano all'arto superiore (48%) e 16 in quello inferiore (52%). Le sedi con ritardo di consolidazione furono: 10 omero prossimale, 8 femore distale, 7 tibia prossimale, 2 omero distale, 2 radio distale, 1 metacarpo e 1 tibia distale. La pseudoartrosi da sola non ha mai causato il fallimento della ricostruzione.

La frattura dell'innesto (Tab. IV) si è verificata in 41 casi (31%): 7 a livello diafisario e tutte le altre nella porzione epifisaria del-

Tab. III. Rapporto tra sede (arto sup. e inf.) e ritardo di consolidazione.

	Ritardo consolidazione	Consolidazione	Totale (%)
Arto sup.	15	60	75 (20%)
Arto inf.	16	42	58 (27%)
Totale	31	102	133 (23%)

l'innesto. In altri 4 casi (2 sostituzioni totali di gomito, 1 omero prossimale e 1 metacarpo) abbiamo avuto un riassorbimento dell'innesto da lieve a marcato. Le sedi di frattura furono: 18 tibia prossimale, 11 omero prossimale, 7 femore distale, 4 omero distale, 1 ulna prossimale. In questo gruppo solo 11 pazienti non furono rioperati: i 2 riassorbimenti di gomito, 5 fratture subcondrali di omero prossimale, 2 fratture subcondrali di tibia prossimale, e 1 riassorbimento di metacarpo. Un paziente, con frattura all'omero distale, è deceduto per malattia prima della revisione. I rimanenti 34 pazienti vennero tutti operati: 19 casi furono trasformati in innesti compositi, cioè la superficie articolare era stata sostituita da una protesi da revisione. In altri 10 casi l'innesto fu sostituito con una protesi modulare, ed in 4 con un nuovo innesto osteoarticolare, mentre un paziente venne trattato con intervento chirurgico di riduzione della frattura, nuova osteosintesi e apposizione di innesti cortico-spongiosi autologhi sul focolaio di frattura. La frattura causò il fallimento della ricostruzione in 33 casi (80%).

Il riempimento della cavità midollare dell'innesto con cemento ha comportato una riduzione nell'incidenza delle fratture (Tab. IV). Infatti, abbiamo avuto solamente 9 casi di frattura sui 51 in cui è stato utilizzato il cemento (18%). Al contrario, 32 casi di frattura (39%) si sono realizzati negli 82 pazienti in cui il cemento non è stato utilizzato.

Solo in 47 pazienti non abbiamo avuto complicazioni e solo 13 di loro erano localizzati agli arti inferiori.

Segni radiografici di artrosi erano evidenziabili in tutti i pazienti con ricostruzioni articolari al ginocchio e con follow-up > 5 anni. In particolare, segni radiografici di artrosi, da lieve a marcata, sono stati evidenziati anche in tutti gli 8 pazienti che erano stati sottoposti a ricostruzione con innesti di condilo (4 condili mediali femorali, 2 condili femorali laterali, 2 condili tibiali mediali). In questi pazienti, i gradi più severi di degenerazione articolare sono stati osservati a livello della tibia prossimale e quando ad essere sostituito era il condilo mediale. Nessun quadro di grave artrosi è stato invece evidenziato a livello dei condili laterali.

La valutazione funzionale è stata condotta su tutti i pazienti con innesto in sede a più di 24 mesi dall'intervento. Fra gli 88 casi valutabili (5 furono esclusi per follow-up < 24 mesi e 40 per fallimento), abbiamo avuto: 42 risultati eccellenti, 34 buoni, 11 discreti e 1 mediocre.

Nell'arto superiore i risultati peggiori sono stati osservati nelle ricostruzioni di gomito, mentre il radio distale è la sede che ha dato di gran lunga i risultati migliori (Tab. V). L'instabilità era quasi sempre presente a livello del gomito, mentre all'omero prossimale si era presentata solo in un caso dopo una frattura metafisaria non trattata associata a sublussazione anteriore. In questa sede solo tre pazienti hanno riferito un dolore moderato e tutti con l'eccezione del più anziano (64 anni) sono stati in grado di tornare a svolgere le normali attività quotidiane. Tutti i pazienti hanno mostrato una buona escursione di movimento, particolarmente in flessione e abduzione (da 30 a 90° senza muovere la scapola). Solo pochi pazienti sono stati in grado di abduzione la spalla per più di 90° nei primi 2-3 anni dall'intervento, ma poi con il tempo questa capacità è venuta meno. A livello del polso abbiamo ottenuto dei valori medi di flessione di 51° (da 25 a 70°) e di estensione di 37° (da

Tab. IV. Incidenza della frattura in rapporto alla sede e all'uso del cemento.

	Casi totali frattura (%)	Casi frattura senza cemento nell'innesto	Casi frattura con cemento nell'innesto
Arto sup.	16 (21%)	12 (30%)	4 (11%)
Arto inf.	25 (43%)	20 (45%)	5 (31%)
Totale	41 (31%)	32 (39%)	9 (18%)

Tab. V. Risultati funzionali in relazione alla sede (sono stati esclusi i pazienti con FU < 24 mesi).

	Ottimo	Buono	Discreto	Mediocre	Fall
Omero prox.	37%	34%	2%	–	27%
Radio dist.	54%	31%	–	–	15%
Femore dist.	46%	21%	4%	–	29%
Tibia prox.	21%	24%	–	3%	52%

20 a 65°) e solo 1 paziente ha lamentato moderato dolore durante le normali attività quotidiane a 110 mesi dall'intervento. In 7 casi (54%) si è verificata una sublussazione dorsale dell'ulna, che però è risultata di grado lieve (< 1 cm) in 6 pazienti su 7.

Nell'arto inferiore il femore distale e la tibia prossimale hanno mostrato risultati simili, prima che la frattura si realizzasse (Tab. V). Nessun caso ha riferito dolore e molti di loro non hanno avuto limitazioni nella vita quotidiana. Nel femore distale 11 casi sono risultati eccellenti, 5 buoni, 1 discreto, mentre 1 caso non è risultato valutabile per follow-up < 24 mesi. Nella tibia prossimale abbiamo fatto la valutazione funzionale considerando l'ultimo follow-up prima e dopo la frattura. Nel primo gruppo i risultati sono stati: 9 eccellenti, 7 buoni e 2 discreti. Nel secondo gruppo i risultati sono stati peggiori a causa della più difficile riabilitazione in un paziente con protesi composita secondaria: 6 eccellenti, 8 buoni e 4 discreti. Questo fenomeno è più marcato quando l'intervento di revisione è rimandato ed i tessuti molli producono una cicatrice più robusta. Nei 9 pazienti che invece non hanno avuto la frattura dell'innesto, il risultato è stato eccellente in 4 e buono in 5. Due pazienti non sono stati valutati per il breve follow-up.

DISCUSSIONE

In questa casistica abbiamo cercato di dare la nostra più completa rappresentazione riguardo all'uso degli innesti osteoarticolari in campo oncologico.

Nel nostro studio, l'incidenza dell'infezione (6%) non è considerata il problema principale come del resto è stato confermato anche da altri lavori¹⁻⁶⁻⁸. Solo 2 casi fallirono senza un evidente fattore predisponente mentre, in altri 2 un'inappropriata grandezza dell'innesto in uno e la necrosi cutanea nell'altro furono la causa del fallimento locale. Col tempo abbiamo identificato una profilassi antibiotica efficace con amikacina e teicoplanina, sconsigliando una mobilizzazione precoce nel post-operatorio. In nessun caso è stata necessaria una rotazione primaria di gastrocemio.

Il ritardo di consolidazione si è dimostrato essere correlato con la chemioterapia post-operatoria e con il contatto ottenuto a livello dell'osteotomia durante l'intervento⁹⁻¹¹.

L'uso del cemento nel canale midollare dell'innesto ha comportato una riduzione nell'incidenza di fratture (dal 39 al 18%). Infatti il cemento previene le fratture metafisarie e diafisarie, che sono associate con la penetrazione corticale delle viti di fissazione. Riempire l'innesto con cemento non elimina il rischio di fratture subcondrali, ma ne riduce la loro gravità¹²⁻¹³. L'unico inconveniente nell'uso del cemento potrebbe dipendere dal fatto che un eventuale intervento di revisione con l'inserimento di una protesi nell'innesto potrebbe risultare tecnicamente più difficile¹².

Attualmente riteniamo conveniente utilizzare gli innesti osteoarticolari principalmente negli individui in accrescimento, con tumori ossei localizzati prevalentemente a livello del ginocchio. Il vantaggio rispetto ad una ricostruzione protesica, a questa età e in questa sede, è la possibilità di preservare la cartilagine di accrescimento adiacente alla resezione con conseguente minore discrepanza nella lunghezza dei due arti. In questo gruppo solo 5 pazienti (9%) hanno avuto un intervento di epifisiodesi al ginocchio controlaterale, come riportato in letteratura³⁻⁵. D'altra parte negli individui adulti, a causa della relativa alta incidenza delle fratture subcondrali a livello del ginocchio, preferiamo l'utilizzo degli innesti compositi per la localizzazione tibiale e le protesi modulari per lesioni del femore¹⁴⁻¹⁶.

I risultati funzionali sono stati soddisfacenti nell'86% dei pazienti (escludendo i fallimenti) ed eccellenti nel 47% dei casi. Quindi se l'indicazione è corretta e non si verificano complicanze la maggior parte dei pazienti può tornare a svolgere le normali attività quotidiane. I fallimenti sono stati frequenti (30%), ma con più esperienza e una migliore tecnica di fissazione, molte complicanze possono essere evitate¹³⁻¹⁷⁻¹⁸.

CONCLUSIONI

Riteniamo che gli innesti ossei osteoarticolari siano un efficace metodo ricostruttivo quando si realizza una significativa perdita di sostanza ossea conseguente a resezione per tumori maligni delle

estremità. La chemioterapia post-operatoria avrebbe effetti avversi sull'integrazione dell'innesto, come dimostrato dall'alto numero di ritardi di consolidazione. Più incerto è l'effetto della chemioterapia sulla guarigione delle ferite e sulle infezioni, sulle paralisi nervose e sulle fratture. L'incidenza delle fratture, in particolare, appare più correlata alla tecnica ricostruttiva. Se l'indicazione chirurgica è appropriata, l'incidenza dei fallimenti può essere ridotta.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Donati D, Di Liddo M, Zavatta M, et al. *Massive bone allograft reconstruction in high-grade osteosarcoma*. Clin Orthop Relat Res 2000;(377):186-94.
- ² Matejovsky Z, Matejovsky Z, Kofranek I. *Massive allografts in tumour surgery*. Int Orthop 2006;30:478-83.
- ³ Ramseier LE, Malinin TI, Temple HT, et al. *Allograft reconstruction for bone sarcoma of the tibia in the growing child*. J Bone Joint Surg Br 2006;88:95-9.
- ⁴ Brigman BE, Hornicek FJ, Gebhardt MC, et al. *Allografts about the knee in young patients with high-grade sarcoma*. Clin Orthop Relat Res 2004;(421):232-9.
- ⁵ Alman BA, De Bari A, Krajbich JI. *Massive allografts in the treatment of osteosarcoma and Ewing sarcoma in children and adolescents*. J Bone Joint Surg Am 1995;77:54-64.
- ⁶ Mankin HJ, Gebhardt MC, Jennings LC, et al. *Long-term results of allograft replacement in the management of bone tumors*. Clin Orthop Relat Res 1996;(324):86-97.
- ⁷ Niu XH, Cai YB, Hao L, et al. *Allograft replacement in management of giant cell tumor of bone: a report of 77 cases*. Zhonghua Wai Ke Za Zhi 2005;43:1058-62.
- ⁸ Dick HM, Strauch RJ. *Infection in massive bone allografts*. Clin Orthop Relat Res 1994;(306):46-53.
- ⁹ Hornicek FJ, Gebhardt MC, Tomford WW, et al. *Factors affecting nonunion of the allograft-host junction*. Clin Orthop Relat Res 2001;(382):87-98.
- ¹⁰ Hazan EJ, Hornicek FJ, Tomford W, et al. *The effect of adjuvant chemotherapy on osteoarticular allografts*. Clin Orthop Relat Res 2001;(385):176-81.
- ¹¹ San Julian Aranguren M, Leyes M, Mora G, et al. *Consolidation of massive bone allografts in limb-preserving operations for bone tumors*. Int Orthop 1995;19:377-382.
- ¹² DeGroot H, Donati D, Di Liddo M, et al. *The use of cement in osteoarticular allografts for proximal humeral bone tumors*. Clin Orthop Relat Res 2004;(427):190-7.
- ¹³ Gerrand CH, Griffin AM, Davis AM, et al. *Large segment allograft survival is improved with intramedullary cement*. J Surg Oncol 2003;84:198-208.
- ¹⁴ Wunder JS, Leitch K, Griffin AM, et al. *Comparison of two methods of reconstruction for primary malignant tumors at the knee: a sequential cohort study*. J Surg Oncol 2001;77:89-99 (discussion 100).
- ¹⁵ Hejna MJ, Gitelis S. *Allograft prosthetic composite replacement for bone tumors*. Semin Surg Oncol 1997;13:18-24.
- ¹⁶ DeGroot H, Mankin H. *Total knee arthroplasty in patients who have massive osteoarticular allografts*. Clin Orthop Relat Res 2000;(373):62-72.
- ¹⁷ Muscolo DL, Ayerza MA, Aponte-Tinao LA, et al. *Use of distal femoral osteoarticular allografts in limb salvage surgery. Surgical technique*. J Bone Joint Surg Am 2006;88(Suppl.1):305-21.
- ¹⁸ Bianchi G, Donati D, Staals EL, et al. *Osteoarticular allograft reconstruction of the distal radius after bone tumour resection*. J Hand Surg Br 2005;30:369-73.
- ¹⁹ Aho AJ, Ekford T, Dean PB, et al. *Incorporation and clinical result of large allografts of the extremities and pelvis*. Clin Orthop 1994;(307):200-13.

Fattori fisici di stimolazione ossea

Physical forces in bone stimulation

R. Cadossi¹, G. Caruso², S. Setti¹, L. Massari²

RIASSUNTO

L'impiego di stimoli fisici per favorire la riparazione del tessuto osseo, terapia biofisica, si è ampliato negli ultimi 20 anni; il 78% degli ospedali negli USA offre il trattamento a 3 mesi dal trauma. Gli stimoli fisici interagiscono con la membrana cellulare modificando il trasporto dello ione calcio e il legame ligando-recettore determinando un aumento della proliferazione delle cellule osteoprogenitrici e della sintesi endogena di citochine (BMP). La terapia biofisica può essere eseguita con tecnica: induttiva, capacitiva, meccanica, impiantata. La stimolazione della osteogenesi deve essere attuata soltanto quando stabilità, allineamento e contatto fra i capi ossei della frattura sono controllati. La revisione della letteratura dimostra che nel trattamento di mancate consolidazioni l'efficacia della terapia biofisica è pari a quella della chirurgia. Trapianti ossei, fattori di crescita possono essere utilizzati in associazione al trattamento biofisico aumentando l'efficacia di ciascuno. La terapia è indicata per fratture "a rischio", fratture articolari e artrodesi vertebrali. L'efficacia della terapia è dimostrata da una sostanziale evidenza clinica: studi prospettici, randomizzati in doppio-cieco. La scelta della metodica è effettuata in base a: sede da trattare, caratteristiche della frattura e accessibilità della cute. La terapia deve essere eseguita con gli strumenti e seguendo le modalità indicate nella letteratura.

Parole chiave: terapia biofisica, stimolazione osteogenesi, campi elettromagnetici, campi elettrici, ultrasuoni

SUMMARY

In the past 20 years, the use of physical stimuli to enhance bone repair processes, biophysical therapy, has grown considerably: 78% of US hospitals offer the treatment 3 month after trauma. Physical stimuli interact with the cell membrane, modify the transport of calcium and alter ligand-receptor binding. Osteoprogenitor cell proliferation and endogenous bone morphogenic proteins (BMP) synthesis are increased by physical stimuli. Biophysical therapy can be performed using inductive, capacitative, mechanic

or implanted devices. Osteogenesis stimulation should be applied only when stability, alignment and bone gap are properly controlled. The review of the literature show that when treating non union biophysical therapy is as effective as surgery. Bone graft and growth factors can be used in conjunction with biophysical therapy increasing the efficacy of both. This therapeutic approach is indicated for "at risk" fractures, articular fractures and vertebral arthrodesis. The efficacy of the therapy has been demonstrated by extensive clinical evidence: many perspective, randomized, double-blind studies have been conducted. The technique to be used is chosen based on: location to be treated, fracture characteristics and skin accessibility. Therapy should be performed with devices and modalities described in the scientific literature.

Key words: biophysical therapy, stimulation of osteogenesis, electromagnetic fields, electric fields, ultrasound

INTRODUZIONE

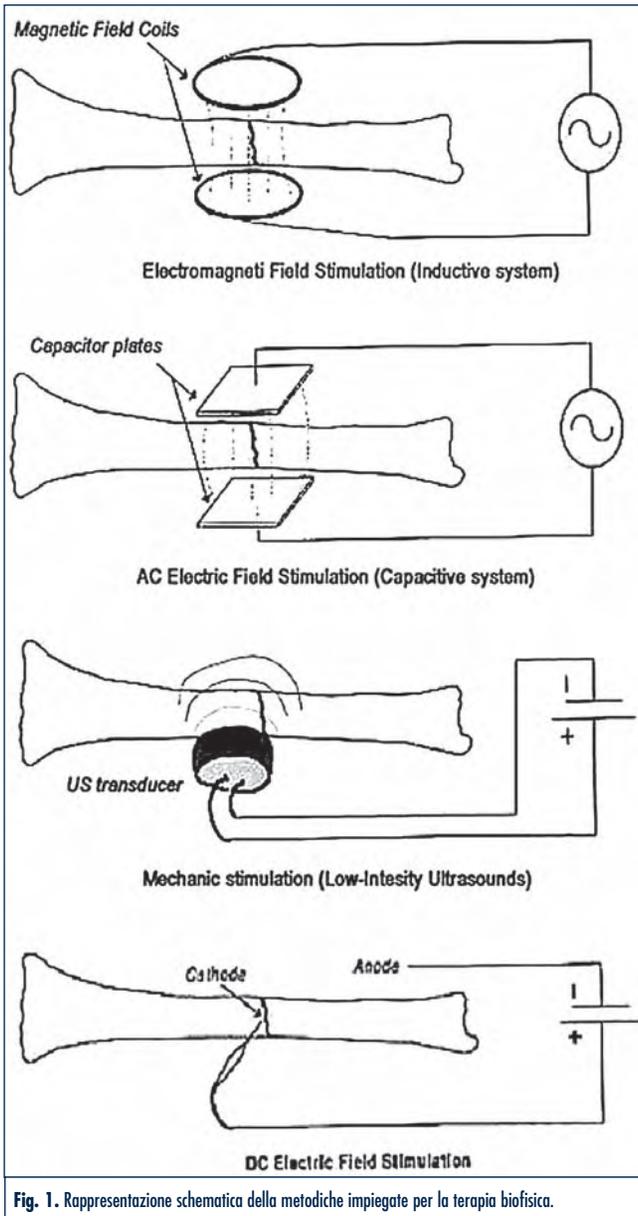
L'impiego di tecniche fisiche, terapia biofisica, per accelerare la guarigione del tessuto osseo è ormai consolidato nella pratica ortopedica e oltre 500.000 fratture sono state trattate con queste metodiche negli ultimi 20 anni, negli USA, in Europa e in Giappone¹. L'accettazione e diffusione di impiego di queste tecnologie è certamente riconducibile alle seguenti importanti osservazioni: 1) lo sviluppo dell'ortobiologia, ovvero la maggiore attenzione verso tutte le tecniche che possono modificare le attività cellulari del tessuto osseo; 2) i risultati ottenuti dalle ricerche condotte in questi anni che hanno permesso di comprendere il meccanismo di azione attraverso cui le tecniche biofisiche sono efficaci nell'aumentare l'attività osteogenetica; 3) queste tecniche consentono di intervenire sulle attività osteogenetiche in modo conservativo.

Le tecniche di stimolazione fisica della osteogenesi sono riconducibili a quattro diverse metodiche (Fig. 1): induttiva (campi elettromagnetici), capacitiva (campi elettrici), a ultrasuoni (vibrazione meccanica) e metodica faradica (corrente elettrica continua) che applicano diversi stimoli fisici al tessuto scheletrico (Tab. I). Il ruolo delle diverse metodiche è stato discusso in diversi articoli di revisione della letteratura e in volumi dedicati, confrontandone efficacia e indicazioni di utilizzo¹⁻⁶. La mancata consolidazione di una frattura ha rappresentato la prima indicazione all'uso degli stimoli fisici; il trattamento veniva proposto ad almeno 9 mesi dal trauma. L'indicazione d'uso si è poi estesa alle fratture non consolidate a 6 mesi dal trauma e recentemente una ricerca condotta negli USA ha dimostrato che il 78% degli ospedali offre il trattamento a 3 mesi dal trauma⁷. Infine, recenti studi clinici randomizzati prospettici in doppio cieco hanno dimostrato che gli stimoli fisici

¹ Laboratorio di Biofisica Clinica, ICEmB-Igea, Carpi (MO); ² Dipartimento di Scienze Biomediche e Terapie Avanzate, Università di Ferrara

Indirizzo per la corrispondenza:

Dott.ssa Stefania Setti, Laboratorio di Biofisica Clinica, ICEmB-Igea, via Parmenide 10/A, 41012 Carpi (MO). Tel. +39 059 699600; fax +39 059 695778; e-mail: s.setti@igeamedical.com



possono efficacemente essere impiegati per accelerare la guarigione di una frattura recente o la consolidazione di un'artrosi vertebrale⁸; indagini pre-cliniche e cliniche hanno individuato il ruolo dei campi elettromagnetici anche nel mantenimento della integrità della cartilagine articolare⁹.

IL MECCANISMO D'AZIONE

Il meccanismo attraverso cui una cellula riconosce uno stimolo fisico e conseguentemente modifica le proprie funzioni è stato in larga parte identificato; la membrana cellulare riveste il ruolo fondamentale di riconoscimento e trasferimento dello stimolo alle diverse vie metaboliche cellulari. L'esposizione allo stimolo fisico si accompagna a un aumentato trasporto dello ione calcio attraverso la membrana che viene riconosciuto come segnale proliferativo, determinando un aumento della proliferazione cellulare e quindi un'espansione del pool di cellule osteoprogenitrici. L'esposizione a un campo elettromagnetico è in grado di favorire la reazione fra ligando e recettore posto sulla membrana cellulare determinando importanti effetti sia per quanto si riferisce all'attivazione di vie metaboliche legate alla risposta infiammatoria sia per la sintesi di fattori di crescita, quali la famiglia dei TGF⁸. La FDA ha riconosciuto allo stimolo elettromagnetico un'attività terapeutica capace di far aumentare la produzione endogena di fattori di crescita quali le proteine morfogenetiche del tessuto osseo (BMP). Gli stimoli fisici favoriscono l'espressione e accelerano la sintesi di proteine della matrice extracellulare che portano ad una accelerazione dei processi riparativi. Fassina in un recente lavoro comparso su *Tissue Engineering* ha dimostrato che l'esposizione di cellule ossee cresciute su un supporto poroso di poliuretano ed esposte ad un campo elettromagnetico (Biostim) determinava un aumento della proliferazione cellulare, della produzione di matrice calcificata e si accompagnava ad un aumento significativo dei costituenti della matrice extracellulare, decorina, osteocalcina, osteopontina, collagene I e II, e determinava un significativo aumento della sintesi di TGF- β ¹⁰. Altri studi hanno mostrato che l'esposizione ai campi elettromagnetici determina un aumento del 100% degli RNA messaggeri per le BMP-2, -4, -7 in funzione della durata della esposizione con un picco a 24 ore⁸.

Tab. 1. Termini e definizioni della stimolazione biofisica.

Termine	Definizione
Stimolazione biofisica	Include metodiche per l'applicazione di una forza elettromagnetica, elettrica, meccanica-ultrasonora a una sede del tessuto scheletrico osso o cartilagine. È distinta dalle metodiche chimiche di osteoinduzione.
Corrente diretta, DC: metodica faradica.	Prevede l'impianto di un catodo nella sede di frattura e di un anodo nel sottocute. Viene erogata una corrente di 20 μ A.
Campi elettromagnetici pulsati, CEMP/PEMFs: metodica induttiva	Utilizza solenoidi posizionati sulla cute. Tipicamente viene erogato un campo magnetico variabile di ampiezza compreso tra 0,1 e 2 mT, ad una frequenza compresa fra i 16 e 75 Hz.
Campi elettrici, CCEF: metodica capacitiva.	Utilizza elettrodi di superficie posizionati sulla cute. Genera un segnale sinusoidale a 60 kHz ed eroga una densità di corrente elettrica nel sito di lesione di 15-30 μ A/cm ² .
Ultrasuoni pulsati a bassa intensità, LIPUS: metodica a ultrasuoni.	Genera ultrasuoni a 1,5 MHz, in treni di impulsi della durata di 200 μ s ad una frequenza di 1 kHz ed eroga una potenza media di 30 mW/cm ² .

La stimolazione biofisica in generale presenta il vantaggio teorico, rispetto alla somministrazione farmacologica, di produrre localmente un aumento costante di concentrazione di fattori di crescita senza impiego di ampie dosi iniziali, che possono accompagnarsi ad effetti tossici locali o sistemici. Studi sono in corso per identificare i vantaggi dell'impiego contemporaneo di fattori di crescita e stimoli fisici per favorire l'attività osteogenetica. Gli effetti biologici degli stimoli fisici sono dipendenti non solo dalla durata della esposizione ma anche dalla intensità e frequenza del segnale, un comportamento dose-risposta tipico anche dei farmaci.

IMPIEGO CLINICO DELLA STIMOLAZIONE BIOFISICA

La stimolazione biofisica deve essere impiegata esclusivamente quando è necessario favorire e/o aumentare l'attività osteogenetica locale; come abbiamo visto l'effetto terapeutico è riconducibile ad una aumentata sintesi endogena di fattori di crescita, quali le BMP (Tab. II).

È stato osservato che le mancate consolidazioni sono riconducibili soltanto nel 40% dei casi ad un deficit meccanico, mentre il rimanente 60% dipende da fattori biologici o biologico-meccanici combinati. Per garantire un'elevata percentuale di successo del trattamento biofisico è necessario individuare le ragioni per cui il processo riparativo osseo non è efficace e/o finalizzato. È fondamentale individuare, mediante una diagnosi differenziale, se il deficit osteogenetico è riconducibile a cause di origine meccanica, (immobilizzazione inadeguata, capi ossei non allineati, ampia perdita di sostanza ossea) o biologica (mancata attivazione del pool di cellule osteoprogenitrici, insufficiente produzione o sensibilità ai fattori di crescita): nel primo caso la soluzione dovrà prevedere un intervento chirurgico, mentre nel secondo caso il trattamento biofisico sarà indicato. Spesso, un trattamento combinato, chirurgia seguita immediatamente da stimolazione biofisica, rappresenta la soluzione più efficace (Fig. 2).

Il trattamento biofisico viene eseguito dal paziente al suo domicilio, quindi richiede un suo coinvolgimento, e una precisa aderenza alle indicazioni d'uso è fondamentale per il successo della terapia. Nella scelta della metodica da utilizzare (induttiva, capacitiva o ultrasuoni) è bene considerare quella in grado di garantire la maggiore *compliance* in considerazione della disponibilità/affidabilità del paziente; bisogna tener presente che trattamenti giornalieri brevi (< 3 ore) richiedono periodi di terapia prolungati 4-5 mesi,

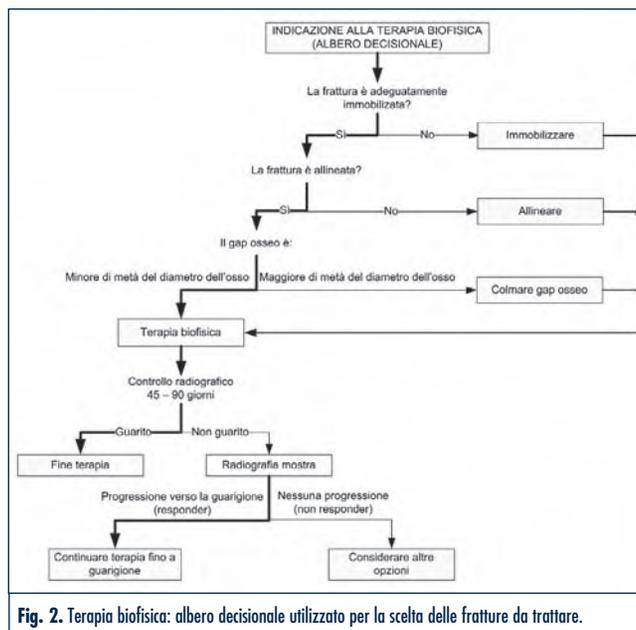


Fig. 2. Terapia biofisica: albero decisionale utilizzato per la scelta delle fratture da trattare.

rispetto ai 2-3 mesi richiesti in caso di terapie giornaliere superiori alle 5 ore. È buona norma utilizzare solo apparecchiature supportate da adeguata documentazione scientifica, onde evitare l'utilizzo di strumenti inefficaci o peggio con attività inibitoria dell'osteogenesi.

INDICAZIONI D'USO

Mancate consolidazioni

La stimolazione biofisica è stata inizialmente impiegata per favorire la consolidazione di fratture non ancora guarite da almeno 6-9 mesi dal trauma. In letteratura i risultati di numerosi studi clinici convergono nel confermare le iniziali osservazioni di Bassett¹¹; la terapia biofisica è in grado di portare a guarigione il 75-85% dei pazienti trattati¹²; questi valori sono confermati dalle esperienze cliniche condotte in Italia (Tab. III). In presenza di un trattamento ortopedico adeguato per immobilizzazione, allineamento e contatto dei capi di frattura, la terapia biofisica dovrebbe essere preferita ad un'alternativa chirurgica¹³ (Fig. 2). Gossling, per un confronto fra trattamento chirurgico e biofisico, ha eseguito la revisione di 42 lavori sul trattamento di mancate consolidazioni della tibia

Tab. II. Stimoli fisici e regolazione di TGF-beta/BMP.

Autore	Tecnica	Modello	Risultato
Nagai, 1994	Induttiva	Osteoblasti	↑ BMP-2, -4 mRNA
Yajima, 1996	Induttiva	Osteoblasti	↑ BMP-4, -5, -7 mRNA
Aaron, 1999	Induttiva	Ossificazione <i>in vivo</i>	↑ Differenziazione, TGF-β1
Lohmann, 2000	Induttiva	MG63 osteoblasti	↑ Differenziazione, TGF-β1
Fascina, 2006	Induttiva	SAOS-2 osteoblasti	↑ Proliferazione, TGF-β1
Guerkov, 2001	Induttiva	Osteoblasti da psuedoartrosi	↑ TGF-β1
Zhuang, 1997	Capacitiva	MC3T3	↑ Proliferazione, TGF-β1
Mukai, 2005	Ultrasuoni	Condrociti	↑ Proliferazione, TGF-β1

Tab. III. Terapia biofisica in Italia.

Autore	Metodica	Patologia	% di consolidazioni
Fontanesi, 1983	Induttiva	Mancate consolidazioni	88
Traina, 1986	Induttiva	Mancate consolidazioni	84
Rinaldi, 1985	Induttiva	Pseudoartrosi infette	75
Marchetti, 1988	Induttiva	Mancate consolidazioni	90
Marcer, 1984	Induttiva	Pseudoartrosi	73
Impagliazzo, 2006	Capacitiva	Pseudoartrosi	84
Meani, 2006	Ultrasuoni	Pseudoartrosi infette	85

comparsi su riviste *peer-reviewed*; in media il successo con il trattamento chirurgico era dell'82% (*range*: 70-100) e per il trattamento biofisico con tecnica induttiva dell'81% (*range*: 63-100) ¹. Entrando nel dettaglio egli osserva che la percentuale di successo con la chirurgia diminuisce drasticamente nel caso di ripetuti interventi e di infezione, mentre il numero di interventi o la presenza di infezione non influisce sul risultato della terapia biofisica ³. Cinque studi hanno confrontato direttamente l'efficacia della chirurgia al trattamento biofisico induttivo, in 4 la tecnica induttiva risultava superiore alla chirurgia in particolare in presenza di infezione ⁴.

Fratture recenti

La guarigione di una frattura recente può essere favorita mediante la terapia biofisica con campi elettromagnetici o con ultrasuoni. Studi prospettici, randomizzati e in doppio cieco dimostrano che è possibile ridurre in "media" del 25-30% il tempo necessario alla consolidazione ossea ³. Ad un'analisi approfondita si osserva che l'effetto del trattamento biofisico si manifesta soltanto su una parte della popolazione trattata: ovvero non tutti i pazienti traggono vantaggio dalla terapia. Fratture di tibia con decorso favorevole, che giungono a guarigione entro 70-90 giorni dal trauma, non risentono significativamente dell'effetto della terapia; mentre la "lenta evoluzione" di fratture, che richiedono oltre 4 mesi per guarire, è prevenuta dalla terapia biofisica, infatti, fra le fratture trattate tutte le guarigioni avvengono entro 120 giorni. Il trattamento di tutte le fratture recenti non è proponibile, considerato il loro numero; è invece proponibile la terapia biofisica di fratture recenti che per fattori locali (sede, morfologia, lesioni associate dei tessuti molli) o generali (malattie metaboliche, sistemiche, terapie, abitudini di vita, fumo) presentino un'elevata probabilità di "lenta evoluzione": sono queste le "fratture a rischio" che rappresentano il 20% di tutte le fratture, che possono complicarsi in ritardo di consolidazione o pseudoartrosi, 5-10% di tutte le fratture negli USA. Le probabilità che una frattura a rischio possa evolvere in una mancata consolidazione sono elevate (25-50%) e giustificano l'impiego della terapia biofisica, con un rapporto costo-beneficio assolutamente favorevole. Il maggior numero dei trattamenti biofisici oggi riguarda queste fratture, preferendo iniziare la terapia alle prime indicazioni radiografiche di un callo assente, scarso, poco mineralizzato, così da attuare un'efficace prevenzione.

Fontanesi ha dimostrato in 40 pazienti con frattura diafisaria di gamba che il tempo medio di guarigione nei pazienti di controllo era di 109 giorni, rispetto agli 85 di quelli in terapia con metodica

induttiva, Biostim: $p < 0,005$ ¹⁴. Betti nel 1997, in uno studio in doppio cieco, in pazienti con frattura di collo di femore trattata con viti, ha mostrato che ad almeno 6 mesi dall'intervento il 30% dei pazienti di controllo non era ancora guarito rispetto al 6% del gruppo trattato con Biostim: $p < 0,05$. Benazzo, in uno studio aperto su fratture da stress, in atleti stimolati con metodica capacitiva OrthoPak, ha osservato un accorciamento dei tempi di recupero funzionale e una percentuale di successo dell'88% ³. Heckman, in uno studio randomizzato e in doppio cieco, su 67 fratture recenti di tibia trattate con ultrasuoni pulsati a bassa intensità, Exogen, ha potuto accorciare il tempo di consolidazione del 24% (86 giorni nell'attivo vs. 114 giorni nel controllo: $p = 0,01$) ¹.

Un modello particolare di frattura recente è rappresentato dalle osteotomie, 3 studi in doppio cieco sono stati condotti in Italia, che hanno dimostrato un significativo accorciamento dei tempi di guarigione quando si utilizza il trattamento con campi elettromagnetici (Biostim). Il primo studio condotto in pazienti sottoposti ad osteotomia di femore ha dimostrato che, a 40 e a 90 giorni dall'intervento, la consolidazione era nettamente più avanzata nel gruppo trattato: $p < 0,05$. In un secondo studio, in pazienti sottoposti a osteotomia di tibia, si è osservato che il numero di pazienti guariti a 60 giorni dall'intervento nel gruppo trattato era 2,6 volte quello dei pazienti nel gruppo di controllo: $p < 0,04$. Nel terzo studio, in pazienti sottoposti ad innesti ossei omologhi dopo resezione tumorale, nel gruppo trattato si è osservato un accorciamento dei tempi di consolidazione delle osteotomie del 29%: $p < 0,05$ ^{3,12}.

Le fratture articolari

Nell'ambito delle fratture recenti "a rischio" particolare attenzione deve essere rivolta alle fratture articolari il cui trattamento è impegnativo per le problematiche relative alla ricostruzione chirurgica delle superfici articolari e per il mantenimento dell'integrità della cartilagine articolare. Soltanto la terapia biofisica con tecnica induttiva trova indicazione nel trattamento delle fratture articolari. I campi elettromagnetici pulsati permettono di trattare in modo omogeneo la frattura, il tessuto osseo sottocondrale e la cartilagine articolare nel suo spessore e nella sua estensione. È stato dimostrato come la terapia biofisica con I-ONE attraverso un effetto adenosino-agonista per il recettore A_{2A} permette di controllare i processi infiammatori a carico dell'ambiente articolare e di prevenirne gli effetti catabolici delle citochine pro-infiammatorie sulla cartilagine. Inoltre la terapia stimola la attività di sintesi di matrice extracellulare cartilaginea, in particolare di

proteoglicani. In studi sperimentali la terapia si è dimostrata efficace nel favorire la guarigione del tessuto osseo sottocondrale, prevenirne la sclerosi in presenza e impedire la degenerazione della cartilagine articolare ed infine lo svilupparsi di un quadro di osteoartrosi¹⁵.

Queste ricerche forniscono un importante supporto scientifico all'impiego della terapia biofisica nel trattamento di fratture articolari: recentemente Massari, in pazienti con frattura articolare del ginocchio, ha descritto il positivo effetto sui tempi di guarigione e sulla cartilagine articolare del trattamento con I-ONE rispetto al controllo.

Artrodesi vertebrali

La terapia biofisica del rachide è attuata 3 metodiche: induttiva, capacitiva e con elettrodi direttamente impiantati. L'impiego è mirato a favorire una precoce e rapida guarigione ed integrazione del trapianto osseo. L'efficacia della tecnica induttiva è stata dimostrata in diversi studi, tuttavia non si è diffusa in quanto risulta essere particolarmente impegnativa per il paziente. Attualmente il trattamento a livello del rachide è riservato soprattutto alla metodica capacitiva e in parte alla tecnica con elettrodi impiantati, quest'ultima soprattutto negli USA.

Un recente studio in doppio cieco, che ha coinvolto 179 pazienti,

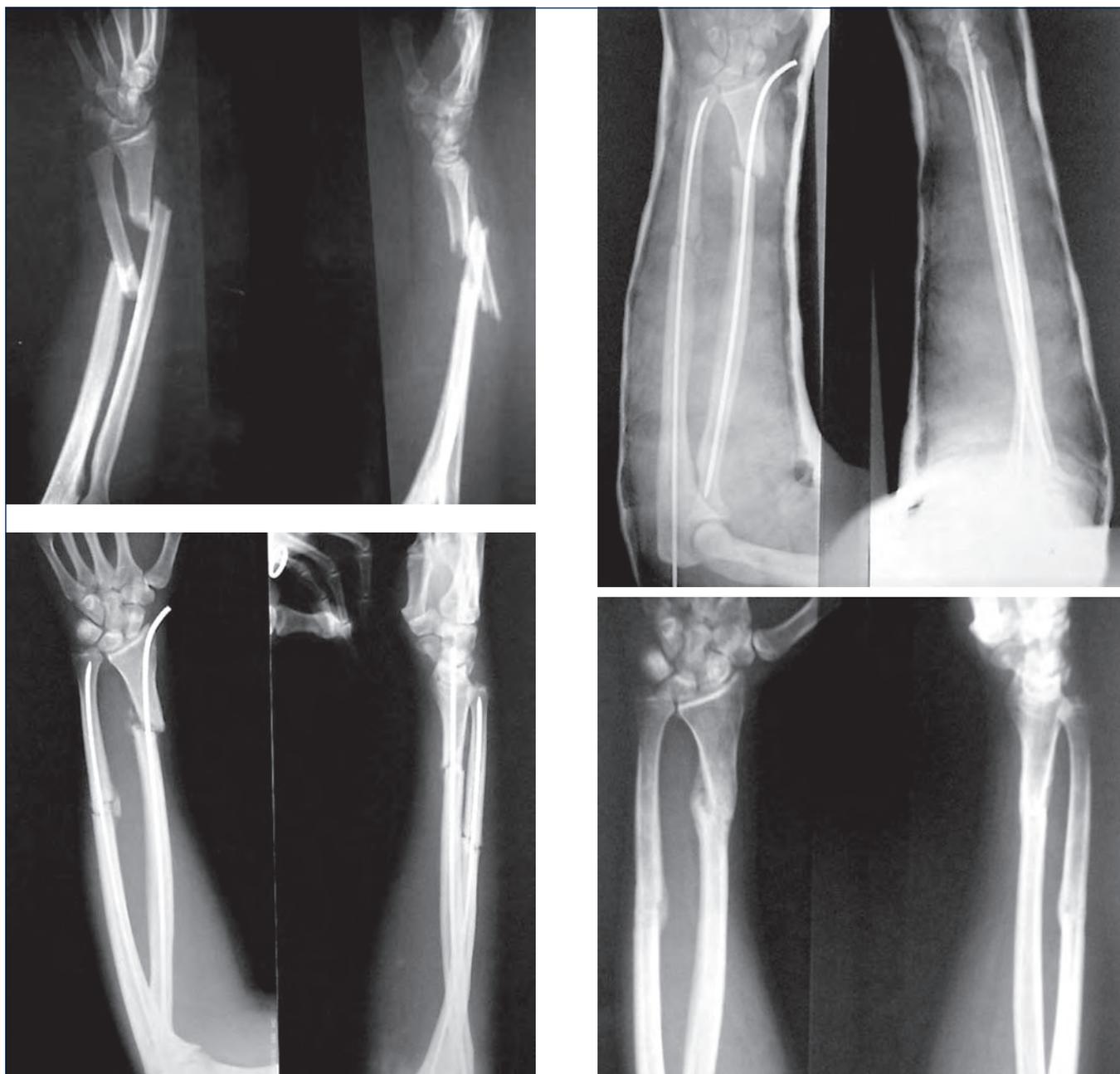


Fig. 3. Maschio di anni 20: a) frattura biossea, esposta, di avambraccio; b) sintesi endomidollare e apparecchio gessato; c) a 3 mesi dal trauma, assenza di callo osseo; inizia terapia biofisica con Osteobit; d) dopo 2 mesi di terapia, guarigione completa (per cortesia del prof. A. Impagliazzo).

ha dimostrato che con la metodica capacitiva (OrthoPak) la percentuale di successo (clinica-radiografica) aumenta dal 65% per il gruppo placebo all'84% per il gruppo trattato: $p < 0,01$ ¹¹². Questi dati sono stati recentemente confermati da uno studio multicentrico, in doppio cieco, condotto in Italia; rispetto al gruppo non trattato, la stimolazione, con metodica capacitiva (OsteoSpine), ha significativamente favorito il processo di fusione e il recupero funzionale del paziente: $p < 0,01$.

LA SCELTA DELLA METODICA

Abbiamo prima riportato le diverse indicazioni ed efficacia delle metodiche per attuare la terapia biofisica e osservato come il positivo risultato del trattamento dipenda dalla corretta indicazione e dalla diligente aderenza del paziente alle modalità di impiego indicate.

Nella scelta di impiego fra le diverse tecniche a disposizione, per la terapia biofisica delle mancate consolidazioni, bisogna tener presente che un trattamento giornaliero breve (20 minuti nel caso degli ultrasuoni) prevede un mantenimento del trattamento prolungato, 1 o 2 mesi in più rispetto a tecniche che invece prevedono un utilizzo per 6 o più ore al giorno. Nell'ambito delle metodiche induttive, trattamenti inferiori alle 5 ore al giorno portano a percentuali di successo nettamente inferiori rispetto a terapie giornaliere più lunghe: 60% vs. 90%.

La metodica a ultrasuoni e quella capacitiva richiedono di posizionare il sistema di stimolazione a contatto della cute, pertanto non possono essere impiegate in presenza di un gesso, a meno di creare un accesso. Il posizionamento degli ultrasuoni può risultare difficile per i pazienti anziani. A volte è necessario confermare mediante raggi X la corretta focalizzazione del fascio ultrasonoro. L'uso dei sistemi induttivi è difficile sul cinto scapolo-omerale, e sulle mani dove invece trova elettiva indicazione l'uso della tecnica capacitiva. In base a queste osservazioni e alla nostra esperienza la scelta fra le diverse metodiche si fonda sulle seguenti considerazioni (se la cute sul focolaio di frattura non è accessibile direttamente si devono utilizzare tecniche induttive).

La metodica induttiva è da preferire per il trattamento di:

- femore, testa del femore, anca;
- lesioni ossee molto estese;
- fratture con associato un importante danno ai tessuti molli;
- fratture articolari;
- lesioni cartilaginee;
- sempre in presenza di gesso.

La metodica capacitiva è da preferire per il trattamento di:

- cinto scapolo-omerale, omero prossimale;
- avambraccio, mano;
- piede;
- rachide.

La metodica a ultrasuoni è da preferire per il trattamento di:

- omero distale;
- avambraccio;
- tibia.

La presenza di mezzi di sintesi interni, esterni e di infezione non costituisce controindicazione all'impiego delle metodiche di terapia biofisica. La presenza di mezzi di sintesi interni può avere un effetto schermante sugli ultrasuoni; in presenza di una placca è bene effettuare la terapia dal lato opposto. Non è comunque consigliato l'utilizzo degli elettrodi impiantati in presenza di infezione.

CONCLUSIONI

Gli studi pre-clinici, condotti in questi anni, hanno evidenziato come l'effetto terapeutico degli stimoli fisici sia mediato da un aumento della sintesi endogena di fattori di crescita quali le BMP, e da uno stimolo proliferativo che determina una espansione del pool di cellule osteoprogenitrici. La comprensione del meccanismo attraverso cui la terapia biofisica agisce ha consentito di passare da una fase empirica ad un impiego consapevole fondato su solide basi razionali.

La stimolazione biofisica per la stimolazione dell'osteogenesi è un importante e affidabile strumento a disposizione del chirurgo ortopedico; il trattamento è supportato da valida ricerca clinica. La sua efficacia è stata ripetutamente dimostrata in studi prospettici, randomizzati e in doppio-cieco. Soltanto una corretta diagnosi e indicazione d'uso possono garantire il successo della terapia; pseudoartrosi atrofiche (a fiamma di candela), mal allineamenti, perdita di sostanza ossea ($> 1,5$ cm) richiedono un intervento chirurgico di correzione e solo successivamente si potrà iniziare il trattamento biofisico. Trapianti ossei, fattori di crescita possono essere utilizzati in associazione al trattamento biofisico aumentando l'efficacia di ciascuno. La terapia deve essere eseguita sotto diretto controllo ortopedico, dopo circa 45-90 giorni di terapia se non si osserva alcuna risposta all'indagine radiografica soluzioni terapeutiche diverse dovranno essere prese in considerazione.

La scelta fra le diverse metodiche dipende da sede, caratteristiche della lesione, tecnica di immobilizzazione; in presenza di mezzi di sintesi interni la stimolazione elettromagnetica può risultare vantaggiosa rispetto agli ultrasuoni. La terapia trova indicazione nel trattamento di fratture recenti che, in base all'esperienza, alle loro caratteristiche o alla concomitanza di altre patologie richiederanno prevedibilmente tempi lunghi di guarigione. La presenza di lesioni cartilaginee, nel caso di fratture articolari, è un'indicazione elettiva al trattamento con tecnica induttiva per prevenire la precoce insorgenza di un quadro artrosico.

La stimolazione biofisica deve essere attuata soltanto con strumenti di provata efficacia e sicurezza biologica, con le modalità e i dosaggi indicati in letteratura e sono da evitare le tanto pubblicizzate "magnetoterapie". La terapia biofisica costituisce un nuovo e importante settore della biofisica applicata alla patologia umana dove l'impiego in ortopedia è stato il primo importante esempio. La comprensione dei meccanismi biofisici che regolano le funzioni dei tessuti connettivali, non potrà che ampliare le indicazioni d'uso della terapia biofisica, primo fra tutti il tessuto cartilagineo.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Nelson FR, Brighton CT, Ryaby J, et al. *Use of physical forces in bone healing*. J Am Acad Orthop Surg 2003;11:344-54.
- ² Black J. *Electrical stimulation: its role in growth, repair, and remodelling of the musculoskeletal system*. New York: Praeger 1987.
- ³ Consensus Conference. *Impiego della stimolazione elettrica e magnetica in ortopedia e traumatologia*. Ital J Orthop Traumatol 1998;24:13-31.
- ⁴ Anglen J. *The clinical use of bone stimulators*. J South Orthop Assoc 2003;12:46-54.
- ⁵ Aaron Roy K, Bolander Mark E. *Physical regulation of skeletal repair*. Rosemont (IL): American Academy of Orthopaedic Surgeons 2005.
- ⁶ Aaron RK, Ciombor DM, Wang S, et al. *Clinical biophysics: the promotion of skeletal repair by physical forces*. Ann N Y Acad Sci 2006;1068:513-31.
- ⁷ Hung AJ, Gemperli MP, Bergthold L, et al. *Health plans' coverage determination for technology-based interventions: the case of electrical bone growth stimulation*. Am J Manag Care 2004;10:957-62.
- ⁸ Aaron RK, Boyan BD, Ciombor DM, et al. *Stimulation of growth factor synthesis by electric and electromagnetic fields*. Clin Orthop Relat Res 2004;(419):30-7.
- ⁹ Massari L, Benazzo F, Mattei M, et al. *Effects of electrical physical stimuli on articular cartilage*. JBJS 2007.
- ¹⁰ Fassina L, Visai L, Benazzo F, et al. *Effects of electromagnetic stimulation on calcified matrix production by SAOS-2 cells over a polyurethane porous scaffold*. Tissue Eng 2006;12:1-15.
- ¹¹ Bassett CA, Mitchell SN, Gaston SR. *Pulsing electromagnetic field treatment in ununited fractures and failed arthrodeses*. JAMA 1982;247:623-8.
- ¹² Aaron KR, Ciombor DM, Simon BJ. *Treatment of nonunions with electric and electromagnetic fields*. Clin Orthop Relat Res 2004;(419):21-9.
- ¹³ Impagliazzo A, Mattei A, Spurio Pompili GF, et al. *Treatment of ununited fractures with capacitively coupled electric field*. J Orthopaed Traumatol 2006;7:16-22.
- ¹⁴ Fontanesi G, Traina GC, Giancetti F, et al. *Slow healing fractures: can they be prevented?* Ital J Orthop Traumatol 1986;12:371-85.
- ¹⁵ Fini M, Giavaresi G, Carpi A, et al. *Effects of pulsed electromagnetic fields on articular hyaline cartilage: review of experimental and clinical studies*. Biomed Pharmacother 2005;59:388-94.

New biotechnologies for the stimulation of bone repair

T.W. Axelrad, T.A Einhorn

SUMMARY

Fracture healing is a complex process that is influenced by patient compliance, fracture stability, nutritional status, and patient health. The time taken to achieve radiographic healing, even under ideal circumstances, can take anywhere from 4-13 months, and varies depending on the type of fracture and location of the injury. The benefits of enhancing fracture healing are numerous and can result in faster recovery and return to work, decrease the risk of non-union, aid in healing of a non-union or delayed union. Certain fractures are at higher risk of non-union or have greater complication rates when there is a failure to heal and could specifically benefit from supplementation. Hip fractures in osteoporotic women and scaphoid fractures each have a high rate of non-union, and early supplementation of these at risk fractures could reduce morbidity. Clavicle fractures typically heal with minimal intervention, however, non-unions do occur. When treated surgically for non-union, these fractures have a high complication rate. Biological supplementation with bone morphogenetic protein-2 (BMP-2) or BMP-7 (OP-1) have shown promise in clinical use, while several compounds, including growth hormone (GH) and TP508, have had varying success in clinical trials.

INTRODUCTION

Fracture healing is a complex process that requires both mechanical and physiologic components for optimal bony union. The biologic events that occur at the site of injury include hematoma formation, recruitment and transformation of mesenchymal cells, induction of angiogenesis, and the production and remodeling of the extracellular matrix. Instability at the fracture site has been shown to impair or delay fracture union. External splints or internal fixation are typically used in the management of acute fractures, with good results. With stability in place, the biological pathways that are initiated when a fracture occurs can proceed.

It has been estimated, however, that 10% of the nearly 7.9 million fractures that occur annually in the U.S. will exhibit some form of impaired healing¹. The rate at which bony union occurs is also influenced by multiple factors related to patient compliance, fracture stability, nutritional status, and patient health². The costs associated with complications can be immense and result in lost productivity of the patient, chronic pain and instability, and the need for repeated surgical procedures to stimulate the healing process. Taken together, these factors have fueled the research for alternatives or supplements for the treatment of fractures, as mechanical stability alone may not be sufficient to achieve optimal healing.

Biophysical stimulation of fracture healing, including ultrasound and electrical treatments have been well-described^{3,4}. Advances in the biological enhancement of fracture healing, however, remain mostly in the development stages, with few clinically proven applications available to the clinician. Those that have entered the clinical marketplace include peptide growth factors such as the bone morphogenetic proteins (BMPs), transforming growth factor beta (TGF β), platelet derived growth factor (PDGF), and vascular endothelial growth factor⁵⁻⁷. It is our aim to outline the use of these compounds in both the laboratory and in clinical trials, as well as explore other avenues which are being developed to stimulate skeletal repair.

LOCAL OSTEOINDUCTIVE. GROWTH FACTORS

Bone morphogenetic proteins

Bone morphogenetic proteins, originally described by Marshall Urist, are a group of at least 18 proteins (15 occurring in humans) that belong to the transforming growth factor beta family. Of these proteins, only BMP 2-7, 9, and 14 have been shown to be osteoinductive. Each of these proteins has the potential for clinical use in fracture healing and several are in clinical trials or have received approval for limited use in the U.S. and Europe.

BMP-7, also known as osteogenic protein-1 (OP-1) (Stryker Biotech), has been approved for limited use in the U.S. under the FDA Human Device Exemption for recalcitrant non-unions of long bones as well as revision spinal fusions where autologous bone grafting is not feasible. Non-unions pose a special problem in orthopaedics in that the fracture site has become avascular and cells necessary for new bone formation are quiescent. The osteogenic properties of OP-1 were demonstrated by Makino et al. in a series of experiments in which rhOP-1 was used to induce fracture healing in a non-union model. Rat femurs were surgically fractured and the periosteum was removed. They then received a single dose of either rhOP-1 in rat-tail collagen as the vehicle or vehicle only. At six weeks all of the rhOP-1 treated fractures had healed, while none of the control fractures treated with vehicle alone had healed at either 6 or 8 weeks⁸.

Several clinical trials, including one by Friedlander et al., confirmed much of the animal data. They evaluated 124 patients with a tibial non-union who each underwent intramedullary nailing of their fracture⁹. They randomized the patients to receive either autograft or rhOP-1 embedded in a type-1 collagen delivery vehicle at the fracture site. At nine months follow-up, 81% of the OP-1 treated patients and 85% of the autograft treated patients were able to bear full weight with less than severe pain on the affected leg. This has clinical significance since the morbidity of autograft is quite high, with nearly 80% of patients complaining of donor site pain that was graded as moderate to severe. A smaller study of 23 patients with humeral atrophic non-union treated with surgical fixation found no

Department of Orthopaedic Surgery, Boston University Medical Center, Boston, MA, USA

difference between subjects augmented with bone graft or demineralized bone matrix (DBM) containing 3.5 mg of rhOP-1¹⁰. BMP-2 is another member of the TGF family that has been approved by the FDA for specific clinical indications. Experiments in mice that lack expression of BMP2 in the limbs only found that it was indispensable to bone growth and mineralization after birth¹¹. The mice also showed a propensity for fractures of the limb that showed no evidence of healing by 28 weeks. Expression of other BMPs, such as BMP7 and BMP4, in the BMP2 deficient mice found that the mRNA levels were present in levels similar to controls. Taken together, it is likely that BMP2 is required for the initiation of fracture healing, even in the presence of other osteogenic molecules. We have conducted *in vivo* studies that have shown that a single percutaneous injection of rhBMP2 was able to accelerate fracture healing of closed mid-shaft femoral fractures in Sprague-Dawley rats¹². At 4 weeks after injection, the strength of the bone was also significantly greater in treatment group, and was equivalent to the unfractured femur from the untreated animals. Furthermore, histological analysis showed that the fracture callus

of the rhBMP2 group was consistently larger than controls and bridging of the callus was seen circumferentially. Recently, a large prospective and randomized study using rhBMPs was conducted containing 450 patients who had sustained an open tibial shaft fracture.¹³ Each patient was treated with an intramedullary nail with or without placement of a collagen type 1 sponge containing either 0.75 mg/mL or 1.50 mg/mL of rhBMP-2. Patients treated with 1.5 mg/ml were found to have improvements in wound healing, reduced infection rates, an accelerated time to union, and a decreased need for invasive procedures. Our experience with the commercially available BMP-2 (Infuse) has had good results in most cases. The patient in Figure 1 sustained a gunshot wound to the left forearm and had a large segmental defect of midshaft of the radius. After fixation with a plate, a single Infuse sponge was placed in the defect. Follow-up radiographs one year later show bridging callus and abundant new bone formation.

Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF)

VEGF is a molecule that specifically induces new blood vessel

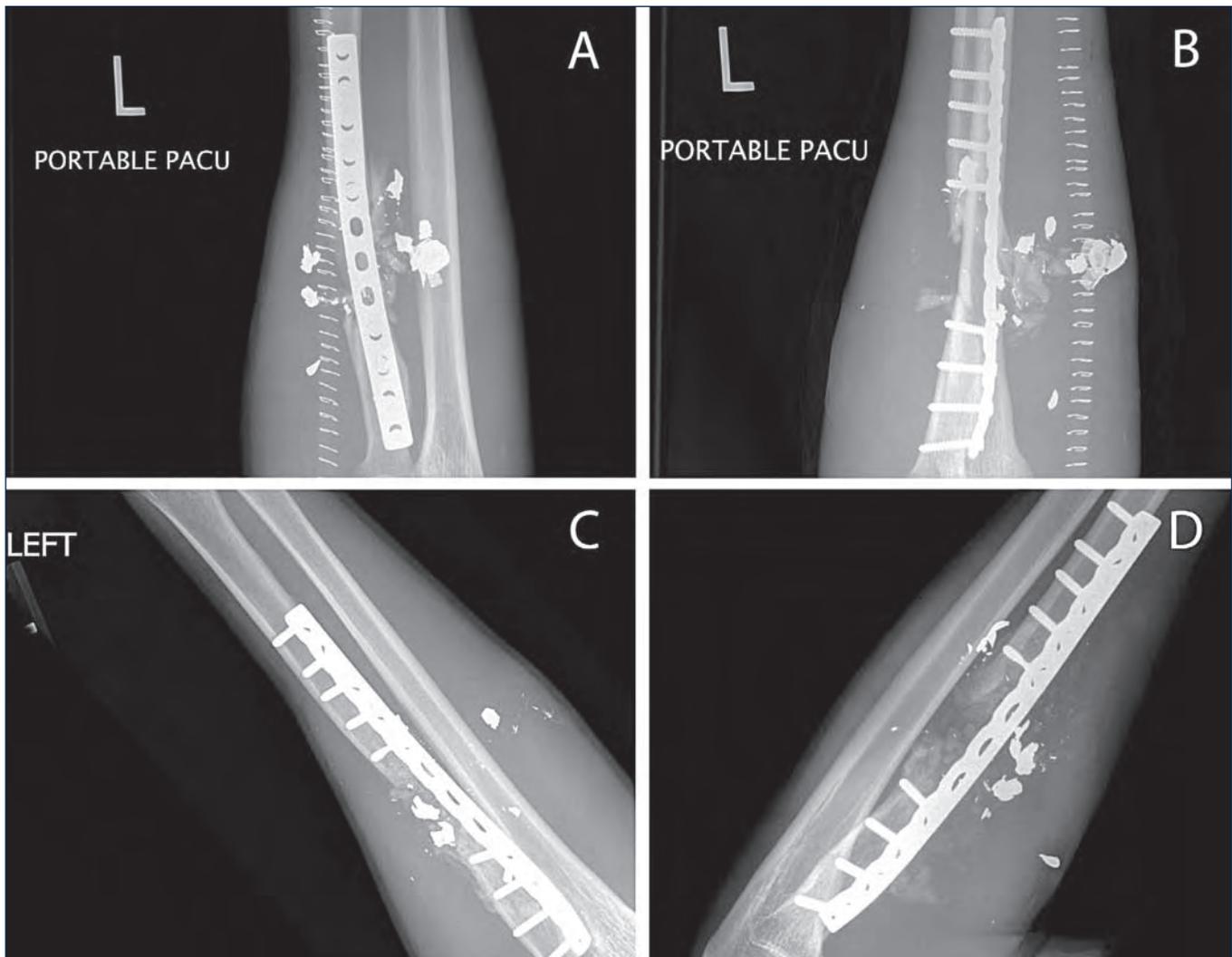


Fig. 1. Post operative imaging of mid-shaft radius fracture after gunshot wound to the forearm (A and B) at one year after surgery, which involved implantation of BMP-2, there is significant bone formation at the site of fracture with evidence of bridging callus (C and D).

formation. Interest in its use in fracture healing is due to the robust vascular response seen in a healing fracture and the lack of new vessel growth seen in atrophic non-unions.

Several studies have shown that VEGF plays a crucial role in fracture healing in animal models^{5 14 15}. Inhibiting VEGF causes a decrease in angiogenesis, but also in bone formation, and callus mineralization in rabbits and mice. Street et al. used a neutralizing antibody to the VEGF receptor flt-1 in a study of intramembranous bone healing. They subjected mice to femur fracture, as a model of endochondral bone healing. Animals treated with neutralizing antibodies to flt-1 were found to have a decrease of 35.5% in the total callus size at 7 days when compared to control. Differences in callus size were not seen at 14 days, however, the percent of callus that was calcified was decreased by 10.6% at 7 days and this had increased to 19.4% at 14 days. They also created tibial cortical defects, with delay in the remodeling from lamellar bone to cortical bone seen in the anti-body treated mice⁵.

VEGF was shown to have a direct effect for on the enhancement of bone healing in a recent study by Eckardt et al. Their study demonstrated that recombinant VEGF could enhance bone healing *in vivo*. They used a rabbit model for nonunion and found that fracture strength at seven weeks was identical between VEGF treated and autograft, while vehicle treated osteotomies failed to unite at this time¹⁶. Clinical trials using VEGF in fracture healing have not yet been published. There has been, however, significant interest in VEGF use in other areas, including the treatment of cardiovascular disease. Eleven phase I or II clinical trial have been conducted or are in progress each evaluating adenoviral mediated VEGF delivery for ischemic heart disease¹⁷. Results of the safety and efficacy of these trials will aid in initiating any trial interested in examining fracture healing.

Platelet Derived Growth Factor (PDGF)

PDGF is involved in the inflammatory process similar to VEGF and the BMPs, and it is known to induce chemotaxis and mitosis in osteoblasts. A recombinant form, rhPDGF (Regranex gel 0.01%, Ethicon, Inc, Somerville, NJ), has been used with success as a topical solution in the treatment of diabetic foot ulcers. Its efficacy was shown in a study of 382 patients with type 1 or type 2 diabetes with chronic foot ulcers in which those patients treated with rhPDGF the wounds healed 32% sooner than controls¹⁸. Adverse events were rare and similar between the two groups. A similar study by Wieman et al. showed that rhPDGF was effective in healing foot ulcers and preventing amputation. This was a large study including 24,898 patients with diabetic foot ulcers, of which 2394 patients received rhPDGF. The relative risk for healing an ulcer while using rhPDGF was 1.32 and while the risk of amputation was 0.65¹⁹. Nevins et al. conducted a clinical trial using rhPDGF to induce bone growth in periodontal osseous defects. They filled the space with bone graft substitute beta-tricalcium phosphate containing either 0.3 or 1 mg/ml of rhPDGF or vehicle alone. They then measured the level of bone growth at three and six months. Their findings indicated that there was no significant difference between the high dose and the control group at 3 months with regard to the level of attachment gingival attachment to the enamel (CAL). There was,

however, a significant gain in the percent bone fill at 6 months in both the low and high dose rhPDGF as measured radiographically, as well as the gain at 3 months in CAL at the lower dose²⁰. The findings in this study suggested that there are optimal concentrations of rhPDGF for induction of bone growth, above which, there is an absence of clinical response. It has also been shown that pulsed delivery of PDGF is able to stimulate bone growth, while constant release was inhibitory²¹. These results all indicate that there is both an optimal concentration and time during bone regeneration to deliver rhPDGF, and elucidating this combination with an effective means of delivery, will likely result in improved clinical results.

SYNTHETIC MOLECULES

TP508

Thrombin is a ligand for the G-protein-coupled cell surface receptor and is a potent stimulator of platelets. Once activated, platelets congregate at the site of injury and play a vital role in the recruitment and activation of fibroblasts, endothelial cells, and osteoprogenitor cells through the release of stored cytokines such as TGF β , PDGF, VEGF, and bFGF^{22 23}.

A small fragment of thrombin, TP508, (Chrysalin, OrthoLogic, Tempe, Arizona), has been extensively studied in the lab as an adjuvant for both fracture repair and wound healing. TP508 contains a binding site for a specific class of receptors on fibroblasts and other cells. It was recently shown that a single injection of either 1 or 10 μ g TP508 injected into internally fixed femoral fractures of Sprague-Dawley rats was capable of accelerating fracture repair²⁴. The authors found that both doses resulted in a significant increase in blood vessels size within the fracture callus when compared to control. Interestingly, only the low-dose actually increased the number of blood vessels, with a 41% increase seen at 3 weeks post-fracture. Microarray analysis of fracture callus at day one showed significant increases in most of the angiogenic and bone growth factors including IL-12, INF γ , and IL-1 β . At day two, bFGF, one of the most potent activators of angiogenesis, is upregulated. Taken together, this data indicates that TP508 induces multiple pathways, with INF γ capable of activating local macrophages, and bFGF initiating the angiogenic cascade that is necessary for new bone formation. The robust response of the tissue to the single injection of TP508 indicates that it has good potential as a therapeutic tool in fracture repair. A phase I/II clinical trial of 90 patients has been conducted to study the effects of a single injection of low dose (10 g/ml), high dose (100 g/ml) TP508, or vehicle alone into the fracture site at the time of surgery²⁵. Reported results indicate that the lower dose resulted in radiographic healing of fractures occurring 13.1 days faster in 70% of the cases. Adverse events were similar in all groups. A recent press release by Orthologic Corp on its phase 3 trial with regards to distal radius fracture repair reported that no significant differences were found with regards to the primary endpoint of time to removal of immobilization. The results of radiographic healing of the fractures, a secondary endpoint, were similar to Phase 2 clinical. They found that time to cortical bridging, showed a statistically significant benefit for Chrysalin-treated subjects ($p = 0.049$). The results of these clinical trials are

not surprising as fractures of the distal radius have a high rate of union, with reported rates of non-union of 0-0.2%²⁶. It is possible that clinical trials directed towards fracture types with a higher rate of non-union or time to union will result in improved results.

HMG-CoA reductase inhibitors (statins)

HMG-CoA reductase inhibitors are lipid-lowering drugs that inhibit cholesterol synthesis by blocking mevalonic acid production. Mevalonic acid is a precursor for both cholesterol and geranylgeranyl pyrophosphate (GGPP). Multiple intracellular pathways in osteoclast depend on the actions of GGPP, including those involved in maturation. By blocking these pathways, fracture repair may proceed through increased bone formation secondary to a decrease in bone turnover.

Oral simvastatin use has been shown to increase bone mineral density in several human studies and subsequent animal studies have supported these results. With regards to fracture healing, Skoglund et al. tested simvastatin in a mouse model of femur fracture²⁷. They produced internally stabilized femur fractures in 81 mature BALB/c mice. Half of these mice then received a daily oral dose of 120 mg/kg of simvastatin for up to 21 days. Their results showed that at day 14, the mechanical strength of the simvastatin group was 63% greater than in the control mice and the callus was 53% larger. While their study did not find a continuation of these trends at 21 days, their study demonstrated that simvastatin could be effecting in accelerating the healing process

The statins currently in use target the liver, and much of the drug that is absorbed is not available for use in the bone. Development of statins that target the bone might generate more convincing evidence for their involvement in bone remodeling. Two recent studies have furthered this hypothesis. Adah et al. performed *in vivo* experiments with rats to determine if locally placed tricalcium phosphate lysine (TCPL) cement embedded with a statin. They created 2 cm femoral osteotomies that were then stabilized and supplemented with or without (sham) TCPL containing vancomycin with or without statin, or vehicle alone²⁸. Animals were then sacrificed 12 weeks for histological analysis. Visual and histomorphologic analysis demonstrated increased bone formation when compared to the sham or TCPL treated femurs. Reproductive hormone levels and body weight, measured throughout the experiment, were similar between all groups, indicating that the local release of statin did not have significant systemic effects. Garrett et al. combined lovastatin with biodegradable polymer nanobeads of poly(lactic-co-glycolide acid) and injected this mixture into femur fractures in rats²⁹. At four weeks they noticed a decrease in the fracture gap as measured by microcomputed tomography. Clinical trials are necessary to determine if these animal studies will translate into clinically significant gains in fracture healing.

SYSTEMIC TREATMENT

Growth hormone

Growth hormone, in combination with other growth factors such as insulin like growth factors, is involved in the daily physiologic remodeling of the skeleton as well as having significant anabolic

effects. Its actions are thought to be through stimulation of osteoblastic cells and induction of angiogenesis. Individuals with increase production of GH, such as in acromegaly, have increase bone mass and a decreased fracture risk. The opposite effect is seen in growth hormone deficient states³⁰.

Fracture repair in animal studies supplemented with recombinant growth factor have shown promising results³¹. Yucatan pigs subjected to 1 cm tibial bone defects were treated with daily subcutaneous injections of either 100 µg/kg of r-pGH or saline control for 6 weeks. The treatment group had a significant increase in bone mineral content while no difference was seen in bone mineral density. The physical strength of the fractured bone was also significantly greater in the treated animals. Both torsional failure load and torsional stiffness were increased by 70% and 83% respectively.

The effects of upregulation of GH are seen with an increase in the anabolic state and result in stimulation in wound healing preservation of lean body mass. Clinical trials have been conducted in both trauma and post surgical patients using GH to attempt to modulate the catabolic state that occurs in these situations. These studies have shown conflicting results, but have demonstrated that GH treatment has a low incidence of adverse events. Recently, a large, randomized, double-blind trial was conducted using varying concentrations of growth hormone (15, 30, or 60 µg/kg) or placebo alone in the treatment of open and closed tibial fractures treated with intramedullary nail³⁰. Treatments were started within three days of surgical fixation and continued until radiographic healing was obtained or until 16 weeks post operatively, whichever came first. Results at 12 months did not show a positive correlation between GH treatment and time to fracture healing. A post hoc analysis of closed tibial fractures, however, found a significant decrease in the time to radiographic healing in the 60 µg/kg treated individuals, with fractures healing on average at 95 days compared to 129 days in the control group. Another important finding was that there were no differences in major adverse events noted in this study, with edema and transient arthralgias being the only significant complaints. The positive results in closed fractures will need to further studied, and it is likely that these and other results will encourage further research in this area.

PTH

Calcium homeostasis is maintained in large part due to the effects of parathyroid hormone (PTH). When serum calcium levels are low, PTH is secreted by the parathyroid gland that then stimulates the small intestine to increase calcium absorption, while suppressing calcium loss in the kidneys. It also acts on osteoclasts, through the direct activation of osteoblasts, to increase bone turnover and release of calcium from the bone.

The physiologic effects of continuous exposure to PTH result in increased bone turnover and a decrease in bone mass, and this would not seem productive in fracture healing. Intermittent dosing of PTH, however, may result in improved bone remodeling and an increase in bone formation. This may occur as the initial dose of PTH would result in upregulation of osteoclast activity, while the subsequent removal of PTH would have little effect on the osteoblast that could then rebuild the defects created by the now quiescent osteoclast. Andreassen et al. treated rats with tibial fractures with

intermittent doses of either 60 or 200 µg/kg/day of PTH (1-34)³². They found that 20 days of treatment with the higher dose resulted in an increase in fracture callus volume and ultimate load strength of 75% and 99%, respectively. By 40 days, load strength was increased by 175% when compared to controls.

Recombinant human parathyroid hormone (rhPTH [1-34]), has been approved in several countries for treating postmenopausal osteoporosis and is marketed under the trade name FORTEO®. Side effects have included mild increases in serum calcium levels, but the real concern is with the potential for enhancement of tumor formation. Intermittent dosing of PTH (1-34) stimulates proliferation of osteoblasts, and could potentially result in the clonal expansion of pre-cancerous cells. Experiments in which rats received nearly one-half a lifetime of injections of PTH (1-34) had a higher incidence of osteosarcoma in³³. Long-term follow-up will be necessary to completely eliminate these concerns. Clinical trials to test the efficacy of PTH for enhancing skeletal repair are currently underway.

CONCLUSION

The treatment of fractures is rapidly evolving and in many instances, supplementation of surgical repair is becoming the standard of practice. Many biological treatments that have shown promise in the laboratory have now had promising results in clinical trials of fracture repair. It is likely that the options available to treat fractures will grow exponentially, resulting from increased interest and research in this area as the compounds currently in use continue to prove to be safe and effective in treating the most difficult fractures.

REFERENCES

- Praemer A, Furner S, Rice DP. *Musculoskeletal conditions in the United States*. 1st ed. Park Ridge, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons 2006.
- Einhorn TA, Bonnarens F, Burstein AH. *The contributions of dietary protein and mineral to the healing of experimental fractures. A biomechanical study*. J Bone Joint Surg Am 1986;68:1389-95.
- Gebauer D, Mayr E, Orthner E, et al. *Low-intensity pulsed ultrasound: effects on nonunions*. Ultrasound Med Biol 2005;31:1391-402.
- Simonis RB, Parnell EJ, Ray PS, et al. *Electrical treatment of tibial nonunion: a prospective, randomised, double-blind trial*. Injury 2003;34:357-62.
- Street J, Bao M, deGuzman L, et al. *Vascular endothelial growth factor stimulates bone repair by promoting angiogenesis and bone turnover*. Proc Natl Acad Sci USA 2002;99:9656-61.
- Lieberman JR, Daluiski A, Einhorn TA. *The role of growth factors in the repair of bone. Biology and clinical applications*. J Bone Joint Surg Am 2002;84A:1032-44.
- Khan SN, Bostrom MP, Lane JM. *Bone growth factors*. Orthop Clin North Am 2000;31:375-88.
- Makino T, Hak DJ, Hazelwood SJ, et al. *Prevention of atrophic nonunion development by recombinant human bone morphogenetic protein-7*. J Orthop Res 2005;23:632-8.
- Friedlaender GE, Perry CR, Cole JD, et al. *Osteogenic protein-1 (bone morphogenetic protein-7) in the treatment of tibial nonunions*. J Bone Joint Surg Am 2001;83A(Suppl.1):151-8.
- Bong MR, Capla EL, Egol KA, et al. *Osteogenic protein-1 (bone morphogenetic protein-7) combined with various adjuncts in the treatment of humeral diaphyseal nonunions*. Bull Hosp Jt Dis 2005;63:20-3.
- Tsuji K, Bandyopadhyay A, Harfe BD, et al. *BMP2 activity, although dispensable for bone formation, is required for the initiation of fracture healing*. Nat Genet 2006;38:1424-9.
- Einhorn TA, Majeska RJ, Mohaideen A, et al. *A single percutaneous injection of recombinant human bone morphogenetic protein-2 accelerates fracture repair*. J Bone Joint Surg Am 2003;85A:1425-35.
- Govender S, Csimma C, Genant HK, et al. *Recombinant human bone morphogenetic protein-2 for treatment of open tibial fractures: a prospective, controlled, randomized study of four hundred and fifty patients*. J Bone Joint Surg Am 2002;84A:2123-34.
- Tarkka T, Sipola A, Jamsa T, et al. *Adenoviral VEGF-A gene transfer induces angiogenesis and promotes bone formation in healing osseous tissues*. J Gene Med 2003;5:560-6.
- Geiger F, Bertram H, Berger I, et al. *Vascular endothelial growth factor gene-activated matrix (VEGF165-GAM) enhances osteogenesis and angiogenesis in large segmental bone defects*. J Bone Miner Res 2005;20:2028-35.
- Eckardt H, Ding M, Lind M, et al. *Recombinant human vascular endothelial growth factor enhances bone healing in an experimental nonunion model*. J Bone Joint Surg Br 2005;87:1434-8.
- Yla-Herttuala S, Rissanen TT, Vajanto I, et al. *Vascular endothelial growth factors: biology and current status of clinical applications in cardiovascular medicine*. J Am Coll Cardiol 2007;49:1015-26.
- Wieman TJ, Smiell JM, Su Y. *Efficacy and safety of a topical gel formulation of recombinant human platelet-derived growth factor-BB (becaplermin) in patients with chronic neuropathic diabetic ulcers. A phase III randomized placebo-controlled double-blind study*. Diabetes Care 1998;21:822-7.
- Margolis DJ, Bartus C, Hoffstad O, et al. *Effectiveness of recombinant human platelet-derived growth factor for the treatment of diabetic neuropathic foot ulcers*. Wound Repair Regen 2005;13:531-6.
- Nevins M, Giannobile WV, McGuire MK, et al. *Platelet-derived growth factor stimulates bone fill and rate of attachment level gain: results of a large multicenter randomized controlled trial*. J Periodontol 2005;76:2205-15.
- Hsieh SC, Graves DT. *Pulse application of platelet-derived growth factor enhances formation of a mineralizing matrix while continuous application is inhibitory*. J Cell Biochem 1998;69:169-80.
- Anitua E, Andia I, Ardanza B, et al. *Autologous platelets as a source of proteins for healing and tissue regeneration*. Thromb Haemost 2004;91:4-15.
- Valeri CR, Saleem B, Ragno G. *Release of platelet-derived growth factors and proliferation of fibroblasts in the releasates from platelets stored in the liquid state at 22 degrees C after stimulation with agonists*. Transfusion 2006;46:225-9.
- Sheller MR, Crowther RS, Kinney JH, et al. *Repair of rabbit segmental defects with the thrombin peptide, TP508*. J Orthop Res 2004;22:1094-9.
- Ryaby JT, Sheller MR, Levine BP, et al. *Thrombin peptide TP508 stimulates cellular events leading to angiogenesis, revascularization, and repair of dermal and musculoskeletal tissues*. J Bone Joint Surg Am 2006;88(Suppl.3):132-9.
- Prommersberger KJ, Fernandez DL. *Nonunion of distal radius fractures*. Clin Orthop Relat Res 2004;(419):51-6.
- Skoglund B, Forslund C, Aspenberg P. *Simvastatin improves fracture healing in mice*. J Bone Miner Res 2002;17:2004-8.
- Adah F, Benghuzzi H, Tucci M, et al. *Effects of sustained release of statin by means of tricalcium phosphate lysine delivery system in defect and segmental femoral injuries on certain biochemical markers in vivo*. Biomed Sci Instrum 2006;42:126-35.
- Garrett IR, Gutierrez GE, Rossini G, et al. *Locally delivered lovastatin nanoparticles enhance fracture healing in rats*. J Orthop Res 2007 (in press).
- Raschke M, Rasmussen MH, Govender S, et al. *Effects of growth hormone in patients with tibial fracture: a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial*. Eur J Endocrinol 2007;156:341-51.
- Raschke M, Kolbeck S, Bail H, et al. *Homologous growth hormone accelerates healing of segmental bone defects*. Bone 2001;29:368-73.
- Andreassen TT, Ejersted C, Oxlund H. *Intermittent parathyroid hormone (1-34) treatment increases callus formation and mechanical strength of healing rat fractures*. J Bone Miner Res 1999;14:960-8.
- Reeve J. *Recombinant human parathyroid hormone*. BMJ 2002;324(7335):435-6.

Le fratture dell'acetabolo

Acetabular fractures

M. Oransky, M. Nannerini, F. Lamponi, M. Tortora

Nel 1955 Robert Judet insieme a Emile Letournel iniziarono il trattamento chirurgico delle fratture dell'acetabolo. Il loro lavoro cambiò le prospettive e la prognosi di questi pazienti. L'immagine negativa associata al trattamento conservativo di queste fratture fu radicalmente mutata, a patto che fosse ottenuta la riduzione anatomica: si ottenne, infatti, un'importante riduzione dell'incidenza dell'artrosi post-traumatica.

I principi universali riconosciuti nel trattamento delle altre fratture articolari, e cioè la riduzione anatomica ed il precoce ripristino della motilità, non solo rimangono principi validi nel trattamento di questo tipo di frattura, ma acquisiscono un'importanza ancora maggiore e devono essere ricercati con ancora maggiore rigore ed accuratezza, in quanto la tolleranza dei difetti di riduzione in questa articolazione appare ridotta e determina un aumento dell'incidenza di risultati non buoni. Una riduzione anatomica ed un'osteosintesi perfetta garantiscono più dell'80% di risultati ottimali, vale a dire di articolazioni coxofemorali assolutamente normali. Certamente il trattamento di queste fratture resta difficile ed impegnativo. Questa chirurgia deve essere applicata presso centri terziari provvisti delle adeguate risorse umane. È necessario, inoltre, considerare come punto centrale che l'obiettivo del trattamento chirurgico di queste fratture è quello di ripristinare un'anca normale nella maggioranza dei soggetti trattati; non deve essere inteso come il punto di partenza per una protesizzazione secondaria, come, del resto, viene spesso disgrammaticamente dichiarato. Ci permettiamo di riportare i commenti di Emile Letournel, pubblicati nella rivista *Chirurgie* del 1990¹, e tuttora purtroppo attuali: "la place de la chirurgie dans le traitement des fractures du cotyle est mal codifiée et trop peu importante. Beaucoup de tabous, une mauvais organisation de la traumatologie en général, et un peu d'autre chose, font que cette chirurgie est décriée, et quand elle est réalisée elle l'est souvent imparfaitement".

CLASSIFICAZIONE

La classificazione di Judet e Letournel è universalmente adottata^{2,3}. Essa rappresenta, oltre che una pietra miliare della storia dell'ortopedia, un modello di analisi clinica e radiografica completo ed affidabile, che consente ai chirurghi dedicati al trattamento

di queste fratture di scegliere l'appropriato metodo di trattamento, oltre che essere in grado di fornire una stima ragionevolmente precisa dei risultati. Prima che Judet e Letournel presentassero la loro classificazione, le fratture dell'acetabolo erano suddivise in due grandi categorie: quelle associate a lussazione centrale dell'anca e quelle associate ad una lussazione posteriore. Nel 1961 Letournel descrisse la colonna anteriore e la colonna posteriore dell'acetabolo che sono alla base della descrizione dei vari tipi di frattura; contemporaneamente vennero descritte le linee radiografiche essenziali e le proiezioni oblique che consentono tuttora una diagnosi adeguata ed affidabile nella stragrande maggioranza dei casi. È ovvio, come descritto da Letournel, che ci sono forme di transizione e varianti. I tentativi di modificare questa struttura non incontrano un'adeguata terminologia in grado di fornire un linguaggio universalmente riconosciuto. La classificazione fondamentale delle fratture acetabolari di Letournel comprende 5 lesioni elementari:

1. fratture della parete posteriore;
2. fratture della colonna posteriore o ileoischiatrica;
3. fratture della parete anteriore;
4. fratture della colonna anteriore o ileopubica;
5. fratture trasversali.

Queste lesioni elementari rappresentano la maggioranza ma non la totalità delle fratture acetabolari; esistono, infatti, lesioni complesse che possono essere poste, all'interno della classificazione, proprio ai limiti di ciascuno dei 5 gruppi come lesioni transizionali.

Esse sono note come lesioni associate, costituite dall'associazione di due lesioni elementari:

1. fratture a "T";
2. fratture della colonna posteriore associate a frattura della parete posteriore;
3. fratture trasverse associate a frattura della parete posteriore;
4. fratture della colonna anteriore associate ad emitrasversa posteriore;
5. frattura di entrambe le colonne.

INDICAZIONI OPERATORIE

L'obiettivo del trattamento chirurgico è la restituzione di una congruenza articolare il più possibile vicina all'anatomia precedente il trauma, perché dove persiste l'incongruenza articolare essa comporta, in funzione del grado e della sede, alcune complicanze più o meno importanti:

- instabilità d'anca;
- usura della testa sulla rima di frattura;
- artrosi post-traumatica.

Divisione di Traumatologia, Aurelia Hospital, Roma

Indirizzo per la corrispondenza:

Prof. Michel Oransky, via Aurelia 860, 00165 Roma. Tel.: +39 06 664921;
e-mail: m.oransky@virgilio.it

Considerato questo, le indicazioni chirurgiche sono davvero semplici: tutte le fratture del cotile con dislocazione devono essere sottoposte ad intervento chirurgico. Esistono, certo, alcune controindicazioni. Bisogna considerare 2 categorie di fratture:

1. Le fratture che non devono essere operate:
 - le fratture basse della colonna anteriore (fratture della porzione più distale del corno anteriore);
 - le fratture trasversali basse o infratettali (fratture che interessano solo le corna acetabolari);
 - le piccole fratture della parete posteriore che non possono essere fissate da viti isolate.
2. Le fratture che possono non essere operate:
 - le fratture delle due colonne che realizzano una congruenza secondaria.

Ripetiamo che questa chirurgia deve essere praticata nei tempi più brevi possibile e comunque entro le tre settimane dal trauma, per ottenere i risultati migliori sia in termini di riduzione della frattura che funzionali successivi. Non rappresenta mai un'urgenza, se non nei casi di lussazione posteriore non riducibile o incoercibile e nelle fratture associate della testa del femore¹. È preferibile, eventualmente, organizzare una seduta operatoria nelle 24 ore successive al trauma, con l'equipe più adeguata, dopo aver adeguatamente studiato radiologicamente il caso per trattare una lussazione dell'anca irriducibile per la presenza di frammenti intra-articolari. Anche una frattura della testa femorale associata deve essere affrontata chirurgicamente in tempi rapidi, per diminuire l'incidenza di necrosi avascolari della testa femorale e di artrosi post-traumatica^{4,5}.

COME SCEGLIERE LA VIA CHIRURGICA

La scelta della via chirurgica è spesso difficile, ma di fondamentale importanza. L'obiettivo deve essere quello di scegliere la via chirurgica che ci consenta di effettuare la totalità della ricostruzione della cavità cotiloidea o almeno di scegliere come prima via quella che ci darà il massimo di possibilità di realizzare questo piano. Bisogna evitare di scegliere una via che con certezza non ci consentirà di riparare tutte le lesioni.

Allorché si sceglie una via chirurgica che ci conduce a una delle colonne acetabolari, la posteriore per la Kocher-Langenbeck (KL) o l'anteriore per la via ileo-inguinale, non si è mai certi di poter realizzare completamente la riparazione ed un secondo approccio potrebbe essere necessario, ma non sempre questo è possibile nella stessa seduta chirurgica. Per ciò che ci concerne pratichiamo raramente un doppio approccio e comunque mai in modo simultaneo⁶⁻⁹. Il doppio approccio simultaneo, a nostro avviso, è il modo migliore per ottenere una visione parziale e limitata di ogni singola via chirurgica. Il doppio approccio, se necessario, va sempre praticato in modo consecutivo, come già indicato da Letournel^{3,10}.

L'esperienza, la configurazione della frattura, le condizioni dei tessuti molli, la presenza di lesioni sistemiche gravi associate, l'età e lo stato funzionale del paziente ed il tempo trascorso dal trauma¹¹ sono i parametri che devono essere presi in considerazione nell'effettuare questa scelta; comunque anche questa opzione non è del tutto priva di inconvenienti. La scelta della via chirurgica appare chiara nelle seguenti varietà di fratture: attraverso la via di KL vengono trattate

tutte le fratture della parete posteriore, della colonna posteriore e le fratture associate della colonna con la parete posteriore; attraverso la via ileo-inguinale le fratture della parete anteriore della colonna anteriore e la loro associazione; la via ileo-crurale può essere utilizzata in caso di frattura alta e unframmentaria della colonna anteriore. Le altre cinque varietà di frattura necessitano di una discussione riguardante la via da scegliere. Tra di esse le fratture trasversali, le fratture a "T" e le fratture trasversali associate ad una parete posteriore, le quali hanno una componente trasversale. È in funzione della sede di questa componente che si sceglie la via chirurgica (Fig. 1). Se la frattura trasversale è transtettale la riduzione perfetta di questa frattura, che passa in una zona portante, necessita il controllo delle sue due estremità; si preferirà, pertanto, la via ileo-femorale allargata. Se invece la frattura trasversale è infra o iuxtattettale si può scegliere la via di KL. Alcune fratture trasversali o a "T" possono essere trattate attraverso la via ileo-inguinale allorché la componente trasversale sia alta e dislocata anteriormente. La maggioranza delle fratture della colonna anteriore o associata ad una emitransversa posteriore potranno essere trattate attraverso la via ileo-inguinale entro i 15/20 giorni dal trauma (Fig. 2). La maggioranza delle fratture di entrambe le colonne vengono operate e ridotte per via ileo-inguinale (80% dei casi) (Fig. 3), purché la colonna posteriore sia staccata in un solo frammento, può essere negletta l'eventuale presenza di un piccolo frammento associato di parete posteriore. La via ileo-femorale allargata si usa allorché la frattura della colonna posteriore è comminuta, o allorché coesista una lesione dell'articolazione sacro-iliaca (Fig. 4), oppure se il trauma ha superato i 20 giorni. Questa è la sola via che permetterà il controllo di tutti i tratti di frattura e l'escissione del callo osseo formato.

LA VIA DI KOCHER-LANGENBECK

La via di Kocher-Langenbeck è l'approccio che consente di visualizzare la colonna posteriore dell'acetabolo. Va eseguita ovviamente col paziente prono con la trazione transcheletrica a ginocchio flessa, onde rilasciare il nervo sciatico. La grande incisione postero-laterale, che utilizziamo, deriva dalla combinazione della via di Langenbeck per il suo tragitto obliquo, che inizia a 3 cm dalla spina iliaca postero-superiore e giunge alla sommità del grande trocantere attraverso il grande gluteo, e la via di Kocher per la sua branca verticale inferiore che, discendendo dalla sommità del grande trocantere, segue l'asse del femore e seziona in profondità la fascia lata. Essa consente di esporre in modo agevole la superficie retroacetabolare dalla tuberosità ischiatica fino alla porzione inferiore dell'ala iliaca. La lamina quadrilatera è accessibile per la palpazione attraverso il grande ed il piccolo forame ischiatico. Una volta eseguita la diresi del grande gluteo, viene identificato l'inserzione del medio gluteo sul gran trocantere. Lo stesso viene reclinato, onde esporre il piriforme che viene repertato da una sutura e sezionato a distanza di 1 cm dal gran trocantere per non danneggiare i rami terminali dell'arteria circonflessa posteriore. Distalmente al tendine del piriforme si trova il tendine dell'otturatore interno ricoperto dai due mm gemelli: anch'esso viene sezionato e repertato da una sutura. Questi muscoli vengono recl-



Fig. 1a. Rx preoperatoria in AP di una frattura trasversale transtetale a sin trattata attraverso la via di Kocher-Langenbeck.



Fig. 1b. Nella Rx postoperatoria in AP si noti la riduzione anatomica della frattura e le viti a compressione interframmentaria a livello del forame ischiatico e verso la colonna anteriore.



Fig. 2a. Rx preoperatoria in AP di frattura della parete anteriore con emitrasversa posteriore. Si noti il frammento intra-articolare impattato del tetto con perdita della congruenza.

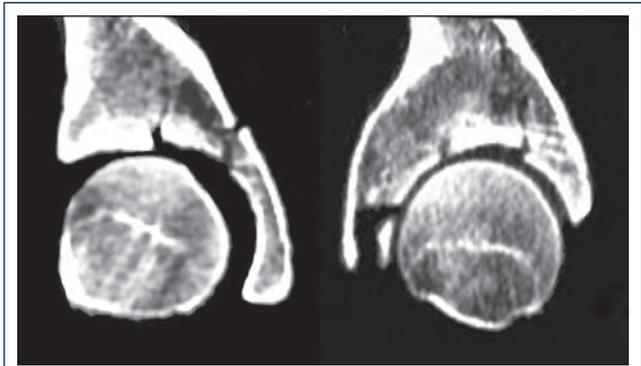


Fig. 2b. Ricostruzioni multiplanari del caso precedente. Si noti la perdita della congruenza articolare sia sul piano coronale che sul piano sagittale.



Fig. 2c. La ricostruzione TC 3D mostra la protrusione della testa femorale rispetto al tetto e la frattura incompleta della parete anteriore. La linea tratteggiata rappresenta la zona dove verrà completata l'osteotomia per ridurre la zona di impatto intra-articolare. A dx la proiezione obliqua otturatoria.



Fig. 2d. Le radiografie postoperatorie dimostrano il perfetto parallelismo della rima articolare.

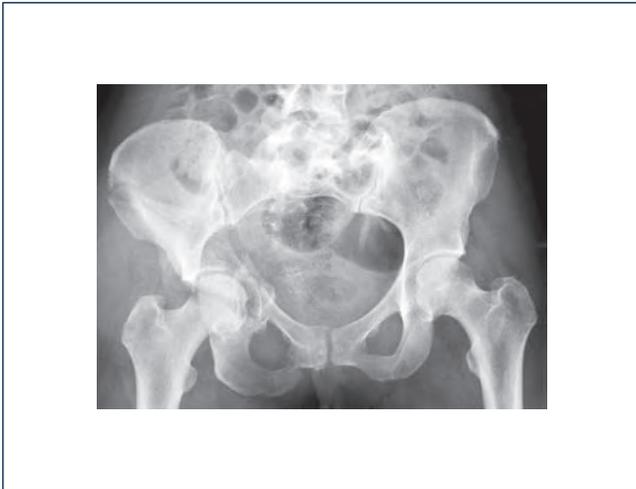


Fig. 3a. Rx in AP di una frattura di entrambe le colonne.



Fig. 3d. RX postoperatoria in AP dopo l'osteosintesi per via ileo-inguinale.



Fig. 3b. Rx obliqua otturatoria ed obliqua alare della stessa frattura. Si noti il segno dello sperone nella proiezione otturatoria (freccia).

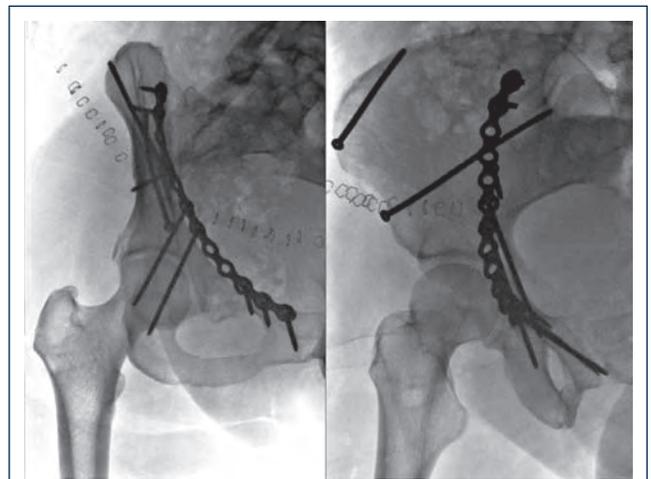


Fig. 3e. RX postoperatoria in obliqua otturatoria ed alare. Si noti la riduzione anatomica della frattura.

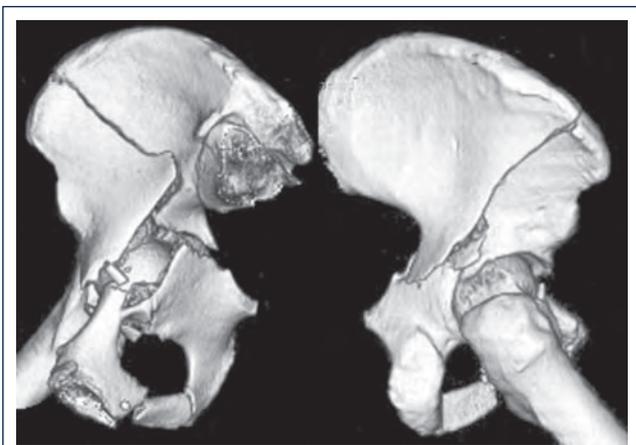


Fig. 3c. Ricostruzioni TC tridimensionali dello stesso caso.

nati all'interno portando con loro il nervo sciatico preventivamente identificato, si rende così visibile la superficie retroacetabolare seguendo la quale si arriva progressivamente a visualizzare la spina ischiatica, tutta la grande incisura ischiatica, la piccola incisura ischiatica, la grondaia sotto-acetabolare ed il polo superiore dell'ischio. La via di KL permette, quindi, l'accesso alla completa totalità della colonna posteriore. Allo stesso tempo questa via può essere utilizzata anche per effettuare il trattamento dei vizi di consolidazione dell'acetabolo, l'osteotomia della branca ischiopubica nella sua porzione posteriore per consentire la mobilizzazione della colonna posteriore; inoltre è possibile, anche tramite il deperiostamento della porzione inferiore dell'ala iliaca, avere accesso alla fossa iliaca esterna, sebbene questa tecnica, che prevede un'estesa disinserzione della fossa iliaca esterna stessa, sia gravata da complicanze importanti quali l'ossificazione peri-articolare ed il danneggiamento dei muscoli glutei. Se si rendesse necessario un ampliamento dell'accesso chirurgico è preferibile, infatti, sezionare i tendini dei muscoli glutei in corrispondenza del bordo del grande trocantere. La via di KL consente l'accesso endopelvico con la

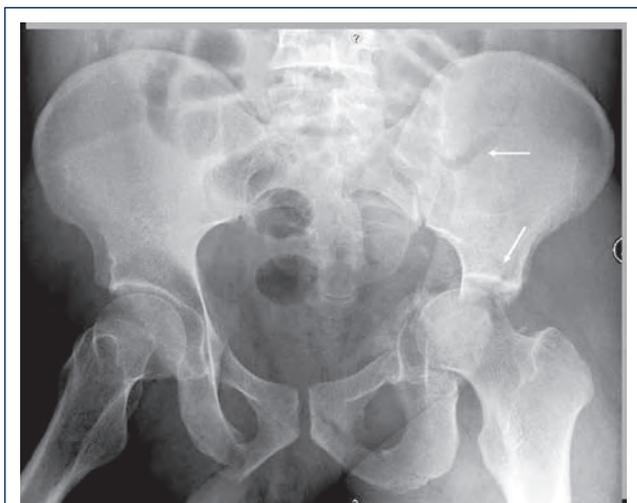


Fig. 4a. RX preoperatoria in AP di una frattura di entrambe le colonne associata ad un frammento che coinvolge l'articolazione sacro-iliaca.

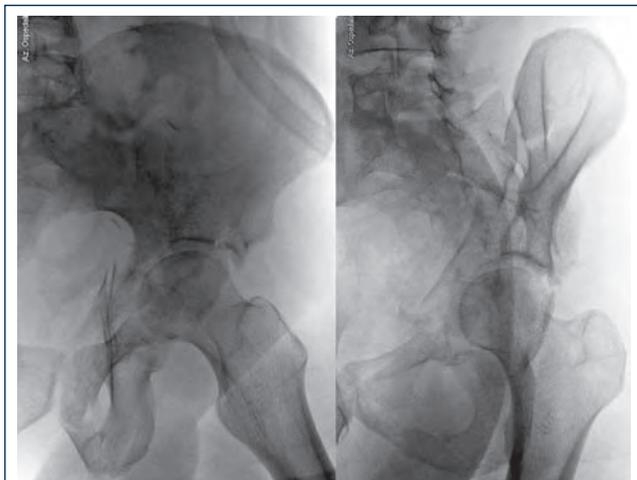


Fig. 4b. RX preoperatoria in obliqua alare ed otturatoria della stessa frattura. Si noti il frammento intermedio di tetto ed il segno dello sperone.

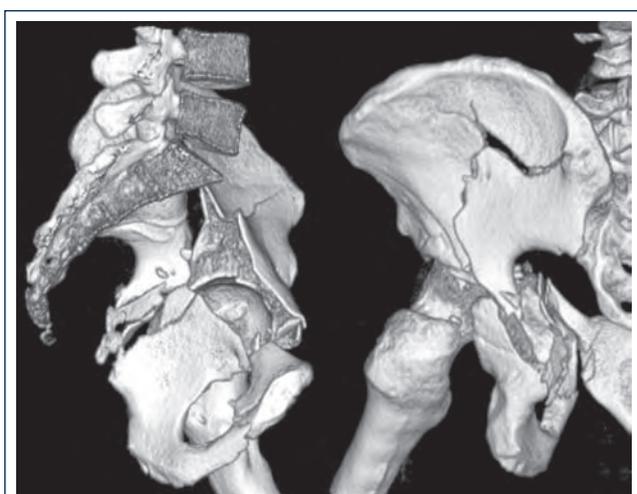


Fig. 4c. Ricostruzione TC tridimensionale dello stesso caso. Nella veduta interna è facilmente apprezzabile il frammento impattato di tetto. Nella veduta esterna si individua la comminuzione della colonna posteriore ed il frammento isolato che comprende l'articolazione sacro-iliaca.

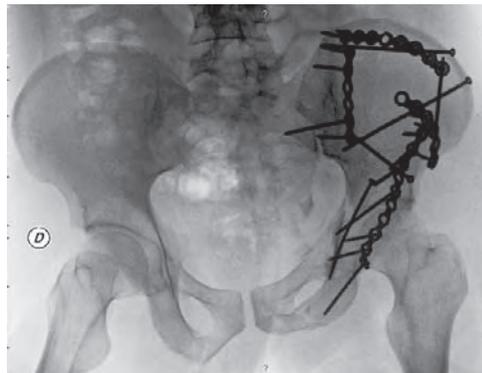


Fig. 4d. Rx postoperatoria in AP. La frattura, come indicato dalla presenza del grande frammento della articolazione, è stata trattata per la via ileo-femorale estesa di Letournel. In questo caso non fu eseguita la sezione del retto anteriore. È stata eseguita solo una capsulotomia parziale. Si noti la perfetta riduzione della cavità acetabolare.

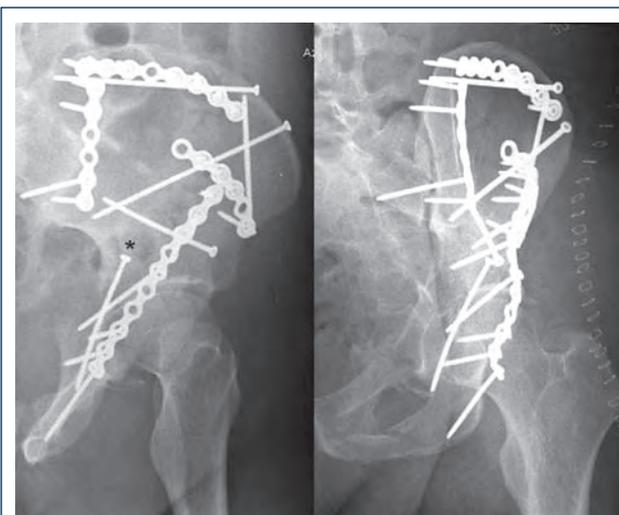


Fig. 4e. Rx post-operatoria in obliqua alare ed otturatoria che confermano la riduzione anatomica della frattura. Si noti la vite assiale sulla colonna posteriore, chiave della riduzione di quest'ultima.

palpazione digitale o attraverso l'introduzione di strumenti che potranno agire su tutta la superficie quadrilatera fino al distretto superiore e, proprio in ragione di ciò, è un accesso tenuto in discreta considerazione dalla maggior parte dei chirurghi, tanto più che può essere molto migliorato, sia dalla sezione della spina ischiatica, come ha proposto Virenque, sia dalla sezione al bordo della spina ischiatica del piccolo legamento sacro-ischiatico.

I pericoli di questa via d'accesso:

1. Il *nervo sciatico* può essere danneggiato intraoperatoriamente:
 - sia direttamente a livello del suo tronco, all'interno del campo operatorio da un divaricatore oppure da un qualsiasi altro strumento;
 - sia per allungamento del tronco plessico, in ragione delle forti trazioni esercitate dall'aiuto operatorio sul nervo divaricato.
2. I *vasi glutei* corrono rischi quando si arriva a liberare il bordo

superiore della grande incisura ischiatica oppure nel caso di un frammento superiore acuminato in fratture della colonna posteriore.

La loro emostasi, soprattutto quella dei vasi venosi, è ancora oggi abbastanza difficile, richiedendo spesso molte legature.

LA VIA ILEO-INGUINALE

La via ileo-inguinale è stata sviluppata da Emile Letournel¹² come l'approccio che consente di esporre la faccia anteriore della pelvi dall'articolazione sacroiliaca al pube. È anche possibile agire sulla colonna posteriore, benché in modo meno efficace, attraverso la manipolazione della lamina quadrilatera. Questo approccio ha il vantaggio di essere relativamente atraumatico, giacché l'unico muscolo che viene scollato è l'ileopsoas, i muscoli abduttori vengono generalmente rispettati tranne in casi particolari.

Prevede la preparazione di tre finestre:

1. la finestra esterna, che espone la *lacuna musculorum* con l'ileopsoas spostato verso all'interno;
2. la finestra mediana, compresa fra l'ileopsoas e i vasi iliaci esterni;
3. la finestra interna, o terza finestra, compresa tra i vasi iliaci esterni portati all'esterno ed il cordone spermatico.

Attraverso la finestra esterna si può accedere: a tutta la cresta iliaca, alla fossa iliaca interna dall'articolazione sacroiliaca e parte dell'ala sacrale sino all'eminanza ileo-pettinea.

Attraverso la finestra mediana si accede alla colonna anteriore dall'eminanza ileo-pettinea fino alla porzione mediana della branca orizzontale del pube. Aldilà dello stretto superiore abbiamo un accesso, sia digitale che mediante strumenti, alla lamina quadrilatera, fino alla grande incisura ischiatica ed alla spina ischiatica. Recentemente è stata molto valorizzata l'esposizione allargata della terza finestra secondo Stoppa. Questa metodica, attraverso la disinserzione del retto addominale ipsilaterale dal pube, è in grado di esporre la faccia interna dell'osso innominato dal pube sino alla sacro-iliaca. La tendenza attuale è quella di trattare alcune fratture utilizzando unicamente la prima e la terza finestra (Fig. 5). Nell'anziano questa metodica risulta particolarmente ben tollerata e gravata da una bassa percentuale di complicazioni.

In conclusione, attraverso la via ileo-inguinale si ottiene un accesso a tutta la colonna anteriore, un accesso più difficile ma efficace alla colonna posteriore, un accesso facile alla sinfisi pubica ed un buon controllo della sacroiliaca.

I pericoli di questa via d'accesso:

- La lesione del nervo femoro-cutaneo che può rimanere apparentemente intatto, ma spesso è stirato più o meno considerevolmente. Per evitare la sua lesione, bisogna liberarlo sufficientemente e pensare a lui durante "il balletto dei divaricatori".
- La lesione di una possibile anastomosi retropubica dall'arteria iliaca esterna all'otturatoria: essa avviene quando si libera la faccia posteriore dei vasi. Deve essere prevenuta con la ricerca

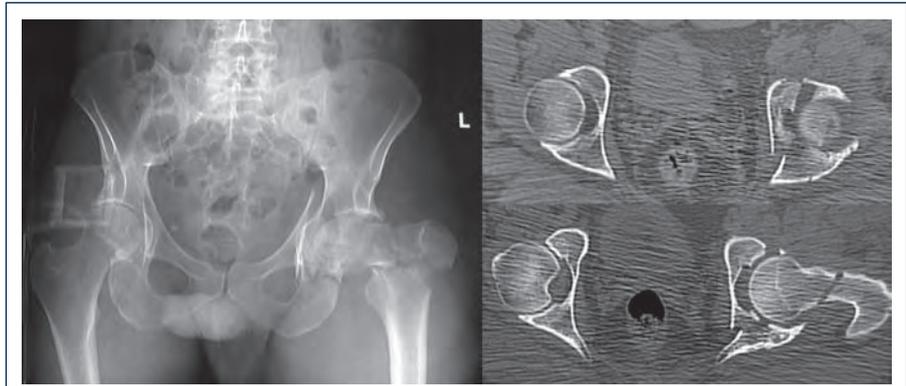


Fig. 5a. Frattura della parete anteriore del cotile di sin, inusualmente estesa verso la colonna posteriore, come evidenziato dalla frattura completa dell'ischio nella proiezione AP. La TC conferma questa configurazione. La difficoltà in questo caso, consiste nella necessità di ridurre l'intera lamina quadrilatera senza farla basculare distalmente. La frattura è inoltre complicata da una complessa frattura del collo femorale ipsilaterale. Come descritto da Letournel, in questi casi si deve prima ridurre l'acetabolo e poi la frattura del femore.

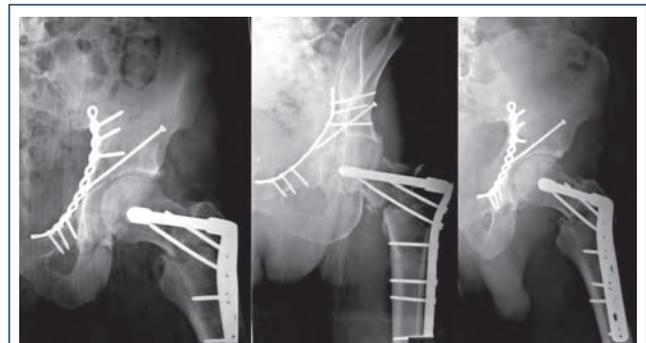


Fig. 5b. Risultato post operatorio. Paziente trattato per via ileo-inguinale. La riduzione è stata compiuta prevalentemente attraverso la terza e la prima finestra. Distalmente esiste una lieve medializzazione della linea ileoischiatrica, senza peraltro comportare la protrusione della testa.

sistematica, la liberazione e la sezione dell'anastomosi tra due legature. Bisogna sapere che il recupero delle vene lesionate, che si retraggono nel canale sotto pubico, può costare una grossa perdita ematica.

LA VIA ILEO-FEMORALE ESTESA

La via ileo-femorale estesa è stata ideata da Emile Letournel. In occasione delle celebrazioni del centenario del IOR, nel 1982, egli presentò una serie di 28 casi operati, pari al 14% degli ultimi 200 casi da lui trattati¹³. Questa via viene utilizzata in casi selezionati di particolare complessità e la percentuale di utilizzo riportata da Letournel rifletteva la complessità ed il ritardo dei casi da lui trattati. Essa consente di visualizzare contemporaneamente sia la colonna anteriore che quella posteriore (la pressoché totalità della superficie esterna dell'osso innominato) e quando necessario anche la fossa iliaca, la porzione prossimale della branca ileo-pubica e parte della lamina quadrilatera. La sua applicazione è circoscritta ai seguenti morfotipi:

- fratture trasverse transtettali con associata parete posteriore;
- fratture a "T" o "T" con parete posteriore;

- alcune fratture di entrambe le colonne in cui è coinvolta l'articolazione sacro-iliaca per la presenza di un frammento accessorio che coinvolge l'articolazione stessa;
- fratture di entrambe le colonne in cui sono presenti rime accessorie della colonna posteriore;
- fratture di entrambe le colonne in cui sono presenti frammenti scomposti della parete posteriore;
- fratture che abbiano superato le tre settimane dal trauma.

L'applicazione di questa via consente di risolvere attraverso un'unica esposizione chirurgica casi complessi, a patto di essere adeguatamente preparati alla sua applicazione e di conoscere bene le sequenze di riduzione. Ovviamente è la via tecnicamente più sofisticata e comporta le percentuali di complicanze più elevate, quali le ossificazioni eterotopiche, ma per contro non un aumento dell'osteonecrosi come da alcuni paventato. Prevede la disinserzione del piccolo e medio gluteo dall'ala iliaca e dal grande trocantere. La disinserzione del retto anteriore non viene realizzata in tutti i casi, va riservata a quei casi in cui è necessario accedere alla porzione più mediale del pube. Anche l'artrotomia viene eseguita in casi selezionati. L'utilizzo della via ileofemorale estesa viene riservata ai soggetti giovani con la capacità e la motivazione di eseguire un lungo periodo di riabilitazione. Comunque il vantaggio di poter ottenere una riduzione anatomica ripaga di gran lunga dei problemi sopra elencati. Per la sua sofisticazione viene ingiustamente criticata da chi ne ha un'esperienza limitata.

Il paziente viene operato su apposito tavolo ortopedico (Tasserit/Profx OSI OSI) in decubito laterale con trazione transcheletrica e col ginocchio flesso per rilasciare il nervo sciatico. Il tavolo operatorio dedicato alla chirurgia delle fratture acetabolari facilita grandemente lo svolgimento dell'intervento. Esso, oltre a consentire la trazione longitudinale, permette anche una trazione laterale che posiziona la testa femorale sotto il tetto. Contemporaneamente alla trazione, che può essere esercitata sul piano sagittale e sul piano assiale dell'anca, è possibile posizionare la stessa su una vasta gamma di posizioni nello spazio: flessione, estensione e abduzione, avendo l'impagabile vantaggio di operare su di un piano stabile.

I pericoli di questa via d'accesso: fondamentalmente sono gli stessi riportati nella via di Kocher-Langenbeck.

NUOVI IMPIANTI

Una nuova generazione di placche a basso profilo dai bordi smussati consente un facile passaggio della placca nella via ileo-inguinale attraverso i tessuti molli: esse possono essere rette o pre-sagomate.

Accanto a queste sono state realizzate le placche *wide angle* che consentono una maggiore angolazione delle viti. Sono allo studio, inoltre, placche di sagoma diversa, atte a risolvere i problemi di contenimento della lamina quadrilatera.

RISULTATI

In accordo con quanto esposto in letteratura¹⁴⁻¹⁶, i risultati relativi alle fratture di acetabolo da noi trattate chirurgicamente indicano

che una riduzione anatomica (consentito 1 mm di incongruenza) ed un'osteosintesi perfetta assicurano l'80% di risultati eccellenti, cioè delle anche normali. Una testa centrata nell'acetabolo, ma con una riduzione appena soddisfacente, può aumentare il tasso di artrosi per usura della testa femorale. Anche la perdita del parallelismo testa-cotile aumenta la percentuale di cattivi risultati. Se permane un'anca protrusa, indice di cattiva riduzione, si hanno fino all'80% di risultati insoddisfacenti. Un'evenienza rara è la presenza di una vite in articolazione, che rappresenta la forma estrema di usura della testa femorale. Al contrario una congruenza secondaria, come avviene solamente nelle fratture delle due colonne, consente di ottenere risultati ottimi con una percentuale di un'evoluzione artrosica nel 20% dei casi.

I risultati a lungo termine sono influenzati da numerosi fattori. Il tipo di frattura e la qualità della riduzione sono i principali fattori, tra loro strettamente connessi, che incidono in maniera decisiva sui risultati funzionali. I peggiori risultati si riscontrano fra i pazienti affetti da fratture del cotile associate a delle fratture della parete anteriore e della colonna posteriore¹⁷. Simili risultati sono descritti da Mears¹⁸ e da Matta¹⁵ che notò come le fratture a "T" associate alla frattura della parete posteriore erano gravate da una percentuale maggiore di risultati funzionali scarsi. In una recente meta-analisi, relativa al trattamento chirurgico delle fratture scomposte di acetabolo (in cui sono state analizzate 3670 fratture in 34 studi)¹⁷, si evidenzia che oltre l'85% dei pazienti operati per una frattura di acetabolo mostrano alle RX postoperatorie un grado di riduzione soddisfacente con uno spostamento minore ai 2 mm. L'accuratezza della riduzione si evidenzia essere in stretta relazione al tipo di frattura. La qualità della riduzione può passare da soddisfacente, con un'incidenza di artrosi post-traumatica del 13,2%, a non soddisfacente, in cui tale valore sale in media al 43,5%. La qualità della riduzione, inoltre, è fortemente influenzata dal tempo trascorso dal trauma¹⁹ come sappiamo, e dall'età del paziente, risultando quello più anziano avere risultati più scarsi, forse in relazione alla presenza di danni intra-articolari da impatto, abrasioni o fratture della testa femorale o dell'acetabolo²⁰.

COMPLICANZE

L'osteonecrosi (ON) della testa femorale secondo Matta¹⁵ si attesta intorno al 3% dei casi, mentre nel classico studio di Letournel¹⁴ vengono riportate percentuali del 5,4%, e comunque legate soprattutto a lussazioni posteriori dell'anca (in tal caso la percentuale sale all'11,1%) che causano l'interruzione dell'apporto vascolare all'epifisi femorale, ovviamente con risultati clinici non buoni nonostante il trattamento di riduzione e sintesi. Nello studio meta-analitico di Giannoudis et al. si evidenzia che le percentuali di osteonecrosi si attestano sul 5,6% (113/2010) e che tale incidenza effettivamente è più alta nelle fratture associate a lussazione posteriore 9,2% (28/303), mentre l'incidenza nei pazienti senza lussazione è stata circa del 5% (85/1707)¹⁷. L'osteonecrosi deve essere distinta dall'usura della testa legata ad un'anca non centrata e protrusa che, secondo quanto riportato da Matta, corrisponde al 5% (13/262) dei casi¹⁵, evenienza quest'ultima spesso indebitamente accomunata all'osteonecrosi. I

danni neurologici postoperatori, in genere da stiramento durante l'intervento chirurgico e perciò più benigni, si osservano nel 3% dei casi e non inficiano i risultati. Helfet⁶ riportava una percentuale del 5% di paralisi iatrogene. Giannoudis, nel suo lavoro meta-analitico su 2426 casi relativi a 20 studi, riporta l'8% di paralisi può essere ridotta posizionando accuratamente i retrattori e limitando i periodi di trazione. Eccezionalmente si può avere una perdita della riduzione dopo l'osteosintesi, soprattutto nei soggetti osteoporotici, che si attesta intorno al 3%¹⁵. L'infezione in questa chirurgia avviene con un'incidenza globale del 4,4%, come riportato nella media dei 19 studi (112/2547 pazienti operati) della meta-analisi di Giannoudis ed è associata solitamente a vie chirurgiche più estese (Letournel e Matta riportano percentuali di circa il 5%)¹⁵. Le ossificazioni eterotipiche (OE) sono associate strettamente alla via chirurgica effettuata¹⁹ e la maggior parte avvengono con vie d'accesso posteriore o ileo-femorale estesa o in caso di ampie lacerazioni dei tessuti molli periarticolari di natura traumatica; sono comunque pari circa al 9% quelle di intensità tale da ridurre l'articolazione dell'anca di almeno 20° (Brooker III-IV). La meta analisi di Giannoudis mostra un'incidenza del 25,6% di OE susseguenti ad un intervento per una frattura acetabolare e comunque solo del 5,7% di grado III-IV. Il 25% dei pazienti operati attraverso una via ileo-femorale estesa può sviluppare un'OE di grado III-IV. Altri rischi correlati allo sviluppo di tali OE sono un alto *Injury Severity Score*, un ritardo nell'eseguire la sintesi della frattura ed un trauma cranico associato. In questa meta-analisi, inoltre, non vi era evidenza di un reale beneficio fra un trattamento profilattico o meno, anche se altri studi mostrano una reale efficacia se viene utilizzata indometacina o terapia radiante come profilassi dopo il trattamento chirurgico di tali fratture^{21 10}.

ORGANIZZAZIONE DEL TERRITORIO

Il trattamento di queste fratture deve essere considerato superspecialistico (Letournel, Matta)¹⁵, sia per la tecnologia utilizzata, per le sequenze diagnostiche, e per le complesse sequenze chirurgiche che consentono di ottenere una riduzione anatomica in un alto numero di casi, soprattutto in mano ai chirurghi che si dedicano al trattamento di queste fratture.

Infatti la qualità del risultato clinico è direttamente proporzionale alla qualità della riduzione. Anche piccole imperfezioni possono essere causa di perdita della concentricità articolare.

La qualità della riduzione è fortemente condizionata dal tempo intercorso dal trauma. Già dopo 10 giorni diminuisce la possibilità di ridurre anatomicamente la frattura. È facilmente comprensibile come dopo 2 settimane la spontanea guarigione di queste lesioni rende difficile la riduzione.

È auspicabile che queste fratture vengano indirizzate presso centri specializzati nel loro trattamento nei tempi più brevi. Purtroppo motivi di vario genere, e non sempre organizzativi, permettono che il trattamento venga differito nella speranza di risolvere il problema con un'artroprotesi, senza tener conto che spesso si tratta di soggetti traumatizzati giovani per i quali la conservazione della propria anca è fondamentale.

È pertanto necessario che sorgano nuovi centri terziari di cura specifici per la traumatologia ad alta energia e che il trattamento di queste fratture venga condotto in centri specializzati e da chirurghi dedicati.

Per far ciò bisogna che la componente medica prenda atto di questa necessità, ma che il territorio venga organizzato dalle autorità competenti. A fronte di una spesa limitata è possibile offrire un servizio che garantisca migliori e duraturi risultati clinici e una diminuzione della spesa sociale legata all'invalidità permanente.

DISCUSSIONE

L'obiettivo principale del trattamento chirurgico delle fratture acetabolari è quello di restituire un'articolazione dell'anca funzionale, mobile e senza dolore. La qualità del risultato è direttamente proporzionale alla qualità della riduzione^{22-24 19 7 25}. La riduzione sarà più agevole, ed in percentuale maggiormente anatomica, quanto più presto ci si accinge alla riduzione chirurgica^{22 18}. Nella genesi dell'artrosi post-traumatica, qualora la cartilagine articolare sia vitale anche dopo il trauma, è individuata come causa principale un'alterata distribuzione della pressione della testa femorale sull'acetabolo, non ridotto accuratamente. In tal caso l'area di contatto tra la testa femorale e l'acetabolo diminuisce in maniera significativa ed aumentano le forze per unità di area sulla superficie cartilaginea. Si è visto che il tipo di frattura non è correlabile da un punto di vista prognostico ai risultati, infatti il sistema classificativo di Judet e Letournel serve come descrizione anatomica e guida ad un corretto approccio chirurgico¹⁰. È dimostrato, inoltre, che, nonostante la sua complessità, questa classificazione presenta un'alta affidabilità inter- ed intra-osservatore quando utilizzata da chirurghi dedicati a questa branca²⁶. A differenza di quanto riportato da altri autori²⁷, né una lussazione posteriore, né le lesioni associate (lesioni da impatto sull'acetabolo e frammenti liberi intra-articolari), né l'entità e la gravità della scomposizione iniziale della frattura sono state individuate come indici prognostici negativi. In definitiva, il fattore prognostico iniziale negativo più significativo è la concomitanza di lesioni cartilaginee o ossee della testa femorale¹⁸. I pazienti con un'età maggiore di quaranta anni, al momento del trauma, hanno mostrato risultati clinici lievemente peggiori, forse legati ad una qualità di riduzione ottenuta meno valida^{15 18 20}. Infatti, è evidente una correlazione molto stretta fra i risultati clinici ed una riduzione cosiddetta anatomica, conseguendo che una congruenza postoperatoria con il tetto acetabolare è fortemente predittiva del risultato clinico²⁸.

CONCLUSIONI

Il trattamento delle fratture dell'acetabolo è riservata a chirurghi esperti e deve essere affrontata in tempi brevi per consentire una riduzione anatomica e diminuire la possibilità di evoluzione artrosica. Inoltre, è importante, una volta classificata, scegliere la via chirurgica più appropriata per trattare la frattura.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Letournel E. *Indications du traitement chirurgical des fractures du cotyle*. Chirurgie 1990;116:435-41.
- ² Judet R, Judet J, Letournel E. *Fractures of the acetabulum: classification and surgical approaches for open reduction: preliminary report*. JBJS 1964;46A:1615-46.
- ³ Letournel E. *Acetabulum fractures: classification and management*. CORR 1980;151:81-106.
- ⁴ Ruedi TP, Murphy WM. *AO principles of fracture management*. Stuttgart, New York: Thieme 2000.
- ⁵ Zinghi GF. *Le fratture della pelvi e del cotile*. Bologna: Timeo 2000.
- ⁶ Helfet DL, Schmeling GJ. *Management of complex acetabular fractures through single nonextensile exposures*. CORR 1994;305:58-68.
- ⁷ Olson SA, Matta JM. *The computerized tomography of the subcondral arc: a new method of assessing the acetabular articular continuity after fracture: a preliminary report*. J Orthop Trauma 1993;7:402-13.
- ⁸ Oransky M, Sanguinetti C. *Surgical treatment of displaced acetabular fractures: results of 50 consecutive cases*. J Orthop Trauma 1993;7:28-32.
- ⁹ Routt MI Jr, Swiontkowski MF. *Operative treatment of complex acetabular fractures. Combined anterior and posterior exposures during the same procedure*. JBJS 1990;72A:897-904.
- ¹⁰ Letournel E, Judet R. *Fractures of the acetabulum*. 2nd ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1993.
- ¹¹ Mayo KA. *Surgical approaches to the acetabulum*. Tech Orthop 1990;4:24-35.
- ¹² Letournel E. *The treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach*. CORR 1993;292:62-76.
- ¹³ Campanacci M, Gui L, Ruggieri F, et al. *Attualità in chirurgia ortopedica*. Bologna: Aulo Gaggi 1983.
- ¹⁴ Letournel E. *Resultats du traitement chirurgical des fractures recentes du cotyle*. Chirurgie 1981;107:229-36.
- ¹⁵ Matta JM. *Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after injury*. JBJS 1996;78A:1632-45.
- ¹⁶ Tile M, Burgess A, Helfet DL, et al. *Fractures of the pelvis and acetabulum*. Baltimore: Williams&Wilkins 1995.
- ¹⁷ Giannoudis PV, Grotz MRW, Papakostidis C, et al. *Operative treatment of displacement fractures of the acetabulum. A meta-analysis*. JBJS 2005;87B:2-9.
- ¹⁸ Mears DC, Velyvis JH, Chang CP. *Displaced acetabular fractures managed operatively: indicators of outcome*. CORR 2003;407:173-86.
- ¹⁹ Mayo KA. *Open reduction and internal fixation of fractures of the acetabulum. Results in 163 fractures*. CORR 1994;305:31-7.
- ²⁰ Moed BR, Carr SEW, Watson JT. *Results of operative treatment of fractures of the posterior wall of the acetabulum*. JBJS 2002;84A:752-8.
- ²¹ Griffin DB, Beaulè PE, Matta JM. *Safety and efficacy of the extended iliofemoral approach in the treatment of complex fractures of the acetabulum*. JBJS 2005;87B:1391-6.
- ²² Johnson EE, Matta JM, Mast JW, et al. *Delayed reconstruction of acetabular fractures 21-120 days following injury*. CORR 1994;305:20-30.
- ²³ Matta JM, Merritt PO. *Displaced acetabular fractures*. CORR 1988;230:83-97.
- ²⁴ Matta JM. *Operative treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach. A 10-year perspective*. CORR 1994;305:10-9.
- ²⁵ Reusch PD, Holdener H, Ciaramitaro M, et al. *A prospective study of surgically treated acetabular fractures*. CORR 1994;305:38-46.
- ²⁶ Beaulè P, Dorey F, Matta J. *Letournel classification for acetabular fractures: assessment of interobserver and intraobserver reliability*. JBJS 2003;85A:1704-9.
- ²⁷ Wright R, Barrett K, Christie MJ, et al. *Acetabular fractures: long-term follow-up of open reduction and internal fixation*. J Orthop Trauma 1994;8:397-403.
- ²⁸ Bhandari M, Matta J, Ferguson T, et al. *Predictors of clinical and radiological outcome in patients with fractures of the acetabulum and concomitant posterior dislocation of the hip*. JBJS 2006;88B:1618-24.

Le fratture dell'anca: il versante femorale

Hip fractures: the femoral side

F. Biggi, C. D'Antimo, S. Di Fabio, S. Trevisani

RIASSUNTO

Le fratture del femore prossimale costituiscono, oggi più che nel passato, un importante problema di ordine sociale e chirurgico: l'età media della popolazione che tende ad allungarsi, ed il conseguente aumento del numero di anziani affetti da tale tipo di patologia traumatica, impongono scelte di trattamento in grado di ridurre le complicazioni, consentire un precoce recupero funzionale e permettere il reinserimento nel contesto sociale senza, possibilmente, gravare sulle strutture socio-sanitarie. Il trattamento chirurgico rappresenta lo standard attuale, sia sotto forma di osteosintesi che di sostituzione protesica, totale o parziale, dell'articolazione.

Parole chiave: fratture prossimali di femore, osteosintesi, sostituzione protesica

SUMMARY

Proximal femoral fractures, today more than in the past, are a social and surgical problem: life length is increasing, and more old peoples are affected; consequently, we need options for reducing complications, allowing early recovery without long hospital stay and sanitary care. Surgical treatment is the golden standard, both internal fixation and arthroplasty.

Key-words: proximal femoral fracture, osteosynthesis, hip replacement

INTRODUZIONE

Il femore prossimale è costituito dalla testa, dal collo, dal grande e piccolo trocantere: la testa è la parte che, insieme all'acetabolo, forma l'articolazione dell'anca, ha la forma di 2/3 di sfera, è ricoperta di cartilagine ialina ad esclusione della fovea, e possiede una direzione mediale, superiore ed anteriore per meglio corrispondere alla cavità che la deve contenere. Conseguentemente, le fratture

propriamente dette della parte femorale dell'anca sono quelle descritte e classificate da Pipkin¹. Peraltro, testa e collo costituiscono la parte intra-capsulare del femore prossimale, ed è ormai universalmente accettata la distinzione tra fratture mediali e laterali del femore prossimale²: considereremo, quindi, come fratture della parte femorale dell'anca quelle della testa e del collo.

Pipkin ha descritto quattro diverse lesioni: I tipo quando la frattura è immediatamente al di sotto della fovea ed il frammento è pressoché avascolare; II tipo con rima di frattura al di sopra della fovea e possibilità di apporto vascolare attraverso il legamento rotondo; III tipo associata a lussazione; IV tipo associata a frattura della parete posteriore dell'acetabolo. Il trattamento è, in generale, chirurgico ogni qualvolta ci troviamo di fronte ad un'anca instabile o non concentrica dopo la riduzione, essendo quasi sempre associate a lussazione o frattura-lussazione: nel caso di Pipkin I si provvederà alla rimozione del frammento, mentre nel caso di Pipkin II si eseguirà una riposizione in sede del frammento stabilizzandolo con piccole viti avendo cura di affondarle nell'osso sub-condrale.

Le fratture del collo femorale costituiscono un problema medico, sociale ed economico: oltre 280000 fratture avvengono ogni anno negli Stati Uniti, e se negli anni 2000 la popolazione di oltre 65 anni era di 34,8 milioni, si calcola che nel 2040 sarà di 77,2 milioni, con all'incirca 500.000 fratture da trattare annualmente³: se consideriamo un tasso di mortalità annuale del 30%, ed una sostanziale riduzione della autosufficienza dopo la frattura, ecco che il problema diviene economico e sociale, con una spesa che, attualmente, negli Stati Uniti sfiora i 10 bilioni di dollari^{4,5}. Mentre vi è un consenso generale circa il trattamento chirurgico di queste fratture, non è altrettanto chiaro quale sia la metodica migliore: da una parte l'osteosintesi, dall'altra la sostituzione protesica, sia essa parziale (endoprotesi o emiartroplastica) o totale (artroprotesi): studi internazionali tesi a verificare l'orientamento dei chirurghi non contribuiscono a chiarire i dubbi⁶⁻⁹.

Diversi autori hanno classificato le fratture del collo femorale secondo criteri differenti: Pauwels nel 1935 considerava l'angolo che la rima di frattura formava con il piano orizzontale, concludendo che quelle con un angolo inferiore a 50° potevano essere considerate stabili, quelle con angolo superiore instabili; Garden, la cui classificazione è largamente utilizzata, divide le fratture in quattro gruppi: composte (Garden I e II) e scomposte (Garden III e IV), e mentre nei primi due gruppi lo spostamento è minimo, nel III è significativo ma inferiore al 50%, mentre nel IV è superiore al 50% con moncone distale ruotato esternamente e prossimale varizzato e ruotato medialmente. Esiste anche la classificazione della AO, basata sulla progressiva gravità della scomposizione, ma tra gruppi

U.O.A. Ortopedia e Traumatologia, Ospedale "S. Martino", Belluno

Indirizzo per corrispondenza:

Dott. S. Di Fabio, Dr.ssa S. Trevisani, U.O.A. Ortopedia e Traumatologia, Ospedale "S. Martino", viale Europa 22, 32100 Belluno. Tel.: +39 0437 216490; fax: +39 0437 216492; e-mail: stdifabio74@hotmail.com, s.trevisani@ulss.belluno.it

e sottogruppi non sembra poter aggiungere nulla di importante in termini di indicazioni al trattamento, come pure la più recente che riconosce sei gruppi principali, con sottogruppi che descrivono spostamento e presenza o meno di comminuzione del collo²¹⁰.

La diagnosi è principalmente radiologica, basata sulle due proiezioni ortogonali A-P ed assiale: qualora anamnesi e quadro radiologico orientino verso patologie concomitanti, potranno essere utili TC, RMN e scintigrafia²¹¹.

Sostanzialmente, quindi, possiamo identificare due gruppi principali di fratture del collo femorale: composte e scomposte.

Fratture composte: nonostante il consenso generale circa il trattamento chirurgico delle fratture del collo femorale, alcune controversie insorgono quando queste avvengono in pazienti defedati o in cattive condizioni generali, quindi con rischio operatorio particolarmente elevato. Nonostante sia, oggi, difficile poter giustificare l'astensione chirurgica sulla base di problematiche mediche ed anestesiolgiche, esistono casi in cui è possibile trattare con riposo in scarico le fratture composte, specie se ingranate in valgo, associando o meno la trazione zampale o transcheletrica. Anche in questi casi, peraltro, l'incidenza di complicazioni è superiore rispetto al trattamento chirurgico che possiamo definire "di minima" in quanto effettuabile per via transcutanea con viti cannulate (Fig. 1a-c), riducendo praticamente a zero perdite ematiche, rischio infettivo e stress chirurgico¹¹.

Fratture scomposte: quanto maggiore è la scomposizione, tanto più è difficile la riduzione e, conseguentemente, il rischio di necrosi cefalica. Pertanto, fatta eccezione per pazienti di età inferiore ai 55-60 anni in cui è possibile ottenere una riduzione ottimale e realizzare un'osteosintesi stabile (almeno 3 viti da spongiosa in configurazione triplanare o sistemi tipo vite-placca), l'attuale orientamento è sempre più largamente in favore della sostituzione protesica, parziale o totale, in grado di ridurre l'incidenza di reinterventi per fallimenti biologici e/o meccanici, di permettere una più rapida ed agevole riabilitazione, di favorire il reinserimento nel proprio contesto sociale. Esistono, però, prezzi da pagare sotto forma di infezioni, revisioni per instabilità e scollamenti delle componenti, in particolare acetabolare, maggiore morbilità peri-operatoria.

Studi diversi dimostrano come non esista un'uniformità di scelta per ciò che riguarda il tipo di impianto protesico: sembra emergere una tendenza alla protesizzazione totale (Fig. 3a-c) dei pazienti tra i 65 e gli 80 anni, mentre l'endoprotesi (Fig. 2a-c) è maggiormente utilizzata dagli 80 anni in poi e, più in generale, per pazienti con moderate richieste funzionali e compromissione sistemica di vario grado⁶¹¹¹².

Fratture nei bambini: il trattamento differisce completamente da quello dell'adulto in quanto le fratture devono comunque essere ridotte e stabilizzate, privilegiando le tecniche "a cielo chiuso"; inoltre, nei bambini è possibile il ricorso alla trazione transcheletrica ed agli apparecchi gessati, sufficientemente ben tollerati a queste età. Esiste una classificazione "storica" di queste fratture proposta da Delbet¹³ che distingue tipo I o separazione trans-epifisaria, con o senza avulsione della testa dall'acetabolo; tipo II o frattura transcervicale; tipo III o frattura cervico-trocanterica; tipo IV o frattura intertrocanterica, essendo II e III tipo maggiormente frequenti. Il trattamento conservativo (riduzione incruenta ed appa-

recchio gessato pelvi-podalico) è riservato alle fratture composte ed a quelle facilmente riducibili e stabili; quello chirurgico, cruento o incruento, a tutte quelle scomposte, utilizzando mezzi di sintesi poco invasivi quali fili di Kirschner o viti cannulate, associando, eventualmente, l'apparecchio gessato per alcune settimane. È fondamentale ricordare come sia estremamente elevata la percentuale di complicazioni in questa fascia di età, con elevatissimo rischio di necrosi avascolare¹⁴¹⁵.



Fig. 1. Frattura mediocervicale composta femore.



Fig. 2. Osteosintesi con tre viti triplanari (AP).

MATERIALI E METODI

Per inquadrare adeguatamente i diversi tipi di frattura, ed i trattamenti da noi eseguiti, abbiamo rivisto la documentazione clinica e radiografica di 689 pazienti (465 donne e 224 uomini di età comprese tra i 45 ed i 102 anni) trattati nel periodo giugno 2003-dicembre 2006 presso l'U.O.A. di Ortopedia e Traumatologia di Belluno per fratture del femore prossimale. Seguendo la suddivisione classica, abbiamo osservato 343 fratture laterali e 346



Fig. 3. Frattura sottocapitata scomposta femore.



Fig. 4. Intervento di sostituzione protesica con endoprotesi cementata biarticolare (AP).



Fig. 5. Frattura basicervicale scomposta femore.



Fig. 6. Intervento di sostituzione protesica con artroprotesi ibrida (AP).

mediali: il nostro protocollo prevede un trattamento chirurgico “quanto più precoce possibile”, ma comunque mai oltre le 48 ore salvo controindicazioni poste dagli anestesisti, con profilassi antibiotica (cefalosporine di I e II generazione) e tromboembolica, emotrasfusione omologa per valori di emoglobina al di sotto di 10 g/l ed abbondante idratazione. Venendo al tema affidatoci, contrariamente al trattamento delle fratture laterali, per le quali ha prevalso nettamente l'inchiodamento endomidollare cervico-cefalico,

quelle mediali sono state caratterizzate da una scelta più ampia: viti cannulate in titanio per spongiosa da 3,5 o 6,5 mm in 60 casi; endoprotesi con cupola biarticolare in 208 casi (130 steli cementati e 78 non cementati); artroprotesi in 76 casi (non cementate 31, ibride 27, cementate 18). Le osteosintesi con viti sono sempre state effettuate su letto di trazione sotto controllo ampliscopico, a cielo chiuso in 56 casi e cruentamente in 4; le endoprotesi sono state eseguite sia con approccio postero-laterale con paziente sul fianco che laterale diretto, mentre le artroprotesi tutte laterale diretto a paziente supino. Il protocollo post-operatorio prevede mobilizzazione precoce in tutti i casi, mentre il carico è proscritto per 3 mesi nelle osteosintesi, ed è viceversa immediato nelle sostituzioni protesiche, ancorché assistito in funzione delle condizioni fisiche e mentali dei pazienti.

Il tasso di mortalità peri-operatoria è stato del 4,7%, quello nel primo anno del 16,9%. Tutti gli altri pazienti hanno recuperato funzionalità ed autonomia comparabili allo stato pre-frattura, pur essendo stati affidati a strutture protette. Tra le principali complicazioni osservate, 2 osteonecrosi successive ad avvistamento; 2 cotiloiditi dopo endoprotesi con necessità di conversione in protesi totale; 3 lussazioni, una di endoprotesi e due di artroprotesi.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

È evidente il costante incremento di fratture del femore prossimale nell'intera popolazione mondiale, ed è quindi di fondamentale importanza un corretto approccio diagnostico e terapeutico per evitare di trasformare un problema traumatologico in uno sociale. La revisione della letteratura internazionale sull'argomento^{6 8 11 12} sembra poter fornire alcune utili indicazioni a riguardo: bambini, adolescenti e pazienti giovani devono essere trattati con riduzione, possibilmente incruenta, della frattura e stabilizzazione con viti nello sforzo di conservare l'articolazione naturale; l'endoprotesi, preferibilmente bi-articolare, è indicata nella popolazione oltre gli 80 anni, e comunque di fronte a pazienti con bassa autonomia e richiesta funzionale; l'artroprotesi nella fascia compresa tra i 60/65 e gli 80 anni, ed in generale nei pazienti con "speranza di vita" superiore a 10 anni.

Fondamentale, anche in questo caso, è l'approccio multidisciplinare: traumatologo, anestesista, internista, geriatra e fisiatra devono concorrere a creare le migliori condizioni per affrontare e superare le problematiche create da una frattura del femore in pazienti che "già vivevano in condizioni di compenso precario...", spesso soli, nei quali è facile osservare complicazioni (es. delirium) che di fat-

to, poi, ne impediscono il recupero, con un costo sociale che ricadrà sulle spalle di tutti.

Come ampiamente dimostrato da studi condotti in Danimarca, Canada, Inghilterra e Stati Uniti^{3 7 9}, a fronte di un generale consenso circa la necessità di operare questo tipo di frattura, non è altrettanto ben identificabile una tecnica chirurgica che si dimostri universalmente utilizzata, in quanto sicuramente in grado di fornire risultati superiori alle altre: in altre parole, la scelta sembra più guidata dalle preferenze e, ovviamente, dall'esperienza e dai risultati conseguiti da ognuno, piuttosto che derivata da un'evidenza scientifica diffusamente riconosciuta.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Monesi M *Fractures of the femoral head*. 1st International Trauma Course 2005; 109-10.
- 2 Caviglia HA, Quintana Osorio P, Comando D. *Classification and diagnosis of intracapsular fractures of the proximal femur*. Clin Orthop Relat Res 2002;(399):17-27.
- 3 Cummings SR, Rubin SM, Black D. *The future of hip fractures in the United States. Numbers, costs, and potential effects of postmenopausal estrogens*. Clin Orthop Relat Res 1990;(252):163-6.
- 4 Wilkins K. *Health care consequences of falls for seniors*. Health Rep 1999;10:47-55.
- 5 American Academy of Orthopaedic Surgeons. *AAOS urges hip fracture care reform*. Am Acad Orthop Surg Bull 1999;47.
- 6 Bandhari M, Deveraux PJ, Tornetta P, et al. *Operative management of displaced femoral neck fractures in elderly patients*. J Bone Joint Surg 2005;87A:2122-30.
- 7 Laursen JO. *Treatment of intracapsular fractures of the femoral neck in Denmark: trends in indications over the past decade*. Acta Orthop Belg 1999;65:478-84.
- 8 Chua D, Jaglal SB, Schatzker J. *An orthopaedic surgeon survey on the treatment of displaced femoral neck fracture: opposing views*. Can J Surg 1997;40:273-7.
- 9 Crossman PT, Khan RJ, McDowell A, et al. *A survey of the treatment of displaced intracapsular femoral neck fractures in the UK*. Injury 2002;33:383-6.
- 10 DeLaMora SN, Gilbert M. *Introduction of intracapsular hip fractures anatomy and pathologic features*. Clin Orthop Relat Res 2002;(399):9-16.
- 11 Skah AK, Eissler J, Radomisli T. *Algorithms for the treatment of femoral neck fractures*. Clin Orthop Relat Res 2002;(399):28-34.
- 12 Koval KJ, Zuckerman JD. *Functional recovery after hip fractures*. J Bone Joint Surg 1994;77A:751-8.
- 13 Delbet P. *Fracture of the femoral neck of the femur in children: a report of six cases*. Am Surg 1928;88:902-910.
- 14 Biggi F. *Le fratture del collo femorale nel bambino*. Riv Ital Ortop Traum Ped 1989;1:23-7.
- 15 Davison BL, Weinstein SL. *Hip fractures in children. A long-term follow-up study*. J Pediatr Orthop 1992;12:355-8.

Femore

Femur

M. Lisanti¹, E. Bonicoli, G. Cantini, A. Baluganti

RIASSUNTO

Il trattamento delle fratture del femore distale negli ultimi 40 anni è notevolmente evoluto. Nonostante ciò rimangono delle fratture difficili da trattare a causa del grave coinvolgimento articolare talvolta associato e con una prognosi spesso non prevedibile. Durante gli anni sono stati proposti numerosi mezzi di sintesi che hanno portato a risultati variabili. Attualmente sembra che le placche a stabilità angolare e i chiodi retrogradi siano gli impianti che diano un maggiore affidamento. Dall'analisi della nostra casistica si evince come, a nostro parere, le placche condiliche a stabilità angolare rimangono il mezzo di sintesi di scelta.

Parole chiave: fratture femore distale, fratture articolari, mezzi di sintesi

SUMMARY

The treatment of distal femoral fractures has evolved during past 40 years. Nevertheless, these fractures remain difficult to treat because of severe articular displacement and carry an unpredictable prognosis.

Over the years, many different implants have been used with varying success. Actually the polyaxial locked-plates and supracondylar nails are the more reliable implants.

Our results show as the condylar locked-plates are the our implant of choice because we can use these kind of device in most case of distal femoral fractures

Key words: distal femoral fractures, articular fractures, fixation devices

EPIDEMIOLOGIA

Le fratture del femore distale rappresentano circa il 6% di tutte le fratture femorali¹⁻³ e interessano circa 37 persone per 100.000 all'anno⁴.

La distribuzione per età è tipicamente bimodale, interessando un primo gruppo di pazienti tra i 15 ed i 50 anni, generalmente maschi, causate da un trauma ad alta energia, ed un secondo gruppo over 50, generalmente donne, provocate da traumi a bassa energia in osso

osteoporotico⁵. L'interessamento articolare è più frequente nel gruppo delle fratture ad alta energia, ma nell'osso osteoporotico spesso si osserva un'elevata comminuzione metafisaria del focolaio di frattura ponendo problemi per la scelta del corretto mezzo di sintesi. L'85% delle fratture distali riguardano il gruppo degli over 50⁶.

A causa della notevole vicinanza delle strutture neurovascolari, le lesioni vascolari possono essere associate nel 3% e quelle neurologiche nell'1% dei casi. Le lesioni meniscali ed osteocondrali nell'8-12% dei casi, mentre nel 15% dei casi è associata una frattura di rotula.

Un capitolo a parte riguarda le fratture periprotetiche del femore distale. Fortunatamente non sono molto comuni interessando dallo 0,3% al 2,5% dei pazienti portatori di una protesi di ginocchio⁷. È verosimile, però, che aumentando il numero di protesi impiantate negli ultimi anni ed aumentando l'età media della popolazione, aumenterà conseguentemente anche il numero delle fratture periprotetiche.

ANATOMIA DELLA FRATTURA

Le fratture distali di femore avvengono a livello di zone di "debolezza". Queste sono rappresentate dal passaggio dalla diafisi alla metafisi, dal piano sagittale lungo la gola intercondiloidea, dove la rotula può svolgere un'azione di cuneo, dalla giunzione tra la troclea ed il condilo mediale o laterale⁸. Nork et al.⁹ hanno inoltre dimostrato che circa il 38% delle fratture articolari del femore distale sono associate ad una frattura coronale (frattura di Hoffa) del condilo femorale che molte volte passa misconosciuta alle comuni immagini radiografiche.

Il muscolo quadricipite, gli adduttori ed il gastrocnemio sono la causa di scomposizione dei vari frammenti di frattura (Fig. 1). Tipicamente una frattura sovracondiloidea si presenta scomposta in varo, accorciata e con il frammento distale angolato posteriormente. Il gastrocnemio inoltre, oltre a flettere il frammento distale, può produrre anche una rotazione ed apertura di una rima di frattura diacondiloidea¹.

PLANNING RADIOLOGICO

La valutazione radiologica di queste fratture consiste in immagini radiografiche standard in AP e LL. Una valutazione TAC dell'estremo distale di femore può rendersi necessaria ogni qual volta sia presente un interessamento articolare o abbiamo il dubbio di una frattura di Hoffa.

U.O. Ortopedia e Traumatologia, ASL 5 Ospedale "F. Lotti", Pontedera (Pisa)
¹ Clinica ortopedica - Università di Pisa.



Fig. 1. Azione dell'inserzioni muscolari sui frammenti di frattura.

CLASSIFICAZIONE

In letteratura ritroviamo diversi sistemi classificativi (secondo Neer¹⁰, Seinsheimer¹¹, Egund e Kolmert¹²), attualmente il sistema classificativo maggiormente usato è quello proposto dall'AO³ (Tab. I), divide le fratture in 3 gruppi principali: extra-articolari, parzialmente articolari (unicondilari) e completamente articolari (bicondilar). A loro volta i gruppi sono suddivisi a seconda del grado di scomposizione e/o di frammentazione del focolo.

TRATTAMENTO CHIRURGICO E SCELTA DEL MEZZO DI SINTESI

Il trattamento delle fratture distali di femore è generalmente chirurgico, lasciando il trattamento conservativo solo in casi selezionati dove la scomposizione della frattura è minima e/o le condizioni del paziente sono talmente instabili da non potere permettere un intervento chirurgico. In questi casi possiamo optare per un trattamento con apparecchio gessato o con trazione trans-scheletrica¹⁰.

Tab. I. Classificazione AO/ASIF sec Muller delle fratture del femore distale.

33 Femore distale

33-A Frattura extra-articolare

33-A1 Semplice

33-A2 Cuneo metafisario

33-A3 Comminute

33-B Fratture monocondilari

33-B1 Condilo laterale, nel piano sagittale

33-B2 Condilo mediale, nel piano sagittale

33-B3 Qualsiasi condilo sul piano coronale "Hoffa"

33-C Fratture bicondilar

33-C1 Articolari semplici, metafisarie semplici

33-C2 Articolari semplici, metafisarie complesse

33-C3 Articolari complesse

Gli scopi del trattamento chirurgico sono quelli stabiliti dalla AO:

1. ricostruzione anatomica delle superfici articolari;
2. ripristino dell'allineamento rotatorio e assiale;
3. sintesi stabile dei condili alla diafisi femorale;
4. riabilitazione funzionale precoce.

Nelle fratture isolate l'intervento definitivo dovrebbe essere eseguito non appena le condizioni cliniche lo permettano, nei casi in cui è necessario attendere dei giorni prima dell'intervento definitivo, come nei politraumi, allora, l'utilizzo di fissatori a ponte, per stabilizzare temporaneamente la frattura, rimane una valida opzione chirurgica.

La posizione del paziente sul tavolo operatorio deve essere quella che permetta una riduzione della frattura e l'esecuzione di accessi chirurgici tramite i quali posizionare i mezzi di sintesi. Per questi motivi è consigliato posizionare il paziente su un letto piano con il ginocchio interessato dalla frattura flesso di circa 60° così da annullare la tensione del gastrocnemio e del grande adduttore responsabili del recurvato e dell'accorciamento della frattura.

La via d'accesso laterale standard permette un'ottima visuale del passaggio tra la diafisi e la metafisi femorale, quando abbiamo un interessamento di solo il condilo laterale questa via non è sufficiente, pertanto è consigliabile eseguire una via laterale con estensione al tubercolo tibiale laterale a livello dell'inserzione della bendelletta ilio-tibiale, quando deve essere ricostruita anche la superficie articolare mediale allora può essere eseguito un accesso paratubero laterale che permette di divaricare la rotula medialmente ed ottenere una buona visuale articolare per eseguire una valida ricostruzione.

Il principio base del trattamento delle fratture articolari consiste nella riduzione e stabilizzazione dei frammenti sotto visione diretta¹³. Quindi dopo avere stabilizzato i frammenti provvisoriamente con fili di Kirschner si ottiene una sintesi stabile con viti da spongiosa da 6,5 mm in compressione interframmentaria. Una volta ridotto e stabilizzato il blocco articolare, questo viene fissato al femore distale con altri impianti. Per le fratture 33-B (monocondiliche) a volte la riduzione e la stabilizzazione con viti può essere eseguita secondo tecnica percutanea e sotto controllo amplioscopico. Per gli altri tipi di frattura è necessario l'uso di placche o di chiodi retrogradi che stabilizzino i condili alla diafisi.

L'utilizzo delle classiche placche come la lama placca a 95° (ABP) o la vite condilica a compressione dinamica (DCS)¹⁴ hanno dimostrato la loro efficacia nel trattamento delle fratture extra-articolari complesse (33-A3) e di quelle articolari semplici (33-C1). Questi sistemi di sintesi garantiscono un'eccellente stabilità rotatoria del segmento distale a scapito di una tecnica chirurgica impegnativa, specialmente per l'ABP, ed un'ampia esposizione dei frammenti ossei. In casi di fratture tipo C2 o C3 le placche ABP o DCS non garantiscono una sufficiente stabilità specialmente nei casi dove vi erano rime di frattura sul piano coronale. Per tale motivo furono introdotte le placche condiliche di sostegno (CBP) che erano caratterizzate da una porzione distale allargata che si adatta alla regione condilica e quindi permette il posizionamento di più viti a compressione. Non essendo però placche a stabilità angolare c'era un alto rischio che le viti si potessero mobilizzare a livello della placca e determinare il fallimento dell'impianto. Inoltre quando la frattura interessava il muro mediale esisteva il rischio di un'angolazione

in varo del femore distale correggibile solo con un'altra placca mediale ed innesti ossei¹⁴.

L'introduzione delle placche LCP, di placche a stabilità angolare e di strumentari che permettano il posizionamento dei mezzi di sintesi con minori esposizioni chirurgiche ha permesso grandi vantaggi riguardo al risparmio dei tessuti molli e della vascolarizzazione periostale sia riguardo alla riduzione e stabilità del focolaio di frattura.

La possibilità di utilizzare placche di forma dedicata per il femore distale offre il vantaggio di poter scegliere la posizione delle viti distribuendole su una vasta zona, inoltre l'ancoraggio delle viti alla placca evita l'inconveniente di mobilizzazioni dell'impianto e permette un maggior controllo dell'allineamento in varo, quando è assente il sostegno osseo mediale.

Nel caso di grave comminuzione articolare è necessario ricostruire la voluta cartilaginea dei condili femorali. In queste situazioni l'utilizzo di bacchette di acido poliglicolico (PDS) riassorbibile si è dimostrata una tecnica affidabile e sicura.

Il chiodo retrogrado o sovracondilico¹³ trova indicazioni nelle fratture 33A e 33C1, è un mezzo di sintesi che permette una stabilità adeguata a lungo termine grazie alla sua stabilità assiale e in flessione, d'altro canto l'allineamento corretto dei frammenti articolari può essere difficoltoso, e nelle fratture extra-articolari è comunque necessaria un'artrotomia per introdurre il mezzo di sintesi.

L'utilizzo del fissatore esterno viene riservato solo alle fratture con grave comminuzione articolare e sofferenza dei tessuti molli, nelle fratture esposte o nei politraumi dove l'intervento definitivo deve essere rimandato per le condizioni generali del paziente. In questi casi l'utilizzo del fissatore a ponte è una tecnica veloce e semplice che permette di stabilizzare temporaneamente la frattura.

COMPLICANZE

La più temibile rimane l'infezione. La frequenza media è intorno al 7% e i fattori che ne aumentano il rischio sono i traumi ad alta energia con importante devascularizzazione dei frammenti ossei, fratture esposte ed accessi troppo vasti e prolungati. Quando si decide di posizionare il fissatore esterno è bene tenere presente che il rischio infettivo aumenta dal 7% al 30% quando l'intervento definitivo viene ritardato di 14 giorni¹⁵. Fondamentale eseguire un adeguato *debridement* dei tessuti contaminati.

La pseudoartrosi può interessare fino al 4% dei casi. Dobbiamo affermare che l'introduzione dei nuovi mezzi di sintesi e le tecniche chirurgiche più rispettose dei tessuti hanno permesso la riduzione dell'incidenza di questa complicanza.

I vizi di consolidazione comprendono il mal allineamento in varo (specialmente con le placche), in valgo, i difetti di rotazione (specialmente con i chiodi) e gli accorciamenti.

Un'altra complicanza temibile è rappresentata dal fallimento del mezzo di sintesi rappresentato dalla mobilizzazione di viti o placche a causa di una cattiva qualità ossea (osteopenia) o da una grave comminuzione sovracondiloidea. Possiamo assistere anche alla rottura del mezzo di sintesi, questa può essere causata da un'eccessiva distrazione del focolaio di frattura che porta ad un ritardo di consolidazione e ad un'elevata tensione sulla placca.

MATERIALE E METODO

Dal gennaio 2002 al gennaio 2006, presso la U.O. di Ortopedia e Traumatologia dell'ASL 5 di Pontedera, Pisa, sono state operate 65 fratture del femore distale, di queste 55 sono state richiamate a controllo. 46 erano fratture sovracondiloidee con interessamento articolare parziale (33-A1,2,3 B1,2), 9 avevano un interessamento articolare totale (33-C1,2,3). L'età media era di 65,1 anni (18-91). In 26 pazienti il femore interessato era il dx, in 25 il sin e 2 pazienti hanno avuto una frattura sovracondiloidea bilaterale. In 8 casi alla frattura distale di femore era associata un'altra frattura. In 6 casi si trattava di fratture periprotetiche (Fig. 2), tutte e 6 trattate con placche a stabilità angolare. In un caso si trattava di una frattura patologica su metastasi da carcinoma.

In tutti i casi sono state eseguite delle radiografie del ginocchio e del femore in AP e LL, la TAC dell'estremo distale del femore è stata richiesta nei casi di grave comminuzione articolare o per studiare un'eventuale frattura di Hoffa.

Il trattamento di scelta in 46 casi è stata la riduzione a cielo aperto e la stabilizzazione con placca a stabilità angolare (Fig. 3). 4 casi sono stati trattati con osteosintesi di minima (fili di K o viti ASNIS per cutanee) e gesso, in 3 casi è stato utilizzato un chiodo retrogrado, in un caso è stato utilizzato un chiodo endomidollare anterograde ed in un caso è stato impiantato un fissatore esterno poiché si trattava di una frattura esposta (Gustillo 3).



Fig. 2. Frattura periprotetica trattata con placca LISS-DF.



Fig. 3. Frattura distale di femore 33-C1 in uomo di 23 anni. Trattamento con placca a stabilità angolare. Consolidazione a 4 mesi. Buono il controllo clinico e radiografico ad un anno.

Le placche a stabilità angolare impiantate sono state in 18 casi LISS-DF (Synthes) ed in 28 casi la placca O'Nil, nella totalità dei casi è stato usato un accesso laterale al femore distale con estensione al compartimento laterale al ginocchio se c'era la necessità di una esposizione articolare. In 21 casi alla placca è stata associata una sintesi con viti ASNIS intercondiloidee per stabilizzare la frattura articolare.

Il trattamento post-operatorio è stato di permettere un ROM di 0-30° passivo fin dalla prima giornata post-operatoria, se la qualità ossea e la stabilità ottenuta dava garanzie di tenuta. Ogni giorno il ROM passivo veniva aumentato di 10° fino ad arrivare ad un arco di movimento di 0-90°. Il carico parziale è stato concesso a 6 settimane dall'intervento ovviamente basandosi sulle radiografie di controllo.

RISULTATI

Il follow-up medio è stato di 31 mesi (min. 12, max. 48). In 50 casi abbiamo raggiunto un completo consolidamento in 4,6 mesi. In 4 casi abbiamo avuto un ritardo di consolidazione. Un caso è esitato in pseudoartrosi. Il ROM medio è stato di 100° di flessione. In 2

casi abbiamo avuto una rottura di placca ed in 3 abbiamo dovuto eseguire un reintervento per una mobilizzazione dell'impianto.

In un solo caso abbiamo avuto un'infezione. Si trattava di un paziente di 18 anni con una frattura sovra-diacondiloidea gravemente comminuta ed esposta (Gustillo 3) avvenuta in seguito ad incidente automobilistico, trattata inizialmente con fissazione esterna, esitava in pseudoartrosi infetta. Il quadro si è risolto a distanza di 14 mesi dopo altri 3 interventi, terapia antibiotica locale e sistemica e la sostituzione del fissatore esterno con una placca a stabilità angolare (Fig. 4).

In 4 casi è stato necessario rimuovere i mezzi di sintesi per migliorare il ROM.

I peggiori risultati li abbiamo osservati nei pazienti anziani, nelle gravi comminazioni articolari e quando era associata una frattura di rotula.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il miglioramento dei mezzi di sintesi e l'attenzione sempre maggiore verso accessi chirurgici più rispettosi per i tessuti molli ha permesso che il trattamento chirurgico diventasse il trattamento di scelta per la cura delle fratture distali di femore¹⁵.

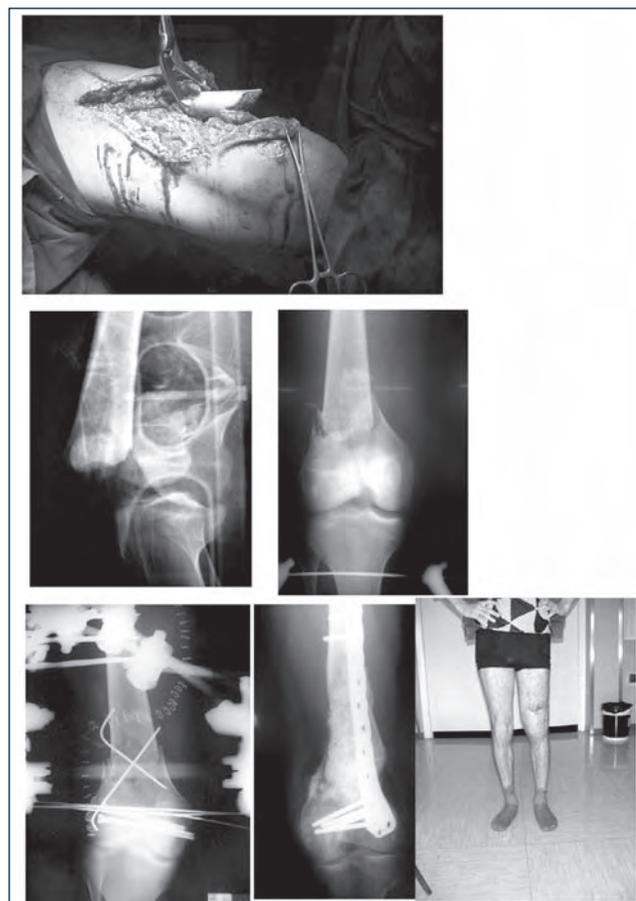


Fig. 4. Frattura 33-C2 gravemente esposta in giovane di 18 anni. Inizialmente trattamento con fissatore esterno e sintesi di minima. Esitava in pseudoartrosi infetta, risoltasi a distanza di un anno dopo altri 2 interventi di revisione e bonifica del focolaio infetto e sua stabilizzazione con placca a stabilità angolare.

Viceversa la questione rimane aperta riguardo l'impianto da utilizzare per il tipo di frattura e il tipo di paziente. Studi di biomeccanica hanno dimostrato i vantaggi delle placche a stabilità angolare rispetto alle DCS¹³. Il chiodo retrogrado si è, invece, dimostrato meno affidabile per la stabilità rotazionale della frattura, mentre ha evidenziato un'elevata stabilità ai carichi assiali e di taglio.

Non è ancora possibile determinare quanto questi risultati possono essere riscontrabili e quindi influenzare la pratica clinica.

Nella nostra casistica il mezzo di sintesi più utilizzato è stata la placca a stabilità angolare con risultati più che soddisfacenti. A nostro parere questa tipologia d'impianto rimane la più versatile, in quanto può essere utilizzata in quasi tutte le tipologie di frattura e offre delle garanzie di stabilità tridimensionale maggiori rispetto al chiodo retrogrado e agli altri mezzi di sintesi.

Nonostante ciò la scelta del mezzo di sintesi rimane dipendente da vari fattori quali la qualità dell'osso, il tipo di frattura, la presenza di esposizione e la confidenza del chirurgo verso un impianto.

Infine, è bene ricordare che indipendentemente dal mezzo di sintesi utilizzato, il fattore determinante un risultato soddisfacente risiede in una precisa riduzione diretta per la componente articolare e una riduzione indiretta approssimativa per la componente meta-diafisaria pur nel rispetto della ricostruzione degli assi e delle rotazioni femorali^{13,15}.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Forster MC, Komarsamy B, Davison JN. *Distal femoral fractures: a review of fixation methods*. Injury 2006;37:97-108.
- ² Higgins TF. *Distal femoral fractures*. J Knee Surg 2007;20:56-66.
- ³ Ruedi TP, Murphy WM. *Principi AO per il trattamento delle fratture*. Roma: CIC 2002.
- ⁴ Zlowodzki M, Bhandari M, Marek DJ, et al. *Operative treatment of acute distal femur fractures: systematic review of 2 comparative studies and 45 case series (1989 to 2005)*. J Orthop Trauma 2006;20:366-71.
- ⁵ Martinet O, Cordey J, Harder Y, et al. *The epidemiology of fractures of the distal femur*. Injury 2000;31:C62-3.
- ⁶ Kolmert L, Wulff K. *Epidemiology and treatment of distal femoral fractures in adults*. Acta Orthop Scand 1982;53:957-62.
- ⁷ Dennis DA. *Peri-prosthetic fractures following total knee arthroplasty*. J Bone Joint Surg 2001;83A:120.
- ⁸ Aglietti P, Buzzi R. *Fractures of the femoral condyles*. In: Insall JN, Windsor RE, Scott WN, Kelly MA, Aglietti P, eds. *Surgery of the knee*. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone 1993.
- ⁹ Nork SE, Segina DN, Aflatoon K, et al. *The association between supracondylar-intercondylar distal femoral fractures and coronal plane fractures*. J Bone Joint Surg 2005;87:564-69.
- ¹⁰ Neer II CS, Grantham SA, Shelton ML. *Supracondylar fractures of the adult femur*. J Bone Joint Surg 1967;49:591-613.
- ¹¹ Seinsheimer F. *Fractures of the distal femur*. Clin Orthop 1980;153:169-79.
- ¹² Egund N, Kolmert L. *Deformities, gonarthrosis and function after distal femoral fractures*. Acta Orthop Scand 1982;53:963-74.
- ¹³ Krettek C, Schandelmaier P, Tschernke H. *Distal femoral fractures. Transarticular reconstruction, percutaneous plate osteosynthesis and retrograde nailing*. Unfallchirurg 1999;1:2-10.
- ¹⁴ Sanders R, Regazzoni P, Ruedi TP. *Treatment of supracondylar-intracondylar fractures of the femur using the dynamic condylar screw*. J Orthop Trauma 1989;3:214-22.
- ¹⁵ Causero A, Moretti A, Marcolini E, et al. *Le fratture del femore distale: impostazione del problema, mezzi di sintesi e loro limiti*. GIOT 2006;32(Suppl.1):92-101.

Fratture di tibia al ginocchio

Fractures of proximal tibia

A. Berizzi, M. Pavlidou, R. Aldegheri

RIASSUNTO

Le fratture articolari della tibia prossimale rappresentano una difficile sfida per il chirurgo ortopedico. Il danno articolare seguente al trauma, se non ben riparato può essere infatti causa di grave disabilità. Il trattamento di queste fratture negli anni ha subito grosse evoluzioni. Noi riportiamo la nostra esperienza degli ultimi 6 anni, in cui sono state applicate diverse tecniche chirurgiche. I risultati ottenuti confermano quanto già riportato in letteratura riguardo alla necessità di ottenere il ripristino della superficie articolare, e di fornire una sintesi stabile tale da permettere la mobilizzazione precoce del ginocchio.

Parole chiave: tibia prossimale, fratture articolari, sintesi interna

SUMMARY

Intraarticular proximal tibial fractures represent a big challenge for the orthopaedic surgeon. The damage to the articular surface could lead to great disability if the surgeon is not able to restore his congruency. The treatment of these fractures have been changed during the past years. We report our experience during the last 6 years. In this period of time we applied different surgical technique. Our results are in line with the data reported in literature. The attention must be paid to the restoration of the joint surface and to the stability of the fixation, in order to permit early passive motion of the knee.

Key words: proximal tibia, articular fractures, internal fixation

INTRODUZIONE

Le fratture articolari della tibia prossimale sono spesso causa di sequele gravemente invalidanti. Per limitare il danno articolare permanente legato a queste bisogna avere ben chiari gli obiettivi del loro trattamento. Questi sono: la ricostruzione anatomica della superficie articolare, il ripristino dell'asse meccanico del ginocchio, la conservazione della stabilità articolare e il mantenimento dell'arco di movimento. Questi obiettivi sono difficili da raggiungere per problemi legati all'entità del danno cartilagineo, alla qualità e quantità dell'osso residuo e alla compromissione dei tessuti molli, comprendendo in questi sia i tegumenti sia l'apparato capsulo-ligamentoso e meniscale.

Le fratture della tibia prossimale rappresentano l'1% di tutte le fratture dell'adulto ma arrivano all'8% di tutte le fratture dell'anziano. Il condilo tibiale laterale è coinvolto nel 55-70% dei casi, il condilo tibiale mediale nel 10-20% dei casi mentre le fratture che coinvolgono entrambe vanno dal 10 al 30% dei casi riportati in letteratura ¹.

Le fratture della tibia prossimale possono essere divise in base alla sede di frattura e in base al meccanismo: fratture intrarticolari o extrarticolari (metafisarie), fratture a bassa energia o fratture ad alta energia. Le fratture articolari sono causate dalla somma di una forza diretta sul ginocchio associata ad un carico assiale. Le fratture metafisarie possono essere dovute a trauma diretto (alta energia) o a trauma indiretto. La comminuzione della frattura è legata all'energia del trauma.

In base a queste caratteristiche sono state sviluppate differenti classificazioni. Attualmente le due classificazioni più applicate sono la classificazione AO ² che comprende sia le fratture articolari sia le fratture extrarticolari e la classificazione di Schatzker ³, che contempla solo le fratture articolari.

Scopo della nostra ricerca è la valutazione dei risultati funzionali a distanza di una serie consecutiva di casi operati presso la Clinica Ortopedica e Traumatologica dell'Università di Padova, confrontando le differenti indicazioni terapeutiche proposte negli anni per i differenti gruppi di fratture.

MATERIALI E METODI

Sono stati raccolti, per una valutazione retrospettiva, i dati di 124 pazienti affetti da frattura articolare della tibia prossimale, trattati chirurgicamente da gennaio 2000 a gennaio 2007. Di questi 48 erano donne e 76 uomini (rapporto di 3:2), la cui età media all'intervento era di 49 anni (da 16 a 87). Il lato destro era coinvolto in 57 casi, il sinistro in 67. Tutte le fratture erano chiuse.

Il meccanismo traumatico è stato in 88 casi dovuto a incidenti della strada, in 27 casi a cadute accidentali, in 7 casi a traumi da attività sportiva (sci alpino), e in 2 casi a incidenti sul lavoro. Sono stati inclusi 4 pazienti politraumatizzati, 1 paziente affetto da grave vasculopatia periferica d'origine diabetica e 1 paziente gravemente obesa.

Le 124 fratture sono state suddivise secondo la classificazione di Schatzker ³ in 6 gruppi: gruppo 1 (n = 32), fratture del condilo tibiale esterno, senza affondamento della superficie articolare, generalmente da trauma a bassa energia; gruppo 2 (n = 51), fratture del condilo tibiale esterno con affondamento della superficie articolare da compattazione dell'osso spongioso epifisario, generalmente da traumi a medio-alta energia; gruppo 3 (n = 6), affondamento della superficie articolare tibiale laterale senza frattura della parete del

condilo; gruppo 4 (n = 11), fratture del condilo tibiale interno, con o senza affondamento della superficie articolare; gruppo 5 (n = 16), fratture di entrambe i condili tibiali; gruppo 6 (n = 8) fratture di entrambe i condili tibiali, con comminazione del massiccio delle spine tibiali ed estensione metafisaria della rima.

Il protocollo di trattamento prevedeva al ricovero il posizionamento in doccia gessata delle fratture dei gruppi da 1 a 4 e l'applicazione di trazione transcalcaneare per le fratture dei gruppi 5 e 6.

La prima diagnosi, eseguita in Pronto Soccorso, è stata effettuata su radiogrammi del ginocchio in proiezione antero-posteriore, latero-laterale e obliqua. Dal gennaio 2004 abbiamo associato routinariamente un esame TC preoperatorio per meglio definire il grado di affondamento della superficie articolare, la disposizione e le dimensioni dei frammenti ossei di frattura ⁴.

Il protocollo prevedeva l'intervento chirurgico nelle prime 24-48 ore dal trauma. In un caso di grave edema e compromissione dei tessuti tegumentari perilesionali abbiamo posizionato un fissatore esterno temporaneo a ponte dell'articolazione del ginocchio, per facilitare la normalizzazione del quadro.

Sono state utilizzate 4 diverse tecniche chirurgiche: riduzione chiusa e sintesi interna (viti percutanee e o fili di Kirschner), riduzione chiusa o aperta e sintesi con fissazione esterna ibrida, riduzione aperta e sintesi interna con viti, riduzione aperta e sintesi con viti e placche in appoggio. Fino al 2005 abbiamo utilizzato viti in acciaio a doppio dado (viti di Barr), viti da spongiosa classiche e cannulate, in acciaio o lega di titanio. Dal 2005 utilizziamo solo viti cannulate in titanio, di vario diametro. Le placche per osteosintesi utilizzate erano in lega di titanio. Abbiamo utilizzato placche anatomiche fino al 2003 e a stabilità angolare dopo di allora.

L'intervento chirurgico è stato sempre eseguito in ischemia. Nei

casi di riduzione e sintesi aperta (n = 76) abbiamo eseguito nei gruppi 1, 2 e 3 l'accesso laterale al ginocchio (n = 59), con artroscopia sottomeniscale, nel gruppo 4 l'accesso mediale al piatto tibiale (n = 6), nei gruppi 5 e 6 abbiamo utilizzato il doppio accesso, mediale e laterale (n = 11).

Nel 22,5% dei casi (n = 28) si è provveduto a riempire il gap osseo mediante innesti autoplastici, prelevati dalla cresta iliaca omolaterale (19 casi nel gruppo 2, 4 casi nel gruppo 3, 4 casi nel gruppo 5 e 1 caso nel gruppo 6).

Gli interventi eseguiti, nei diversi gruppi sono riportati nella Tabella I.

È stato seguito un protocollo di profilassi antibiotica *short term* mediante cefazolina 2 g in bolo 20 minuti prima dell'inizio dell'intervento, seguiti da dosi di 1 g ogni 8 ore per le prime 36 ore.

È stato pure seguito un protocollo di profilassi per la trombosi venosa profonda utilizzando eparine a basso peso molecolare (nadroparina sodica): la profilassi veniva iniziata all'ingresso e proseguita fino alla concessione del carico parziale.

Il protocollo post-operatorio prevedeva 3 opzioni: a) immobilizzazione in doccia gessata (n = 19) nei casi di sintesi giudicata non stabile; b) posizionamento di tutore articolato (n = 72) nei casi di instabilità legamentosa residua valutata a termine di intervento con inizio immediato della mobilizzazione del ginocchio; c) mobilizzazione libera immediata (n = 33) negli altri casi. In tutti i casi veniva prescritto scarico assoluto sull'arto operato per 4 settimane seguito da carico parziale per altre 4 settimane. La rimozione dei mezzi di sintesi non era prevista routinariamente.

I pazienti sono stati sottoposti a controllo clinico e radiografico a 1, 2, 3 e 6 mesi, seguiti da controlli periodici nel tempo.

La durata media del follow-up è stata di 3,5 anni (min. 6 mesi, max. 7 anni).

Tab. I. Interventi chirurgici eseguiti suddivisi per gruppo, secondo la classificazione di Schatzker, e per tipologia di intervento.

	Gruppo/sintesi	Riduzione chiusa	Riduzione aperta	Innesti ossei	Artroscopia	Note
1	Fili di Kirschner	1	1	0	0	
	Viti	23	5	0	2	
	Placche LCP	0	20	0	0	
2	Fili di Kirschner	0	1	1	0	
	Viti	3	24	14	0	1 meniscectomia 1 sutura meniscale
	Placche LCP	0	23	4	0	1 meniscectomia 1 sutura meniscale
3	Viti	2	1	1	1	
	Placche LCP	0	3	3	0	
4	Viti	4	1	0	0	
	Placche LCP	1	5	0	0	
5	Viti	6	0	0	0	
	Placche LCP	0	9 (doppie placche)	4	0	9 doppi accessi chirurgici
	Fissatore ibrido	1	0	0	0	
6	Viti	0	1	0	0	
	Placche LCP	0	3 (2 doppie, 1 LISS)	1	0	2 doppi accessi chirurgici 1 sutura meniscale
	Fissatore ibrido	4	0	0	0	3 viti con miniaccesso

I parametri di valutazione considerati sono stati la funzione, il grado di affondamento articolare, l'asse meccanico dell'arco inferiore e il grado di artrosi.

La valutazione clinica e funzionale è stata realizzata utilizzando la classificazione della *Knee Society* ⁵.

La valutazione clinica è stata ottenuta prima sommando i punti assegnati per il dolore, per la limitazione dell'articolazione e la stabilità; poi sottraendo al punteggio ottenuto la somma dei punti relativi all'assetto meccanico, alle contratture in estensione e ai difetti di allineamento.

La valutazione funzionale è stata ottenuta sommando un punteggio relativo alla qualità del cammino, della necessità di supporti, all'abilità a scendere e a salire le scale: 50 punti sono assegnati al dolore, 25 alla stabilità, e 25 all'articolazione.

I risultati sono stati considerati separatamente per clinica e funzione come: eccellenti (punteggio 85/100), buoni (punteggio 74/83), mediocri (punteggio 60/73), cattivi (punteggio < 60). Abbiamo considerato positivi i risultati eccellenti e buoni e negativi i risultati mediocri o cattivi.

L'affossamento articolare è stato misurato disegnando una linea parallela alla superficie articolare del piatto integro (in caso di frattura dei due piatti tibiali si considera il livello del piatto del ginocchio sano controlaterale). I risultati sono stati così classificati:

- eccellenti → assenza di affossamento
- buoni → < 5 mm di affossamento
- mediocri → 5,10 mm di affossamento
- cattivi → > 10 mm di affossamento

Sono stati considerati come positivi i valori di affossamento dei gruppi eccellenti e buoni.

L'asse anatomico è stato calcolato secondo i metodi standard della letteratura (centro della testa femorale, spine tibiali, centro della tibio-tarsica). I risultati dell'allineamento ottenuto sono stati valutati come ⁶:

- eccellenti → varo 0° / valgo 3-6°
- buoni → varo 1-2° / valgo 7-11°
- mediocri → varo 3-4° / valgo 12-14°
- cattivi → varo > 4° / valgo ≥ 15°

I valori eccellenti e buoni sono stati considerati corrispondenti ad un asse corretto.

Il grado di artrosi è stato valutato secondo la classificazione di Weigel e Marsh ⁷, in base alla quale i risultati sono stati così suddivisi:

- eccellenti → artrosi stadio 0: assente
- buoni → artrosi stadio 1: piccoli osteofiti, rima articolare normale
- mediocri → artrosi stadio 2: osteofiti, rima articolare ristretta
- cattivi → artrosi grado 3: osteofiti, rima articolare scomparsa

Anche in tal caso sono stati considerati positivi i risultati eccellenti e buoni; negativi risultati mediocri o cattivi.

RISULTATI

I risultati clinici sono stati positivi nel 79% dei casi (eccellenti 62,5%, buoni 16,7%); i risultati funzionali sono sovrapponibili, essendo positivi nel 75% dei casi (eccellenti 69,6%, buoni 5,4%).

Eseguendo la media fra lo *score* clinico e quello funzionale per ogni paziente, risultano 84 pazienti (67,8%) con giudizio eccellente, 14 pazienti con giudizio buono (10,7%), 11 pazienti con giudizio mediocre (8,9%) e 15 pazienti (12,5%) con giudizio cattivo.

L'asse anatomico è rimasto corretto nel 91% dei casi, abbiamo rilevato un malallineamento in 11 pazienti.

Per quanto riguarda la gonartrosi, i risultati radiografici sono stati positivi nel 78,6% dei casi, ovvero corrispondenti ad una artrosi di stadio 0 nel 53,6% e di stadio 1 nel 25% dei casi.

Infine, valori nulli o del tutto accettabili di affossamento si sono registrati nel 89,3% dei casi.

Abbiamo raffrontato il tipo di frattura con il risultato clinico, funzionale e radiografico.

Nelle fratture dei gruppi 1, 2, 3, e 4 i risultati clinici positivi (eccellenti e buoni) sono stati l'85,7%, quasi la totalità eccellenti. Non si è riscontrata artrosi nel 65,6% dei casi; l'asse è risultato conservato nell'85,7% dei casi; nei 2/3 dei casi non si è rilevato alcun affossamento residuo del piatto.

Nelle fratture dei gruppi 5 e 6, i risultati clinici e funzionali sono stati positivi nel 66,6% dei casi, ovvero 1/3 dei casi sono stati considerati mediocri e cattivi. L'artrosi è stata riscontrata nei 2/3 dei casi; l'asse è risultato normale nel 76,2% dei casi. Non si è rilevato affossamento nel 71,4% dei casi.

Abbiamo poi rapportato i risultati clinici, funzionali a quelli radiografici.

Nel gruppo dei risultati clinici/funzionali eccellenti (84 pazienti, 67,8% dei casi) non si è riscontrata artrosi nel 60,5% dei casi, e artrosi di stadio 1 nel 26,3% dei casi; un difetto di allineamento dell'asse in valgismo di circa 10° solo in 2 casi, e un affossamento di grado tollerabile nel 23,7% dei casi. Nei 26 casi insoddisfacenti dal punto di vista clinico/funzionale, l'artrosi era sempre di grado 2-3; l'asse anatomico alterato e l'affossamento sempre riscontrabile.

Abbiamo quindi considerato un fattore relativo al paziente, quale l'età, e lo abbiamo correlato ai risultati clinici, funzionali e radiografici. I pazienti sono stati divisi in due gruppi di età, rispettivamente inferiori a 49 anni (61 pazienti) o superiori (i rimanenti 63). Nel gruppo dei pazienti con meno di 49 anni, i risultati clinici/funzionali eccellenti sono stati il 90,5%. L'artrosi assente o lieve nel 81% dei casi; alterazioni dell'asse solo in 2 pazienti; un affossamento, peraltro accettabile, nel 14,3% dei casi.

Nel secondo gruppo di pazienti, con più di 49 anni, abbiamo un 54,3% di risultati clinici eccellenti. Assenza di artrosi nel 48,6% dei casi; deviazioni residue dell'asse nel 23% dei casi; affossamenti significativi nel 40% dei casi.

Abbiamo avuto infezione precoce nel 3,2% dei casi (n = 4). La prima in un paziente poltraumatizzato tossicodipendente, la seconda in paziente diabetico affetto da grave arteriopatia, la terza in un paziente diabetico in buon compenso e la quarta in una paziente gravemente obesa. In tre casi il quadro si è risolto con ripetute toilette chirurgiche, lavaggi intraoperatori con sodio ipoclorito allo 0,05% e terapia antibiotica mirata e prolungata. In un solo caso abbiamo dovuto rimuovere i mezzi di sintesi e affidare il paziente al chirurgo plastico per la copertura dell'esposizione ossea mediante lembo muscolare di rotazione.

Abbiamo riscontrato strumentalmente una TVP nel 5% dei casi (n = 6).

Abbiamo avuto un caso di grave necrosi cutanea, con esposizione parziale della placca, guarita per seconda intenzione in una paziente di 87 anni.

DISCUSSIONE

I risultati clinici e funzionali ottenuti appaiono strettamente correlati al gruppo di appartenenza nella classificazione di Schatzker, confermando il significato prognostico di tale classificazione che esprime la complessità e la gravità della frattura. Oltre al tipo di frattura così classificata anche il fattore età appare condizionare pesantemente il risultato, indipendentemente dal trattamento effettuato. Infatti i migliori risultati clinici, funzionali e radiografici li abbiamo riscontrati nel gruppo dei pazienti con età inferiore ai 40 anni, la cui migliore qualità della struttura ossea consente una ricostruzione dell'asse portante ottimale.

Il ripristino della superficie articolare, il riempimento di gap ossei e la sintesi stabile appaiono essere requisiti fondamentali per ottenere un buon risultato. Inoltre la riparazione di un menisco lesionato, quando possibile, permette di ottenere una sufficiente congruenza articolare anche in presenza di lievi difetti di ricostruzione della superficie articolare, migliorando il risultato funzionale e limitando l'insorgenza di artrosi secondaria (6).

L'utilizzo di un doppio accesso chirurgico nei casi di frattura dei gruppi 5 e 6 ci ha permesso di affrontare queste fratture complesse ottenendo sempre una buona riduzione unita ad una sintesi estremamente stabile, senza problemi di necrosi cutanea.

In tutti i casi in cui siamo ricorsi a prelievo di osso dalla ala ilaca per innesto non abbiamo notato l'insorgenza di disturbi dal sito di donazione.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Hohl M. *Part I: Fractures of the proximal tibia and fibula*. In: Rockwood C, Green D, Bucholz R, eds. *Fractures in adults*. 3rd ed. Philadelphia: JB Lippincott 1991: 1725-61.
- ² Muller ME, Nazarian S, Koch P, et al. *The comprehensive classification of fractures and long bones*. Berlin: Springer-Verlag 1990.
- ³ Schatzker J, McBroom R, Bruce D. *Tibial plateau fractures: the Toronto experience 1968-1975*. Clin Orthop 1979;138:94-104.
- ⁴ Blaser PF, Wicky S, Husmann O, et al. *Apport du CT-3D dans le diagnostic et le traitement des fractures des plateaux tibiaux*. Swiss Surg 1998;4:180-6.
- ⁵ Insall JN, Dorr LD, Scott RD, et al. *Rationale of the knee society clinical rating system*. Clin Orthop 1989;248:13-4.
- ⁶ Zatti G, Bini A, Surace MF, Cherubino P. *Trattamento chirurgico delle fratture dell'estremo prossimale di tibia: revisione della casistica in relazione ai fattori prognostici*. Chir Org Mov 2000;85:371-80.
- ⁷ Weigel DP, Marsh JL. *High energy fractures of the tibial plateau*. J Bone Joint Surg 2002;84-A:1541-51.

Lesioni traumatiche del rachide cervicale

Traumatic lesions of cervical spine

S. Boriani, M. Palmisani, L. Amendola, L. Boriani, F. De Iure

INTRODUZIONE

Le lesioni traumatiche del rachide cervicale hanno un grande impatto medico e sociale. La gravità dei possibili postumi e il loro costo in termini umani e sanitari impone l'ottimizzazione dei tempi e delle tecniche del trattamento. Ripristino della stabilità e della motilità, prevenzione e trattamento dei danni neurologici sono gli obiettivi prioritari ai quali tende un percorso terapeutico che va dal soccorso sul luogo dell'incidente al trattamento riabilitativo. L'adozione di criteri ormai comunemente accettati consente una valutazione dei risultati su casistiche omogenee, finalizzata al miglioramento dei percorsi e delle tecniche chirurgiche e alla definizione di standard più avanzati.

Il rachide cervicale superiore (RCS: C0-C2) ed inferiore (RCI: C3-C7) sono caratterizzati da diversità anatomiche e funzionali che implicano trattamenti differenziati. Analogamente, le classificazioni delle lesioni, mezzo sia pur imperfetto ma indispensabile ai fini della indicazione chirurgica e del confronto dei risultati, sono separate per i due tratti di colonna. Nel RCS sono ampiamente accettate le classificazioni di Anderson e Montesano¹ per i condili occipitali, di Dickman² per le lesioni osteolegamentose di C1, di Fielding e Hawkins³ per le lussazioni rotatorie C1-C2, di Anderson e D'Alonzo⁴ per le fratture dell'odontoide, di Effendi⁵ per le spondilolisi traumatiche di C2. Nel RCI la *Cervical Spine Research Society* consiglia l'adozione della classificazione di Allen modificata⁶. Si tratta di una classificazione patogenetica esaustiva ma di non trascurabile complessità, che include lesioni di improbabile osservazione o mai osservate⁷. In Europa è ugualmente accettata la classificazione proposta da Argenson et al.⁸, forse meno esaustiva della precedente, ma sicuramente intuitiva e di immediato riscontro radiografico, quindi di facile applicazione e di agevole correlazione con l'indicazione chirurgica.

MATERIALE E METODO: CASISTICA TOTALE

Dal dicembre 1996 al maggio 2007 su 966 pazienti con traumi vertebrali trattati chirurgicamente, 307 hanno subito un trauma del rachide cervicale. In 279 pazienti l'intervallo fra trauma e ricovero è stato inferiore ai 10 giorni, con un totale di 311 vertebre fratturate. Centoquattro lesioni principali sono localizzate al RCS e 175 al RCI. Un paziente che aveva riportato una doppia lesione al RCS e al RCI entrambe trattate chirurgicamente è stato considerato

nel gruppo dei RCS. Si tratta complessivamente di 201 maschi e 78 femmine con un'età media di 41 anni (*range*: 1-88). Sessanta pazienti erano politraumatizzati; ventotto casi presentavano fratture in altri distretti; trentadue pazienti presentavano una lesione traumatica vertebrale associata: in 21 casi una seconda lesione cervicale (definita minore e trattata incruentemente, in *halo-vest* o in collare tipo Philadelphia [Figg. 1, 2]) e in 11 casi del tratto toracolumbale (5 di questi trattati chirurgicamente). Per quanto concerne il RCS: 12 casi (11,5%) presentavano interessamento neurologico (2A, 2B, 2C e 6D secondo la classificazione di Frankel), 89 casi (85,5%) non presentavano alcuna sintomatologia neurologica e 3 pazienti risultavano non valutabili (Tab. I). Nel RCI: 94 pazienti (54%) avevano subito un danno midollare (42A, 14B, 24C, 12D e 2 non valutabili, in base alla classificazione di Frankel), in 27 casi (15%) si era riscontrata una lesione radicolare (C5 in 6 casi, C6 in 14 casi, C7 in 20 casi, C8 in 8 casi in alcuni casi più radici sono interessate contemporaneamente). In 44 dei restanti 54 pazienti (25%) non era presente deficit neurologico e in 10 (6%) non fu possibile una valutazione. La distribuzione di queste lesioni è riportata in Tabella II. Uno studio radiografico standard e TC è stato eseguito in tutti i casi. Tutte le lesioni con interessamento neurologico ed una quota delle lesioni amieliche giudicate potenzialmente instabili (230 casi, il 82,4% dei 279) sono state trattate in urgenza con un ritardo chirurgico medio dal trauma di 13 ore (minimo 4 ore, massimo 4 giorni). Nessun paziente è deceduto intorpidamente; sei nelle prime 24 ore, tutti politraumatizzati. Complessivamente, 14 pazienti sono deceduti nel primo mese; 115 sono stati perduti al follow-up (FU). Per i restanti 150 è disponibile un FU medio di 24 mesi (*range*: 6-126). Il FU totale medio è risultato sensibilmente maggiore nel gruppo RCI (29 mesi), rispetto al gruppo RCS (18 mesi). In quest'ultimo gruppo, infatti, molti pazienti trattati in *halo* non sono stati più controllati una volta raggiunta la guarigione clinica e radiografica.

LESIONI TRAUMATICHE DEL RACHIDE CERVICALE SUPERIORE

Fratture dei condili occipitali e disgiunzioni cranio-cervicali

Sono lesioni in assoluto rare. Le prime sono talora riscontrate in pazienti politraumatizzati a seguito di esame TC del cranio. Le fratture tipo I e II della classificazione di Anderson e Montesano¹ sono lesioni stabili e suscettibili di trattamento in collare rigido o, eventualmente, con *halo-vest*. Le lesioni con avulsione condilica (tipo III) possono esitare in un'instabilità residua e richiedere, pertanto, un'artrodesi occipito-cervicale differita. Le disgiunzioni cranio-cervicali sono solitamente mortali. Nei pazienti che soprav-

vivono al trauma si impone un'artrodesi occipito cervicale. Alcune lesioni del segmento C1-C2, contrariamente alla prima evidenza radiografica, possono nascondere una grave instabilità cranio-cervicale e vanno assimilate a queste lesioni (Figg. 3, 4) richiedendo pertanto lo stesso trattamento chirurgico.

Nella nostra serie sono state osservate due disgiunzioni occipito-cervicali pure in pazienti deceduti poco dopo l'arrivo in Pronto Soccorso. Due gravi instabilità cranio-cervicali su lesione osteo-legamentosa C1-C2: la prima, che presentava una tetraplegia incompleta (Frankel C), fu sottoposta - dopo una stabilizzazione in *halo-vest* rivelatasi insufficiente - ad artrodesi posteriore occipito cervicale con recupero neurologico completo a tre mesi. La seconda fu sottoposta ad artrodesi anteriore C2-C3 seguita da artrodesi posteriore C1-C3; a 6 mesi si è osservata fusione dell'artrodesi con recupero del 60% delle rotazioni.

Fratture dell'atlante

Le fratture da scoppio di C1 (fratture di Jefferson) non presentano solitamente interessamento neurologico. La caratteristica principale è la traslazione laterale delle masse dell'atlante e la perdita di congruenza più o meno importante con le relative superfici articolari di C2 e dell'occipite, causa potenziale di un'artrosi secondaria. Il trattamento è prevalentemente incruento (*halo-vest*). Indicazione al trattamento chirurgico è l'instabilità secondaria C1-C2 determinata dalla rottura del legamento trasverso dell'atlante (allargamento di 5 o più mm delle masse articolari) e dei legamenti alari (allargamento di 10 o più mm). L'artrodesi posteriore C1-C2 sembra la scelta più idonea; trattandosi infatti di una instabilità legamentosa, le osteosintesi dell'atlante per via transorale con miniplacche sono inefficaci.

In questa serie sono inclusi 5 casi di frattura di Jefferson, 4 con diastasi inferiori ai 5 mm e 1 con diastasi inferiore ai 10 mm mediante immobilizzazione in *halo-vest*. Tutte le fratture sono consolidate in media in 84 giorni. Non abbiamo rilevato instabilità secondaria C1-C2 alle radiografie dinamiche. Tutti i pazienti presentano una diminuzione delle rotazioni (in media del 30%) e la metà di essi saltuaria cervicgia irradiata in regione nucale.

Lussazioni rotatorie C1-C2

Queste lesioni sono quasi esclusive dell'età pediatrica. Nella nostra serie vi sono 28 pazienti con lesione tipo I o II della classificazione

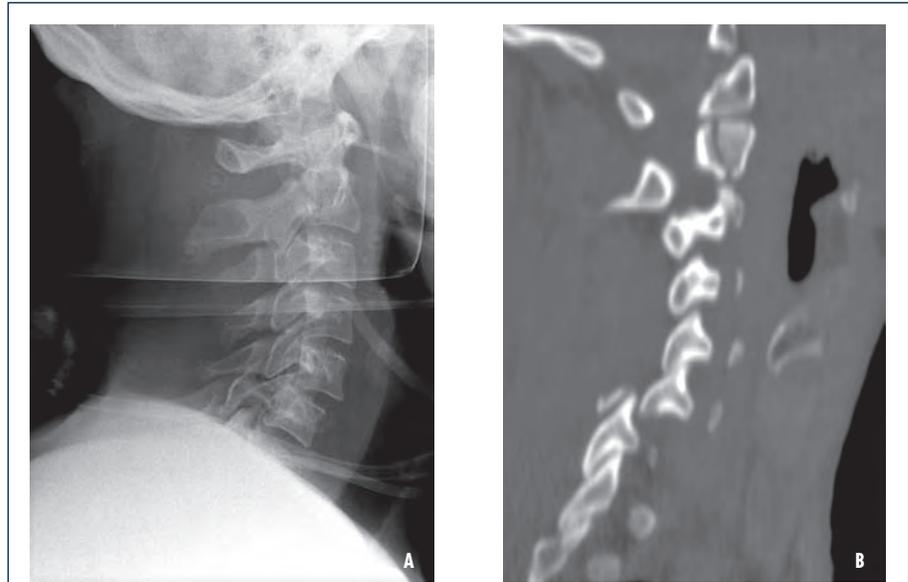


Fig. 1. Maschio di 24 anni, incidente stradale (a, b). Frattura di Hangman tipo 1 di C2, frattura lussazione B3F C5-C6, frattura in compressione A di C7. Deficit sensitivo motorio di C7 a destra.

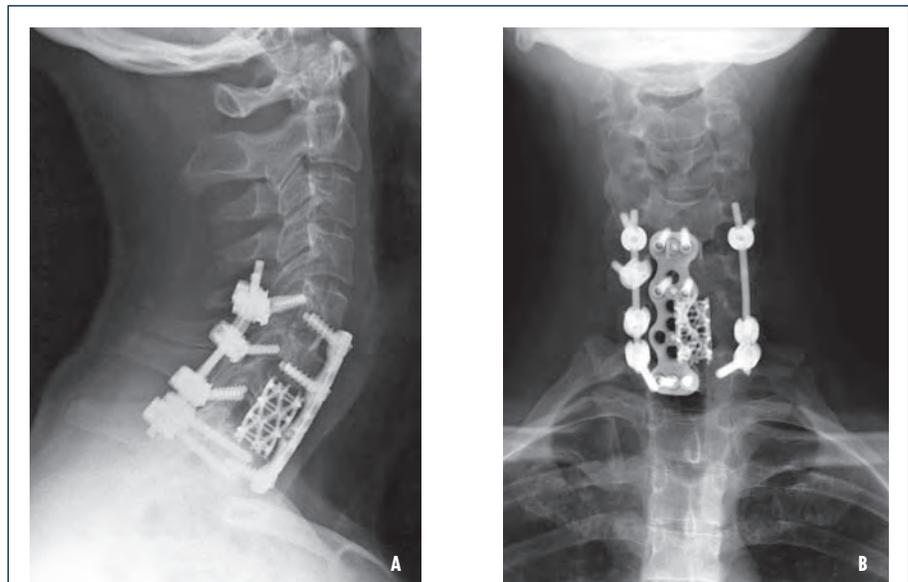


Fig. 2. Controllo a due anni dopo riduzione, discectomia C5-C6, corpectomia di C7, artrodesi circonferenziale in due tempi (a, b). Permangono soli disturbi sensitivi in C7 destra.

di Fielding e Hawkins³, tutti presentatisi con torcicollo fisso dolente in assenza di segni neurologici. Nello stesso arco temporale sono stati osservati 6 casi, non traumatici, al risveglio postoperatorio dopo tonsillectomia o adenoidectomia. La riduzione è avvenuta con manovra esterna incruenta (lieve trazione e contro-rotazione del capo) in tutti i casi tranne uno (osservato a 3 settimane di distanza) che ha richiesto riduzione mediante digitopressione transfaringea sull'articolare di C1 anteriorizzata. In 18 casi si è proceduto ad immobilizzazione con *halo-vest* dopo la riduzione per 1 mese, gli altri pazienti sono stati trattati con collare rigido tipo Philadelphia. Nei pazienti pediatrici ai quali è stato applicato l'*halo* è stata neces-

Tab. I. Applicazione della classificazione di Frankel modificata ai pazienti con lesioni del RCS.

Scala di Frankel	Numero di casi
A	2
B	2
C	2
D1	2
D2	2
D3	2
E	89
NV	3

Tab. II. Applicazione della classificazione di Frankel modificata ai pazienti con lesioni del RCI.

Scala di Frankel	Numero di casi
A	42
B	14
C	24
D1	5
D2	3
D3	4
Lesione midollare non valutabile secondo Frankel	2
E (no danno radicolare)	44
E (lesione radicolare)	27
NV	10

saria una sedazione anestesiológica. La guarigione con recupero funzionale totale e assenza di dolore si è ottenuta in tutti i casi.

Fratture del dente dell'epistrofeo

Le fratture del dente dell'epistrofeo richiedono trattamento diversificato a seconda della sede come specificato nella classificazione di Anderson e D'Alonzo⁴. Le tipo I e III sono generalmente considerate stabili e suscettibili di trattamento incruento mediante immobilizzazione in collare rigido o *halo-vest*. Le tipo II dei pazienti in età pediatrica sono anch'esse associate ad un'altissima percentuale di guarigione dopo immobilizzazione in *halo-vest*. Le tipo II dell'adulto hanno percentuali di guarigione variabili a seconda dell'età, della dislocazione dei frammenti e dell'orientamento della rima di frattura. Complessivamente, in letteratura sono riportate percentuali di guarigione del 60-70% con trattamento incruento. La buona riduzione della frattura è fondamentale elemento prognostico favorevole. L'avvitamento anteriore con una o due viti (non sempre tecnicamente possibile), porta a percentuali di guarigione più elevate (88%) secondo alcuni autori⁹, ma secondo altri¹⁰ la percentuale crolla al 20% nei pazienti anziani. La tecnica chirurgica richiederebbe prudenzialmente la presenza di un doppio amplificatore di brillantezza o di un neuro-navigatore in sala operatoria, presidi non a disposizione di tutti gli operatori. L'artrodesi posteriore C1-C2 con le tecniche attuali ha una percentuale di fusione che sfiora il 100% compromettendo tuttavia le rotazioni di

circa il 30-40%. La nostra esperienza (47 casi) ci porta a ritenere adeguato il trattamento con *halo-vest*, riservando l'artrodesi C1-C2 secondo Harms¹¹ ai casi non guariti e sintomatici o nei pazienti con richieste funzionali elevate. Il trattamento in *halo-vest* non dovrebbe quindi essere giudicato obsoleto anche se mal tollerato da molti pazienti; l'unica vera contro-indicazione è la concomitanza di un trauma toracico severo. Nella nostra serie sono incluse 44 fratture del dente dell'epistrofeo (31 tipo II, 13 tipo III) trattate mediante *halo-vest* in pazienti con età media di 52 anni (da 1 a 87 anni); 14 pazienti sono stati persi al FU: 19 pazienti sono guariti ad un tempo medio di 110 gg.; 2 pazienti sono deceduti entro 1 mese dal trauma; 8 pazienti sono esitati in pseudoartrosi: due di questi sono stati sottoposti ad intervento di fissazione posteriore (uno secondo Gallie e uno secondo Magerl), gli altri 6 asintomatici, non sono stati ulteriormente trattati. Questi pazienti sono stati valutati con radiografie dinamiche a circa 6 mesi dal trauma che non hanno evidenziato segni di instabilità. In questa serie è incluso il rarissimo caso di una epifisiolisi traumatica del dente in una piccola paziente di 16 mesi trattata con *halo-vest* quindi con innesto autoplastico per via endoscopica transfaringea a distanza di 4 mesi, raggiungendo la consolidazione a 9 mesi.

Non abbiamo mai osservato migrazioni intracraniche dei *pins* come descritto da alcuni autori. Le flogosi superficiali dei trami dei *pins* sono state trattate con medicazioni a piatto e solo in 6 casi è stato necessario riposizionare il *pin*. La registrazione costante (ogni 2 settimane) dei *pins* è, a nostro parere, requisito fondamentale per evitare fenomeni di mobilitazione e, conseguentemente, di intolleranza agli stessi.

Tre pazienti con frattura tipo II secondo Anderson-D'Alonzo sono stati sottoposti ad intervento chirurgico. Un paziente, politraumatizzato, è stato operato in urgenza con riduzione e stabilizzazione di frattura toracica associata (tipo B2 secondo Magerl) e nella stessa seduta operatoria ha subito un'artrodesi posteriore C1-C2 secondo Harms. Questo intervento è stato effettuato in elezione negli altri 2 pazienti: essi presentavano una frattura del dente dell'epistrofeo obliqua indietro, non riducibile incruentamente.

Spondilolistesi traumatiche o fratture di Hangman

Sono lesioni la cui instabilità è spesso sovrastimata. Tutte le fratture tipo I e IA della classificazione di Effendi modificata guariscono con il trattamento incruento. Le fratture tipo II e IIA trattate incruentamente sviluppano nel 70% dei casi un'anchilosi spontanea C2-C3. Il trattamento chirurgico di artrodesi anteriore C2-C3 è pertanto riservato ai casi non consolidati che tali rimangono per più di sei mesi. Le tipo III sono rare, si associano alla lussazione mono o biarticolare posteriore, pertanto richiedono sempre un trattamento chirurgico. Non abbiamo mai osservato lesioni tipo III. Abbiamo trattato 11 lesioni tipo I e 9 tipo II in 20 pazienti con un'età media di 45 anni (da 21 a 81). 16 sono consolidate in 95 giorni in media, 2 pazienti sono deceduti ad un mese dal trauma, due pazienti sono stati persi al FU. Il trattamento comune in tutti i casi è stato l'*halo-vest*. Unica eccezione è stato un paziente politraumatizzato, tetraplegico completo, con associata frattura separazione del massiccio articolare di C5, che è stato trattato chirurgicamente per via posteriore.

LESIONI TRAUMATICHE DEL RACHIDE CERVICALE INFERIORE

Classificazione

Argenson presentò alla SOFCOT del 1994¹² una classificazione delle lesioni del RCI che contempla la rotazione sia come meccanismo patogenetico che come riscontro radiologico post-traumatico. Indipendentemente dal reale valore che vogliamo attribuire a questo meccanismo patogenetico, è indubbio che lesioni descritte da Argenson come *lesioni in rotazione*^{13 14} trovino una corrispondenza puntuale in molte delle lesioni anatomiche da noi riscontrate con la diagnostica preoperatoria e verificate poi sul campo chirurgico. Ai fini dell'indicazione chirurgica, poco importa se queste lesioni altro non sono che lesioni in flessione-distrazione o estensione-compressione secondo Allen, in cui alla rottura discale si associa una lesione unilaterale delle articolazioni posteriori.

Si sono valutati tutti i casi secondo la classificazione di Argenson, che pur annoverando 12 tipi di lesione contro i 21 di quella di Allen, ha consentito di inquadrare il 97% delle lesioni

Le lesioni di tipo A si realizzano con un meccanismo prevalente di compressione e sono sottoclassificate in:

- A1: schiacciamento del corpo vertebrale senza interessamento del muro posteriore e dell'apparato legamentoso posteriore. Sono lesioni stabili suscettibili di trattamento incruento.
- A2: fratture comminute (da scoppio), frequentemente a carico di C7, neurologicamente complicate nel 50% dei casi, con un grado di instabilità variabile, analogamente alle fratture da scoppio lombari.
- A3: lesioni tipo *tear-drop*, caratterizzate da lacerazione discale e frattura dello spigolo somatico antero-inferiore che rimane adeso ad una porzione di disco di pertinenza della vertebra sottostante. La caratteristica principale è la retrolistesi della vertebra lesionata che è causa frequente di danno midollare grave. Sono lesioni instabili.

Le lesioni tipo B si realizzano con un meccanismo di iperflessione (BF) o iperestensione (BE) e sono sottoclassificate in:

- B1F e B1E: distorsioni di media gravità in flessione o estensione, in assenza di lacerazione discale o rottura dei legamenti posteriori. Sono suscettibili di trattamento incruento.
- B2F: distorsioni gravi in flessione, caratterizzate da rottura del disco e degli elementi capsulo-legamentosi posteriori, radiograficamente identificabili per la presenza di almeno tre dei segni di René Louis¹⁵:
 - antelistesi del corpo vertebrale maggiore di 3,5 mm sopra C4 e maggiore di 2,5 mm sotto C4;
 - angolazione delle limitanti somatiche maggiore di 10°;
 - perdita del parallelismo delle faccette articolari;
 - scopertura maggiore del 50% della faccetta articolare superiore della vertebra sottostante la lesione;

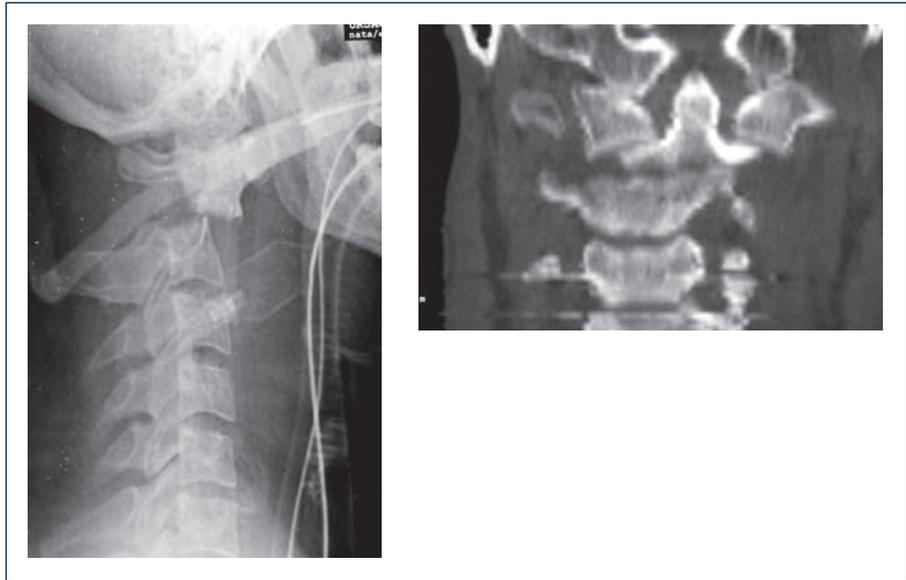


Fig. 3. Camionista di 27 anni recuperato in un burrone con tetraplegia incompleta. Frattura tipo 2 del dente dell'epistrofeo (a) che in realtà sottende una lesione capsulolegamentosa complessa realizzante, a tutti gli effetti, una disgiunzione craniocervicale (b).



Fig. 4. Controllo a due anni dopo artrodesi occipito cervicale. Recupero neurologico completo.

- abnorme distanza tra le spinose o frattura da avulsione del processo spinoso.
- B3F: sono le lussazioni complete bi-articolari.
- B2E: caratterizzate da rottura del disco con apertura dello spazio intersomatico e frequente rottura delle spinose che collidono durante il meccanismo di iperestensione.
- B3E: è una spondilolistesi traumatica propriamente detta, con rottura del disco e disgiunzione dell'arco posteriore dal soma vertebrale. La lussazione anteriore del corpo vertebrale conse-

gue alla flessione che segue il trauma in iperestensione. Sono le lesioni massimamente instabili ma sono frequentemente amieliche.

Le lesioni di tipo C sono caratterizzate da una lesione discale più o meno grave associata ad una lesione asimmetrica di uno dei due complessi articolari posteriori. Anatomicamente realizzano un'antelistesi del RCI sovrastante la lesione ed una rotazione dello stesso attorno al complesso articolare integro che funge da fulcro. Secondo Argenson esiste un vettore di rotazione dominante nella patogenesi di queste lesioni. Sono sottoclassificate in:

- C1: Fratture uni-articolari: il margine inferiore dell'articolare superiore è quello più frequentemente fratturato.
- C2: frattura separazione del massiccio articolare che, in caso di antelistesi marcata, ruota in avanti ponendo le faccette articolari in posizione orizzontale e rendendole identificabili alle radiografie in proiezione anteroposteriore.
- C3: lussazione monoarticolare di una delle articolari che, scavalcando quella sottostante si impegna nel forame di coniugazione rendendo la riduzione incruenta difficile.

Nelle rare lesioni in cui la classificazione era al limite tra B e C (ad es. lussazione di un'articolare associata a frattura della controlaterale e lesione discale), la presenza o meno di rotazione concomitante alla sublussazione è stato il criterio classificativo discriminante. Utilizzando questo sistema è stato possibile classificare il 97% delle lesioni trattate chirurgicamente. Sono rimaste escluse 5 lesioni, pari al 3%, in quanto caratterizzate da lesioni atipiche: due fratture longitudinali a decorso obliquo del soma di C5 e della lamina posteriore sinistra; un paziente con frattura separazione del massiccio articolare (FSMA) da un lato e lussazione uniarticolare dall'altro; un politrauma complesso ed una lesione che è stata definita C3 inversa, caratterizzata da allargamento dello spazio interarticolare sn. C6-C7, retrolistesi di C6, ernia discale traumatica anteriore.

In 9 casi è stata eseguita decompressione anteriore su contusione midollare in rachide spondiloso in cui la sede di lesione alla RMN corrispondeva ad una o più voluminose barre disco-osteofitarie.

Materiale e metodi: lesioni del RCI

Dal dicembre 1996 al maggio 2007 sono state trattate chirurgicamente 175 lesioni traumatiche del RCI: 161 traumi sono stati classificati secondo Argenson come riportato in Tabella III; in 9 casi nessuna lesione scheletrica poté essere evidenziata in associazione ad una contusione midollare manifesta sul piano clinico ed RM; 5 casi sono risultati non classificabili. Nello stesso periodo sono state trattate incruentamente 94 lesioni del RCI per lesioni di tipo A1, B1, C2.

I pazienti operati sono 134 maschi e 41 femmine con un'età media di 42 anni (min. 5, max. 88). La causa più frequentemente del trauma è l'incidente stradale (66%). Il livello di lesione è stato identificato con il soma vertebrale fratturato nelle lesioni di tipo A, e con il disco intersomatico lesionato in quelle di tipo B e C e la relativa distribuzione è riportata in Tabella IV.

Per la stadiazione neurologica è stata utilizzata la classificazione di Frankel modificata¹⁶ (Tab. II) e più recentemente la scheda ASIA/IMSOP¹⁷. Tutti i pazienti con lesione midollare instaurata da meno di 48 ore sono stati sottoposti a terapia cortisonica dal momento del loro accesso in pronto soccorso secondo il protocollo NASCIS III

¹⁸ fino al dicembre 2005. In seguito, a causa dei dubbi risultati sull'efficacia a fronte di pesanti effetti collaterali, il protocollo è stato applicato di volta in volta a casi selezionati. Tutti i 131 pazienti con lesione neurologica completa o parziale sono stati immediatamente sottoposti ad intervento chirurgico. Dei restanti 44, 31 sono stati operati immediatamente (in media entro 8 ore), 13 ad un tempo medio di 7 giorni. Sono stati realizzati 96 accessi anteriori, 25 accessi posteriori, 46 accessi combinati (di cui 32 durante lo stesso intervento [in 8 casi posteriore + anteriore, in 24 casi anteriore + posteriore], e 14 differiti nel tempo), 8 riduzioni e stabilizzazioni in *halo-vest*. Non è stato necessario ricorrere ad emotrasfusioni in nessuno dei pazienti monotraumatizzati (61/175). Negli accessi posteriori sono state impiegate placche cervicali o, più recentemente, sistemi a viti poliassiali e negli accessi anteriori placche con viti di blocco; la ricostruzione dopo corporectomia è stata affidata ad un innesto tricorticale in tutti i casi eccetto 16 dove è stato impiegato un cilindro di titanio, mentre l'artrodesi intersomatica dopo discectomia è stata eseguita con innesto tricorticale in 29 casi, con

Tab. III. Lesioni traumatiche del RCI (sec. Argenson).

Tipo	Numero di casi
A1	3
A2	15
A3	18
BE1	2
BE2	12
BE3	13
BF1	1
BF2	8
BF3	24
C1	21
C2	21
C3	23

Tab. IV. Distribuzione delle lesioni.

Tipo di lesione	Localizzazione e numero di casi
A	C3: 3 casi C4: 4 casi C5: 18 casi C6: 4 casi C7: 7 casi
B	C2-C3: 2 casi C3-C4: 3 casi C4-C5: 7 casi C5-C6: 14 casi C6-C7: 31 casi C7-T1: 3 casi
C	C2-C3: 0 casi C3-C4: 10 casi C4-C5: 11 casi C5-C6: 22 casi C6-C7: 20 casi C7-T1: 2 casi

cage di carbonio in 3, in PEEK in 43; in 2 casi sono stati usati sia *cage* che cilindro.

Nove pazienti sono deceduti entro un mese dalla data dell'intervento per cause non correlate all'intervento stesso. Dei restanti 166, 81 sono stati persi al follow-up, 85 sono stati controllati direttamente presso i nostri ambulatori.

Risultati

La sede più frequente di frattura nelle lesioni in compressione è stata C5 seguita da C7; quest'ultima è la sede di lesione più frequente tra le fratture comminute (A2). Lo spazio intersomatico più frequentemente interessato da lesioni in flessione-estensione e rotazione è stato C6-C7, seguito da C5-C6.

Tre lesioni tipo A1 sono state trattate in maniera cruenta. Due mediante artrodesi anteriore, una in *halo-vest*. Ai primi due non era applicabile alcun tipo di supporto ortesico, l'ultimo presentava 15 gradi di cifosi all'esordio.

In 15 fratture comminute tipo A2, il trattamento chirurgico fu una corpectomia anteriore completa seguita da artrodesi con innesto tricorticale e placca. Da un punto di vista neurologico 7 pazienti erano indenni, 2 affetti da lesione radicolare (uno in C7, l'altro in C5, C6, C7), 1 era portatore di lesione neurologica Frankel B, 5 erano tetraplegici incompleti (Frankel C). Tutti i pazienti indenni sono rimasti tali, la sintomatologia da lesione radicolare è regredita in entrambi i casi, delle lesioni tipo C una è rimasta immutata, 3 sono migliorate a Frankel D, una lesione fino a E, pur persistendo parestesie agli arti superiori. La lesione tipo B è stata persa al follow-up.

Delle 18 fratture tipo A3 (*tear-drop*), 9 presentavano una lesione midollare completa, due si associavano a lesioni neurologiche parziali (Frankel B e D1), 5 pazienti erano neurologicamente indenni, due non valutabili neurologicamente. In 4 lesioni si associava una fissurazione longitudinale del corpo vertebrale interessato. Il criterio che ha portato ad includere queste lesioni nel gruppo A3 anziché A2 è stata la retrolistesi del corpo vertebrale fratturato, segno indiretto di rottura discale e causa della lesione midollare frequentemente riscontrata. La maggioranza dei casi sono stati trattati in maniera identica come per le lesioni A2 ottenendo una fusione a 6 mesi di distanza in tutti i casi controllati. Un caso di frattura di C3, tetraplegico, è stato trattato con doppio accesso nella stessa seduta, mentre due casi, entrambi con complicanze neurologiche, sono stati trattati con doppio accesso differito nel tempo.

Otto lesioni B2F sono state sottoposte ad intervento chirurgico di discectomia anteriore ed artrodesi con placca ed innesto (in un caso completata da artrodesi posteriore). Due pazienti erano neurologicamente indenni, 2 presentavano lesioni radicolari, 4 erano portatori di lesione incompleta (3 Frankel D, 1 Frankel C). La fusione è stata ottenuta ad un tempo medio di 6 mesi in tutti i casi. Tutti i pazienti hanno avuto un recupero neurologico completo (FU medio di 22 mesi).

Abbiamo osservato 12 lesioni BE2. Undici lesioni sono state trattate chirurgicamente: sette mediante artrodesi anteriore, 2 mediante artrodesi posteriore (in un caso l'accesso anteriore previsto non era eseguibile per la presenza di tracheostomia infetta), e 2 con doppio accesso (differito) mediante placche posteriori e corpectomia ed

artrodesi anteriore con innesto tricorticale e placca. Un paziente con fratture cervicali minori associate è stato trattato in *halo-vest*. Un paziente politraumatizzato con lesione mielica completa è deceduto nel periodo postoperatorio. Dei restanti 11 casi, 2 non erano valutabili, 3 pazienti con tetraplegia completa e 2 pazienti classificati come Frankel B sono rimasti tali, 2 lesioni parziali Frankel D sono guarite completamente, 2 lesioni radicolari sono migliorate, una parzialmente.

Sono state trattate chirurgicamente 24 lussazioni complete B3F, 6 per via anteriore, 6 per via posteriore, 10 con doppio accesso simultaneo, 2 con doppio accesso differito ottenendo una fusione ad un tempo medio di 6 mesi in tutti i casi seguiti nel tempo (8 pazienti), con un follow-up accettabile (in media 19 mesi). Quattro pazienti sono deceduti a un mese dall'intervento per cause non correlate. Da un punto di vista neurologico, 14 erano tetraplegici completi (2 pazienti hanno presentato un miglioramento neurologico con guadagno di uno o due livelli motori), 6 avevano una lesione incompleta (2 Frankel C e 1 B e 3 lesioni radicolari), 3 erano indenni, 1 non valutabile perché operato in urgenza e arrivato incosciente.

Le lesioni tipo BE3 trattate chirurgicamente sono state 13, di cui 4 mediante artrodesi anteriore, 4 con accesso posteriore e 5 con doppio accesso, simultaneo in 4 casi. Una di queste ha richiesto revisione anteriore e posteriore ad un mese di distanza per fallimento meccanico, e si è successivamente complicata con una fistola esofagea che ha richiesto riparazione chirurgica. Neurologicamente 1 paziente non era valutabile, 8 presentavano una tetraplegia completa, 1 è stato classificato Frankel B, 2 Frankel C, ed uno presentava disturbi radicolari. Degli 8 pazienti con tetraplegia completa 1 è deceduto, uno è migliorato fino a D3, e i restanti 6 sono rimasti invariati. Il paziente Frankel B è rimasto invariato. Due pazienti Frankel C sono migliorati ad E, con parestesie residue in un caso. Il paziente con lesione radicolare è guarito.

Tra le lesioni in rotazione abbiamo rilevato 21 fratture monoarticolari, trattate mediante 14 accessi anteriori, 2 accessi posteriori e 5 accessi combinati. Ventuno Fratture-Separazione del Massiccio Articolare (FSMA) hanno richiesto 8 artrodesi anteriori, 5 artrodesi posteriori e 6 accessi combinati di cui uno differito nel tempo, 2 *halo*. Infine 23 lussazioni monoarticolari hanno richiesto 6 artrodesi posteriori, 8 artrodesi anteriori, 9 accessi combinati (simultaneo in 4 casi); di questi, 21 pazienti erano neurologicamente indenni, 16 erano portatori di lesione midollare incompleta, 9 erano tetraplegici. Lesioni radicolari in 16 pazienti. Quattro pazienti risultarono non valutabili.

Su un totale di 279 pazienti (311 lesioni totali tra fratture e lussazioni operate) 123 erano neurologicamente indenni e 143 presentavano compromissione neurologica, mentre 13 non erano risultati valutabili. La lesione era completa (Frankel A) in 44 pazienti; in 72 casi era presente un danno midollare parziale e in 27 casi un deficit radicolare (Tabb. I, II). Nei pazienti affetti da tetraplegia completa si è registrato un miglioramento neurologico con recupero di uno o due livelli motori in 3 casi, con recupero di 8 livelli in 1 caso; 1 caso ha raggiunto una valutazione neurologica Frankel C e due fino a Frankel D3. Due casi sono rimasti invariati e 6 sono deceduti. Gli altri sono stati persi al follow-up. Altre 14 lesioni midollari incomplete (classificate come Frankel B in 3 casi, C in 6 casi e D in

5) sono regredite del tutto. I deficit sensitivo-motori isolati di tipo radicolare di cui abbiamo il follow-up (24 su 26 casi, un paziente è deceduto poco dopo l'intervento) sono tutti regrediti al controllo finale. Non vi sono stati peggioramenti del quadro neurologico preoperatorio.

I sistemi di osteosintesi oggi disponibili per le artrodesi anteriori sono placche di titanio con viti a geometria variabile e fissa (queste ultime più stabili), con viti autobloccanti di sicurezza o altri accorgimenti per impedirne la protrusione. Per le ricostruzioni dopo corporectomia è stato preferito l'innesto tricorticale associato alla placca; dopo discectomia, uno spaziatore autobloccante di PEEK riempito di innesti autoplastici. Nelle osteosintesi posteriori sono state utilizzate placche di titanio sagomabili con viti da introdurre nelle masse articolari. Più recentemente l'industria ha messo a disposizione sistemi con viti multiassiali e barre raccordabili al tratto toracico. Il trattamento post-operatorio è consistito in un leggero supporto ortesico mantenuto per trenta giorni in tutte gli interventi condotti con accesso singolo e per 10 giorni nelle artrodesi circonfenziali.

La fusione è stata ottenuta in tutti i casi operati di artrodesi anteriore o combinata ad un tempo medio di 6 mesi dall'intervento. Nei casi operati per sola via posteriore il risultato è stato considerato meccanicamente definitivo e stabile mediante valutazione con radiografie dinamiche eseguite a 12 mesi dall'intervento. In alcuni di questi casi si è inoltre osservata ossificazione spontanea del disco o dei dischi intersomatici interessati dalla stabilizzazione.

Tra le complicazioni intra e perioperatorie, relativamente ai 142 accessi anteriori, abbiamo osservato 8 neuroaprassie del nervo laringeo inferiore, regredite spontaneamente ed una sezione iatrogena del nervo ipoglosso in un paziente deceduto poi per complicazioni respiratorie in 5° giornata. Sei casi di disfagia di cui 5 regrediti spontaneamente. Tre pazienti hanno sviluppato ad una distanza variabile tra i 7 ed i 30 giorni una fistola esofagea che ha richiesto riparazione chirurgica mediante sutura diretta associata a rotazione di un lembo muscolare locale (sternocleidomastoideo o sternoiideo). In un caso, a seguito di estrema difficoltà nel raggiungere il livello C2-C3 da accesso pre-sterno-cleido-mastoideo in un paziente con lussazione tipo B1, è stato necessario impiantare un *halo-vest* e soprassedere all'intervento. In 2 casi si è manifestato un profuso sanguinamento e in altri 2 casi liquorrea che ha costretto a modificare la pianificazione operatoria. Nel post-operatorio si sono evidenziati due lievi deficit radicolari sensitivi. In un caso la correzione è stata insufficiente e in un altro caso abbiamo commesso un errore di livello. Nei 52 accessi posteriori eseguiti abbiamo registrato come complicazioni intraoperatorie 1 lesione durale, 2 casi di emorragia massiva; come complicazioni post-operatorie una deiscenza della ferita e come complicazione tardiva una deiscenza della fascia con protrusione lieve della spinosa, di nessuna rilevanza clinica. Un paziente operato per via posteriore ha manifestato un cedimento dei mezzi di sintesi a 30 giorni dall'intervento ed è stato dunque sottoposto ad un accesso anteriore non inizialmente programmato. In 2 casi di pazienti trattati con *halo-vest* si sono manifestate ulcerazioni cutanee da decubito dei punti di pressione dorsali alti del *vest*.

DISCUSSIONE

Per quanto riguarda il rachide cervicale superiore, la necessità di adottare diverse classificazioni per lesioni che, ad esempio, possono coinvolgere parti differenti della stessa vertebra (C2) testimonia la complessità anatomofunzionale della cerniera cranio-cervicale. Nonostante ciò queste classificazioni sono universalmente accettate così come, generalmente, le indicazioni al trattamento. Probabilmente un intervento di artrodesi C1-C2 o occipitocervicale su di una frattura di C1 che sottende una lesione legamentosa atlo-odontoidea completa può apparire un trattamento eccessivo. Tuttavia, se le indagini radiologiche evidenziano a distanza un'instabilità potenzialmente fatale, l'indicazione appare non solo appropriata ma necessaria. Per le fratture tipo II dell'odontoide è difficile trovare un *gold standard* tra i sostenitori dell'osteosintesi anteriore e coloro che preferiscono il trattamento incruento con *halo-vest* come prima scelta. Chi adotta una tecnica ed è soddisfatto dei risultati, difficilmente si fa sedurre da un'altra, i cui risultati nell'altrui esperienza sono migliori, ma che prevede una curva di apprendimento. Solo studi prospettici randomizzati possono convincere.

L'adozione della classificazione di Argenson nelle lesioni del RCI ci ha consentito in questa esperienza decennale di uniformare le indicazioni chirurgiche, riducendo via via le complicazioni e la necessità di revisioni chirurgiche. Ogni classificazione e ogni standardizzazione comporta peraltro sempre delle limitazioni: la scelta del trattamento ottimale deve essere valutata caso per caso da chirurghi esperti con la collaborazione di anestesisti rianimatori dedicati, per valutare nel complesso le numerose variabili cliniche al di là delle evidenze radiologiche e dello status neurologico.

CONCLUSIONI

I principali problemi da risolvere nel trattamento delle lesioni traumatiche del RCS ed del RCI sono la prevenzione e trattamento dei danni neurologici e il ripristino della stabilità e della motilità. Questi obiettivi assumono carattere anche più importante nel politraumatizzato, dove l'urgenza di risolverli spesso si incrocia con la precarietà delle condizioni generali, che da un lato rendono il trattamento chirurgico più rischioso, dall'altro sono significativamente migliorate dalla stabilizzazione della frattura e dal possibile miglioramento del quadro neurologico. Il trattamento di queste lesioni traumatiche assume quindi una dimensione multidisciplinare, dove la stretta collaborazione fra il chirurgo vertebrale e l'anestesista-rianimatore diviene critica. Non soltanto diagnostica e trattamento sono cardini di una corretta gestione, ma anche la tempistica dell'intervento deve essere oggetto di un protocollo di standardizzazione che includa il più rapido e sicuro recupero del paziente dal luogo dell'incidente.

Lo studio della serie di lesioni traumatiche del RCS qui presentata consente di concludere che:

- le fratture delle masse occipitali sono rare e stabili;
- le lesioni del complesso C0-C1 sono rarissime e per lo più mortali;

- le lesioni di C1 sono rare, nella maggior parte dei casi suscettibili di trattamento incruento;
- le fratture del dente possono essere trattate incruentamente, tranne nei politraumatizzati e in casi di grave spostamento. Una chirurgia secondaria è richiesta in un caso su trenta, poiché alla pseudartrosi ipertrofica che spesso ne consegue è associato un buon risultato funzionale;
- le fratture dei peduncoli di C2 (*hangman*) richiedono trattamento chirurgico quando associate a lussazione posteriore (tipo III), mentre le I e le II possono essere trattate incruentamente nel monotrauma;
- gli strumentari più recenti, che si basano su viti multiassiali per i peduncoli di C2 e le masse di C1 e con placche di ancoraggio all'occipite consentono fissazioni stabili e allineamento ottimale ottenibile molto più facilmente che in passato. Una artrodesi posteriore è una soluzione oggi praticabile più facilmente nei pochi casi in cui il trattamento incruento non ha successo.

Sulla base dei risultati ottenuti nelle lesioni traumatiche del RCI si può concludere che:

- le lesioni A1, B1, C1, C2 senza evidenza di lesione discale possono essere trattate incruentamente;
- le lesioni A2 e A3 sono di pertinenza chirurgica: corporectomia e ricostruzione con innesto tricorticale o rete di titanio con innesti autoplastici e placca;
- le lesioni B2 e le C1 e C2 con lesione discale e le C3 riducibili vanno trattate con discectomia e artrodesi anteriore;
- le lesioni C3 non riducibili con caute manovre richiedono un primo tempo posteriore di riduzione e artrodesi prima del tempo anteriore;
- le lesioni B3 richiedono un'artrodesi circonferenziale.

Il trattamento immediato di una lesione traumatica cervicale instabile, con o senza danno neurologico consente riduzione del tempo di degenza in Rianimazione, riduzione delle infezioni polmonari, agevola il *nursing* e, nelle fratture meliche, aumenta le possibilità del recupero neurologico. La costituzione di equipe multidisciplinari di chirurghi vertebrali, reperibili sulle 24 ore, integrati con Centri di Rianimazione e di Riabilitazione nelle sedi *hub* della rete del 118, è la migliore organizzazione per un trattamento tempestivo di queste lesioni.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Anderson PA, Montesano PX. *Morphology and treatment of occipital condyle fractures*. Spine 1988;13:731-6.
- ² Dickman CA, Greene KA, Sonntag VK. *Injuries involving the transverse atlantal ligament: classification and treatment guidelines based upon experience with 39 injuries*. Neurosurgery 1996;38:44-50.
- ³ Fielding JW, Hawkins RJ. *Atlanto-axial rotatory fixation (fixed rotatory subluxation of the atlanto axial joint)*. JBJS Am 1977;59:37-44.
- ⁴ Anderson LD, D'Alonzo RT. *Fractures of the odontoid process of the axis*. JBJS Am 1974;56:1663-74.
- ⁵ Effendi B, Roy D, Cornish B, et al. *Fractures of the ring of the axis: a classification based on the analysis of 131 cases*. JBJS Br 1981;63:319-27.
- ⁶ Allen BL Jr, Ferguson RL, Lehmann TR, et al. *A mechanistic classification of closed, indirect fractures and dislocations of the lower cervical spine*. Spine 1982;7:1-27.
- ⁷ Anderson DG, Vaccaro AR. *Classification of lower cervical spine injuries*. In: Cervical Spine Research Society. *The cervical spine*. 4th edition. Philadelphia: J.B. Lippincott 2005 (chapter 8).
- ⁸ Argenson C, de Peretti F, Ghabris A, et al. *Classification of lower cervical spine injuries*. Eur J Orthop Surg Traumatol 1997;7:215-29.
- ⁹ Apfelbaum RI, Lonser RR, Veres R, et al. *Direct anterior screw fixation for recent and remote odontoid fractures*. J Neurosurg 2000;93:227-36.
- ¹⁰ Andersson S, Rodriguez M, Olerud C. *Odontoid fractures: high complication rate associated with anterior screw fixation in the elderly*. Eur Spine J 2000;9:56-60.
- ¹¹ Harms J, Melcher RP. *Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation*. Spine 2001;26:2467-71.
- ¹² Argenson C. *Traumatisme du rachis cervical inferieur*. Conférence Enseignement de la SOFCOT 1994.
- ¹³ Argenson C, de Peretti F, Ghabris A, et al. *Traumatic rotatory displacement of the lower cervical spine*. Bull Hosp Jt Dis 2000;59:52-60.
- ¹⁴ Argenson C, Lovet J, Sanouiller JL, et al. *Traumatic rotatory displacement of the lower cervical spine*. Spine 1988;13:767-73.
- ¹⁵ Louis R. *Cervical spine. II. Fractures and dislocations*. Nouv Presse Med 1979;8:1931-7.
- ¹⁶ Bradford DS, McBride GG. *Surgical management of thoracolumbar spine fractures with incomplete neurological deficits*. Clin Orthop 1987;218:201-16.
- ¹⁷ American Spinal Injury Association/International Medical Society of Paraplegia (ASIA/IMSOP). *International standards for neurological and functional classification of spinal cord injury*. Chicago: American Spinal Injury Association 1996.
- ¹⁸ El Masry WS, Tsubo M, Katoh S, et al. *Validation of the American Spinal Injury Association (ASIA) motor score and the National Acute Spinal Cord Injury (NASCIS) motor score*. Spine 1996;21:614-9.

Le fratture dorsali

Vertebral thoracic fractures

A. Faldini, G. Calvosa, M. D'Arcangelo

RIASSUNTO

Gli autori riassumono e discutono le linee guida delle fratture del tratto dorsale. Utilizzano la classificazione di Denis per la sua chiarezza e semplicità. Le fratture vertebrali dorsali seguono i criteri generali del trattamento delle fratture vertebrali per quanto riguarda l'indicazione chirurgica in caso di fratture mieliche. Nelle fratture amieliche ritengono che il parametro della instabilità, da solo, sia semplicemente indicativo e che invece siano i criteri che definiscono "discrezionali" a porre l'alternativa fra trattamento incruento e chirurgico.

Parole chiave: fratture vertebrali, instabilità traumatica, stabilizzazione dorsale

SUMMARY

The authors summarize and discuss the guide-lines about vertebral fractures in the dorsal region. They use Denis classification for its clearness and simplicity. The dorsal vertebral fractures follow the common principles about vertebral fractures when there's a spinal cord injury. In the fractures without spinal cord injury the authors think that not only instability of lesion can make the decision between surgical treatment or not, but also the principles, that they call "discretionary" can help the choice.

Key words: vertebral fractures, traumatic instability, dorsal stabilization

INTRODUZIONE

Le fratture vertebrali sono circa il 15% delle fratture con una prevalenza nei maschi rispetto alle femmine di 3 ad 1. Nel 29-30% dei casi viene interessato il tratto dorsale e nel 15-20% dei casi si ha una complicanza neurologica. Le fratture del rachide dorsale e cervicale sono a maggior rischio di complicanze midollari rispetto a quelle che colpiscono il rachide lombare.

In un reparto di ortopedia e traumatologia le fratture vertebrali rappresentano una patologia quotidianamente affrontata. Il traumatologo nel momento in cui osserva una frattura vertebrale in regime d'urgenza ricovera il paziente ed affronta il "se", il "quando" e il "come" trattare la frattura.

Prima Clinica Ortopedica, Università di Pisa

Le fratture dorsali hanno come caratteristica di essere frequentemente stabili, in relazione all'ipomobilità regionale, ed esposte a lesioni mieliche immediate, raramente, a distanza dal trauma. In queste fratture il dolore locale, come postumo, non è frequente; al contrario le fratture lombari e cervicali (segmenti più mobili) che esitano spesso in lombalgia cronica e cervicalgia cronica da spondiloartrosi secondaria. Da tener presente, però, che la consolidazione in deformità delle fratture dorsali determina una alterazione dell'assetto del rachide sul piano sagittale (ipercifosi).

Il trattamento delle fratture vertebrali può essere incruento o meno ed eseguito in urgenza assoluta o in elezione a paziente stabilizzato.

Scopo di questa relazione è riportare i criteri adottati nel trattamento delle fratture vertebrali in generale ed in quelle del rachide dorsale in particolare.

INDICAZIONI AL TRATTAMENTO

Il "se", il "quando" e "come" trattare una frattura vertebrale dorsale dipende da tre fattori:

1. Interessamento midollare (fratture mieliche, amieliche, a rischio)
2. Stabilità della frattura
3. Qualità dell'osso.

Le indicazioni possono essere assolute o "discrezionali".

Le indicazioni assolute riguardano la compromissione neurologica e la grave instabilità.

Nelle indicazioni "discrezionali" l'alternativa fra l'incruento e il chirurgico si pone in base a diversi fattori di tipizzazione quali l'età, la costituzione fisica, le possibilità assistenziali e logistiche e non ultimo il desiderio del paziente di un recupero più rapido, una volta accettati i rischi operatori.

Interessamento midollare

Nelle fratture mieliche *ab inizio* l'indicazione chirurgica è assoluta. L'intervento deve essere eseguito, possibilmente, entro le prime 6 ore dal trauma limitando all'indispensabile le documentazioni strumentali. Le radiografie standard e la TC sono, il più delle volte, sufficienti essendo la lesione midollare l'elemento determinante l'indicazione¹.

L'intervento di riduzione-stabilizzazione con viti peduncolari o viti e uncini, riteniamo debba essere esteso da due livelli sopra a due livelli sotto la lesione e deve essere seguito da decompressione mediante laminectomia, asportazione di eventuali frammenti ed artrodesi postero-laterale.

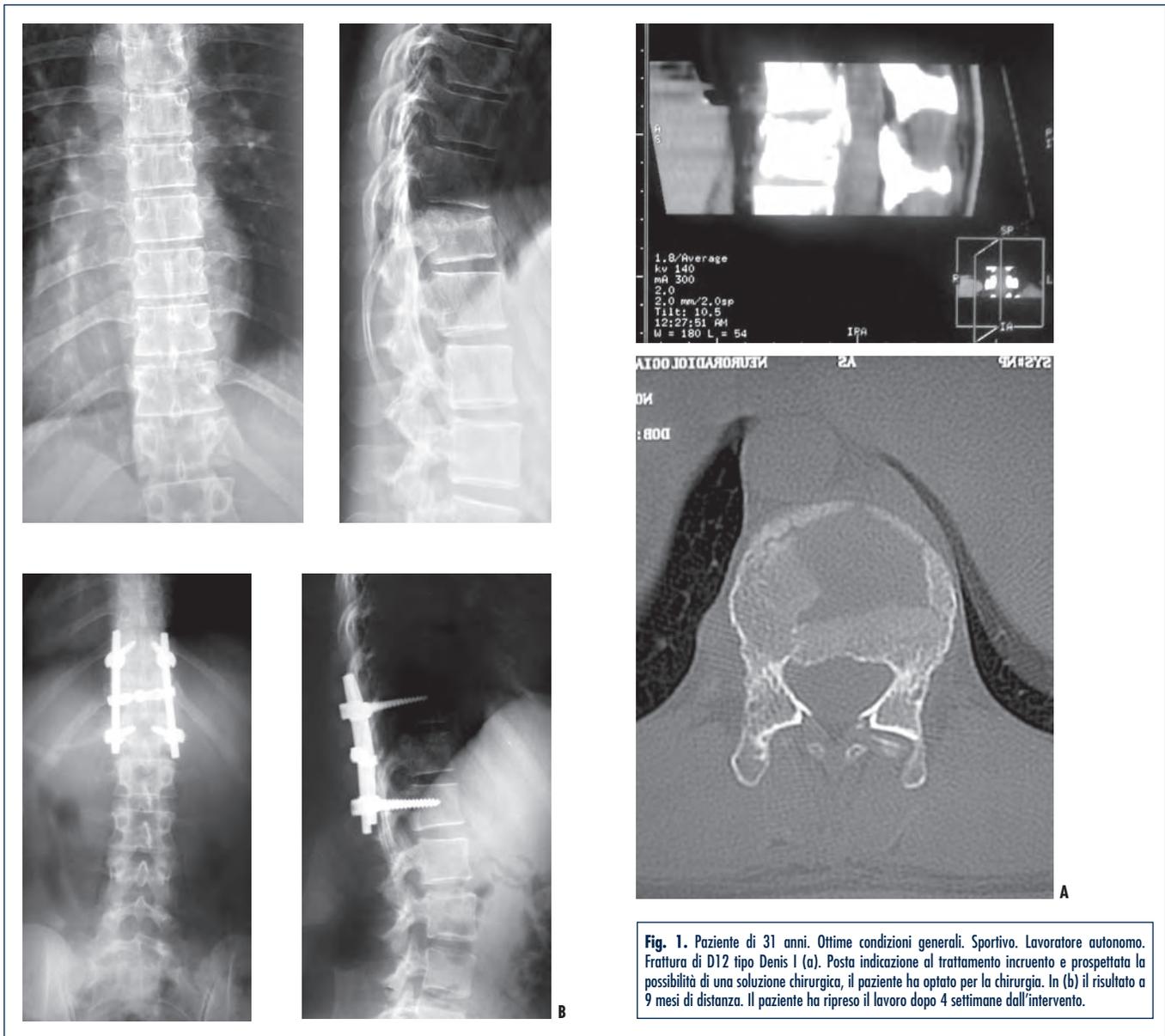


Fig. 1. Paziente di 31 anni. Ottime condizioni generali. Sportivo. Lavoratore autonomo. Frattura di D12 tipo Denis I (a). Posta indicazione al trattamento incruento e prospettata la possibilità di una soluzione chirurgica, il paziente ha optato per la chirurgia. In (b) il risultato a 9 mesi di distanza. Il paziente ha ripreso il lavoro dopo 4 settimane dall'intervento.

Non siamo favorevoli oggi alle lunghe stabilizzazioni (che abbiamo eseguito in passato con la tecnica di Harrington) in quanto la motilità residua di un segmento di colonna dorsale o dorso-lombare è molto utile nelle lesioni mieliche permanenti ai fini della riabilitazione e della gestione del paziente. Non eseguiamo in urgenza, anche se tecnicamente ineccepibili, le stabilizzazioni circonfenziali perché, dati i mezzi comunemente a nostra disposizione in tali frangenti, il rapporto rischio-beneficio per il paziente diventa sfavorevole².

In pochi casi di grave frattura instabile dorsale abbiamo invece associato la riduzione osteosintesi a cielo aperto con una cifoplastica di riempimento del difetto osseo con cemento nei pazienti over 70 e con calcio-fosfato in quelli più giovani.

Non riteniamo opportuno, in questi casi, differire l'intervento che può essere preceduto solo da chirurgia *quoad vitam* (lesioni vascolari emorragiche ecc.).

Da notare che la chirurgia precoce delle lesioni meliche ha sicuramente effetto benefico sulla nursing del paziente mentre è molto dubbio che abbia effetto sulla lesione neurologica stessa³.

Nei casi di interessamento neurologico a più o meno breve distanza dal trauma, l'indicazione all'intervento deve essere posta dopo RMN.

Nelle fratture amieliche la scelta del trattamento viene posta in base alla stabilità, alle caratteristiche della frattura ed alla qualità dell'osso.

Stabilità della frattura

Le indicazioni al trattamento, in base alla stabilità della frattura, solo raramente sono assolute, più spesso sono "discrezionali". I principi della classificazione di Denis, da noi preferita in urgenza per la sua semplicità (rispetto a quella di Magerl), sono solo indicativi della morfologia lesionale e non considerano altri fattori di

tipizzazione “accessori” (età, condizioni generali, patologie associate, costituzione fisica) essenziali per la scelta della tipologia di trattamento ^{4,5}.

Se è vero infatti che nelle fratture dorsali la gabbia toracica e le costo-trasversarie, indipendentemente dalla morfologia della frattura, agiscono di per se come elemento di stabilizzazione è altrettanto vero che questa pseudostabilità non comporta l’abbreviazione di un eventuale trattamento incruento ⁶.

In caso di fratture amieliche a livello D5, D6, D7, apice della fisiologica cifosi dorsale è la cuneizzazione e l’accentuazione della cifosi ad alterare l’assetto del rachide sul piano sagittale.

Tale fenomeno, indipendentemente dai criteri di stabilità, può indirizzare verso la chirurgia tanto più che in questo distretto si possono verificare lesioni neurologiche a distanza per la ristrettezza del canale. Nelle fratture di D11 e D12, il trattamento incruento è indicato solo se la frattura è stabile e la deformità residua modesta (% cuneizzazione inferiore ad 1/3) in quanto essendo coinvolta la cerniera dorso lombare le deformità e le instabilità residue determinano dolore ed espongono a complicanze neurologiche secondarie. È per questo motivo che le fratture del passaggio dorso-lombare devono essere considerate con molta attenzione ed è necessario

propendere, nei casi limite, per il trattamento chirurgico tenuto conto però dei diversi fattori di tipizzazione (età, costituzione fisica, patologie associate, qualità dell’osso) e nel rispetto, sempre, del rapporto rischio-beneficio.

Nelle instabilità di tipo I secondo Denis (frequenti a carico del distretto dorsale) è indicato il trattamento incruento descritto da Böhler, Putti e Gui: riduzione in estensione, gesso e scarico per un mese e mezzo, seguito da immobilizzazione con gesso e/o busto a 3 punte per altri 3 mesi ⁷⁻⁹.

Nelle fratture amieliche con instabilità di tipo III è indicato l’intervento chirurgico di riduzione e stabilizzazione da eseguirsi in urgenza dopo opportuni e completi accertamenti (TC, RMN) o, comunque, a breve distanza dal trauma.

Nelle instabilità di tipo II l’indicazione al trattamento è “discrezionale” in quanto debbono essere considerati gli altri fattori definiti di “tipizzazione” (l’età, la costituzione fisica e le condizioni generali) e bisogna tener presente che il decubito a letto per un mese e mezzo, necessario a mantenere la riduzione e a non aggravare la deformità vertebrale, può di per se essere causa di complicanze. Questo comporta la necessità di informare il paziente del problema terapeutico. Il trattamento non chirurgico richiede

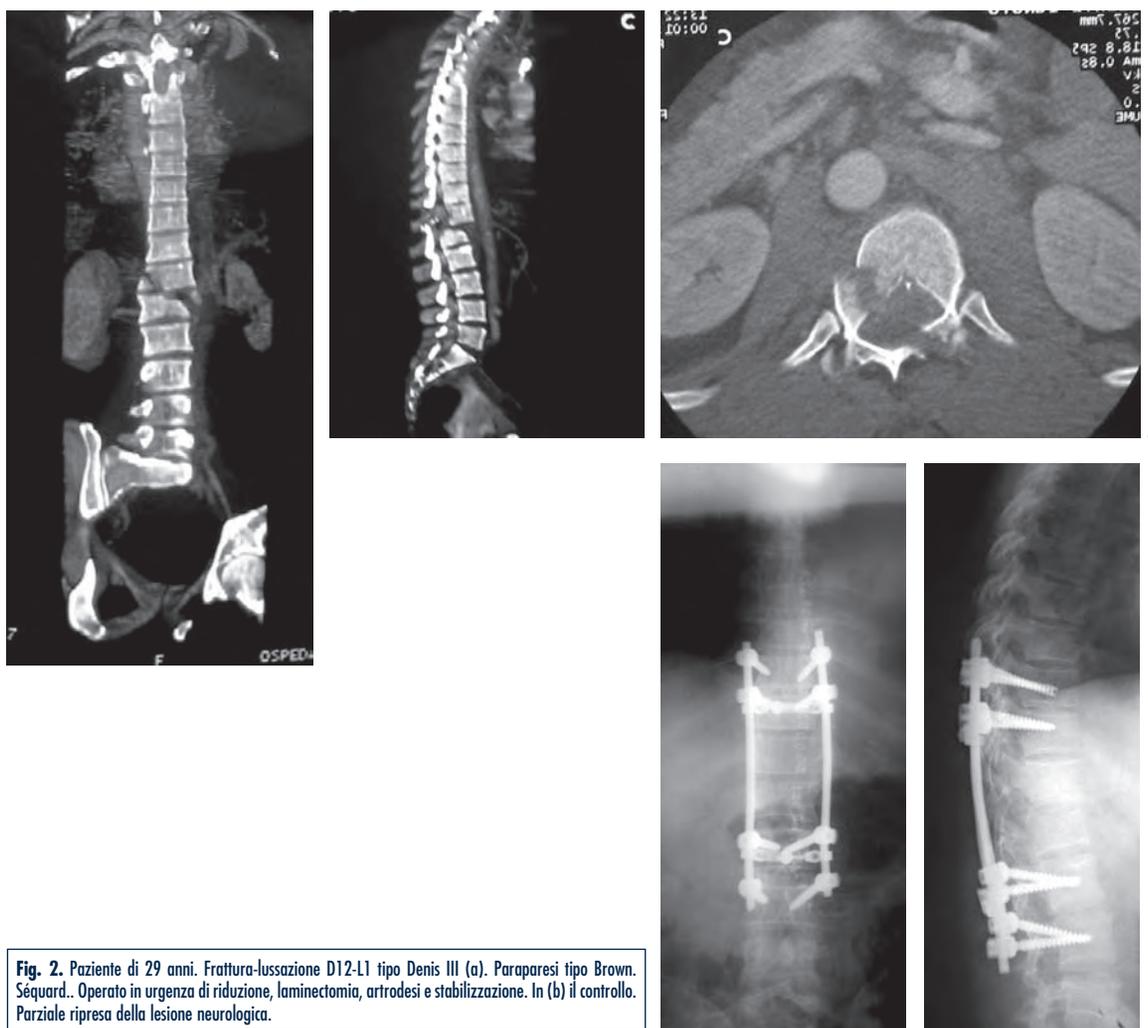


Fig. 2. Paziente di 29 anni. Frattura-lussazione D12-L1 tipo Denis III (a). Paraparesi tipo Brown. Séquard.. Operato in urgenza di riduzione, laminectomia, artrodesi e stabilizzazione. In (b) il controllo. Parziale ripresa della lesione neurologica.

il divieto di lasciare la posizione supina da un minimo di 6 a un massimo di 12 settimane ed un'ulteriore immobilizzazione per 12 settimane con gessi e/o tutori a tre punte. Il paziente deve sapere che il carico precoce sulla vertebra fratturata può portare inevitabilmente a un forte aggravamento della deformità (schiacciamento, cifosi), al rischio di complicanze neurologiche secondarie e ad un rachide doloroso. Queste situazioni non sono dovute al trattamento incruento di per se ma sono la diretta conseguenza del fatto che il paziente ha arbitrariamente disatteso alle precise indicazioni che gli sono state impartite. Il rischio di instabilità secondarie nel trattamento incruento deve essere considerato al fine di una completa informazione¹⁰.

A fronte di quanto riportato è necessario che il paziente, debitamente informato, accetti il trattamento incruento, messo a conoscenza della soluzione chirurgica che è in grado di abbreviare lo stato di malattia con comuni rischi operatori.

In conclusione nelle fratture amieliche riteniamo l'indicazione all'intervento chirurgico assoluta nelle Denis III, discrezionale nelle Denis II. Nelle Denis I riteniamo indicato il trattamento incruento anche se deve essere prospettata comunque la possibilità di abbreviare il periodo di inabilità ricorrendo alla stabilizzazione chirurgica secondo i criteri della chirurgia d'elezione.

Qualità dell'osso

È utile distinguere, ai fini pratici, le fratture in "traumatiche", "patologiche" e "para-patologiche".

Nelle fratture "traumatiche", conseguenti a traumi efficienti, l'indicazione al trattamento incruento o cruento viene posta in base alla situazione neurologica e ai criteri di instabilità, a cui rimandiamo. Nelle fratture "patologiche" devono essere seguiti criteri oncologici ai fini dell'indicazione al trattamento. Diagnosi di natura, caratteristiche della lesione, interessamento neurologico, aspettative di vita ecc. Riteniamo tuttavia utile precisare che, a nostro avviso, indipendentemente dagli altri fattori, il dolore sia un elemento determinante ai fini dell'indicazione alla stabilizzazione chirurgica. Oggi anche se le aspettative di vita del paziente sono modeste, stabilizzare vuol dire eliminare il dolore e questo rende il beneficio nettamente superiore al rischio.

Con il termine di fratture "para-patologiche" intendiamo gli schiacciamenti in osteoporosi. Fino a qualche anno fa il trattamento consisteva nell'utilizzo del busto a 3 punte (utile nelle lesioni da D6 a L3) associato a terapia medica. Da qualche anno la cifoplastica e la vertebroplastica, utilizzate inizialmente negli schiacciamenti vertebrali da osteoporosi difficili da trattare incruentamente per livello della lesione e corporatura del soggetto, hanno preso campo. Oggi, visto gli ottimi risultati, le scarse complicanze e controindicazioni, sono divenute metodiche di routine. Riteniamo, quindi, che la scelta fra trattamento incruento e chirurgia percutanea (cifoplastica o vertebroplastica) debba propendere a favore di quest'ultime visto la possibilità di ottenere efficacemente la scomparsa del dolore ed una nursing più agevole.

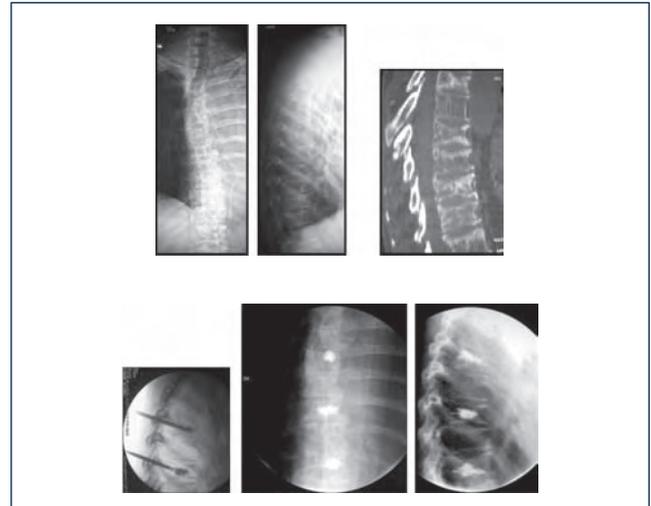


Fig. 3. Paziente di 78 anni. Schiacciamenti vertebrali multipli (D6, D8, D10) in osteoporosi (la). In (b) il controllo intra-operatorio e post-operatorio dopo cifoplastica: scomparsa del dolore.

CONCLUSIONI

Le fratture vertebrali dorsali seguono i criteri generali del trattamento delle fratture vertebrali per quanto riguarda l'indicazione chirurgica in caso di fratture mieliche.

Nelle fratture amieliche riteniamo che il parametro dell'instabilità, da solo, sia semplicemente indicativo e che invece siano i criteri che abbiamo definito "discrezionali" a porre l'alternativa fra trattamento incruento e chirurgico. Sono cioè i diversi fattori di tipizzazione quali l'età, la costituzione fisica, le possibilità assistenziali e logistiche a portarci all'indicazione del trattamento da eseguire e nei casi al limite fra l'incruento e la chirurgia, sono essenzialmente la qualità di vita, il dolore e il desiderio del paziente, a guidarci verso la miglior soluzione terapeutica.

BIBLIOGRAFIA

- Fontijne W. TC scan prediction of neurological deficit in thoracolumbar burst fractures. J Bone JT Surgery 1992;74B:683-5.
- Harms J. The indications and principles of correction of post-traumatic deformities. Eur Spine J 1992;1:142-51.
- Barneschi G, Acanfora A. La nostra esperienza nel trattamento delle instabilità vertebrali traumatiche acute. Progressi Chir Vert 1994;17:215-23.
- Denis F. The three-column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. Spine 1983;8:817-31.
- Magerl F, Harms J. A new classification of thoracic and lumbar injuries. Eur Spine J (in press).
- Louis R. Les theories de l'instabilité. Rev Chir Orthop 1977;63:423-5.
- Bohler J. Bilanz der konservativen und operativen knochenbruchbehandlung-Becken und Wirbelsaule. Chirurg 1983;54:241-7.
- Gui L, Jacchia GE, Bartolozzi P, et al. Il trattamento chirurgico delle fratture vertebrali toraco-lombari. G Ital Ortop Traumat 1983;9(Suppl.).
- Putti V, Scaglietti O, Paltrinieri M. Le fratture vertebrali. Bologna: Cappelli 1942.
- Consoli V, Gabbriellini A. L'instabilità degenerativa globale del rachide toracico. Progressi Chir Vert 1994;17:37-50.

Le fratture traumatiche del rachide lombare

Traumatic fractures of lumbar spine

P. Bartolozzi, D. Pasquetto, M. Marino, A. Costa

RIASSUNTO

Il trattamento delle fratture traumatiche del rachide lombare è un argomento piuttosto dibattuto in letteratura. Punto di partenza di un corretto iter diagnostico-terapeutico deve essere innanzitutto la tipizzazione della frattura e l'inquadramento della sua gravità, al fine di guidare il chirurgo ad un idoneo trattamento.

Se la frattura è mielica andrà sempre trattata chirurgicamente per decomprimere le strutture nervose e il segmento interessato.

Se la frattura è amielica il trattamento può essere conservativo oppure chirurgico ed in questo caso potrà essere eseguito con un approccio posteriore, anteriore o combinato.

Negli ultimi anni, grazie al progresso tecnologico, nuove tecniche chirurgiche mini-invasive sono state sviluppate e proposte come alternativa alle procedure a cielo aperto con indiscussi vantaggi derivanti dal minor trauma chirurgico.

Parole chiave: fratture traumatiche rachide lombare, approccio posteriore, approccio anteriore, approccio combinato, cifoplastica

SUMMARY

Treatment of traumatic fractures of lumbar spine remains a controversial subject. For a correct management we have to classify the fracture and to state its severity.

When there is a neurological involvement, the choice is always surgical treatment.

In lumbar burst fractures without a neurologic deficit, accepted methods of treatment include conservative therapy, posterior reduction and instrumentation, anterior decompression and instrumentation or a combined approach.

In the last years minimally invasive techniques are proposed for the treatment of burst fractures of the lumbar spine with no neurological complication. The main advantage of this approach is to reduce surgical trauma.

Key words: traumatic fractures lumbar spine, posterior approach, anterior approach, kyphoplasty

INTRODUZIONE

Il trattamento delle fratture traumatiche del rachide lombare è un argomento piuttosto dibattuto in letteratura. Questo sia per le caratteristiche anatomiche e biomeccaniche di questo tratto di colonna

vertebrale, sia perché i pazienti affetti costituiscono un gruppo molto eterogeneo (localizzazione della frattura, presenza o meno di interessamento neurologico che può essere più o meno esteso).

Se i dubbi non sussistono sulla necessità di trattare sempre chirurgicamente le fratture mieliche per decomprimere le strutture nervose e stabilizzare il segmento interessato, controversa è la scelta se sia più efficace un trattamento di tipo conservativo o chirurgico in caso di fratture amieliche.

Indubbiamente un trattamento conservativo con un apparecchio gessato o con il clinostatismo prolungato in pazienti neurologicamente indenni, elimina i rischi e la morbidità legata all'intervento chirurgico stesso.

Tuttavia i vantaggi del trattamento chirurgico di una frattura includono una miglior correzione della deformità cifotica, un'immediata stabilità, una diminuita immobilizzazione a letto ed un conseguente più veloce recupero.

Se si stabilisce l'indicazione al trattamento chirurgico, la strategia terapeutica può essere indirizzata verso un approccio posteriore, anteriore o combinato.

Punto di partenza di un corretto iter diagnostico-terapeutico deve essere innanzitutto la tipizzazione della frattura e l'inquadramento della sua gravità, al fine di guidare il chirurgo ad un idoneo trattamento.

Oggi ciò è stato reso di più facile esecuzione grazie alle moderne tecniche di *imaging* quali la risonanza magnetica (RM) e la tomografia computerizzata (TC) che consentono di avvalersi di minuziose classificazioni; tra queste riteniamo quella di Magerl¹ la più completa nel definire la morfologia delle lesioni, la loro instabilità e gravità.

Noi riteniamo, alla luce della nostra e di altri esperienza²⁻⁷ che la decompressione, correzione e stabilizzazione per via posteriore sia da ritenersi il trattamento elettivo da associarsi ad una stabilizzazione anteriore, in un secondo tempo, solo in presenza di fattori di rischio che possano determinare una eccessiva sollecitazione dello strumentario posteriore (Fig. 1). L'introduzione di un accorgimento tecnico nella stabilizzazione posteriore con viti peduncolari, quali l'aggiunta di uncini di neutralizzazione, ha tuttavia eliminato, nella nostra esperienza, questa evenienza (Fig. 2, 3).

Riteniamo inoltre che il trattamento conservativo mantenga ancora oggi una sua validità soprattutto in fratture amieliche stabili, che abbiano un angolo di cifosi minore di 30° ed in cui il canale vertebrale sia occupato per meno del 50%, in soggetti giovani².

Infine, grazie soprattutto al progresso tecnologico degli ultimi anni, nuove tecniche chirurgiche mini-invasive sono state sviluppate e proposte come alternativa alle procedure a cielo aperto (Fig. 4) con indiscussi vantaggi derivanti dal minor trauma chirurgico. Scopo di questa revisione è di valutare l'efficacia della nostra strategia chirurgica nel caso di fratture amieliche instabili e di fare un accenno

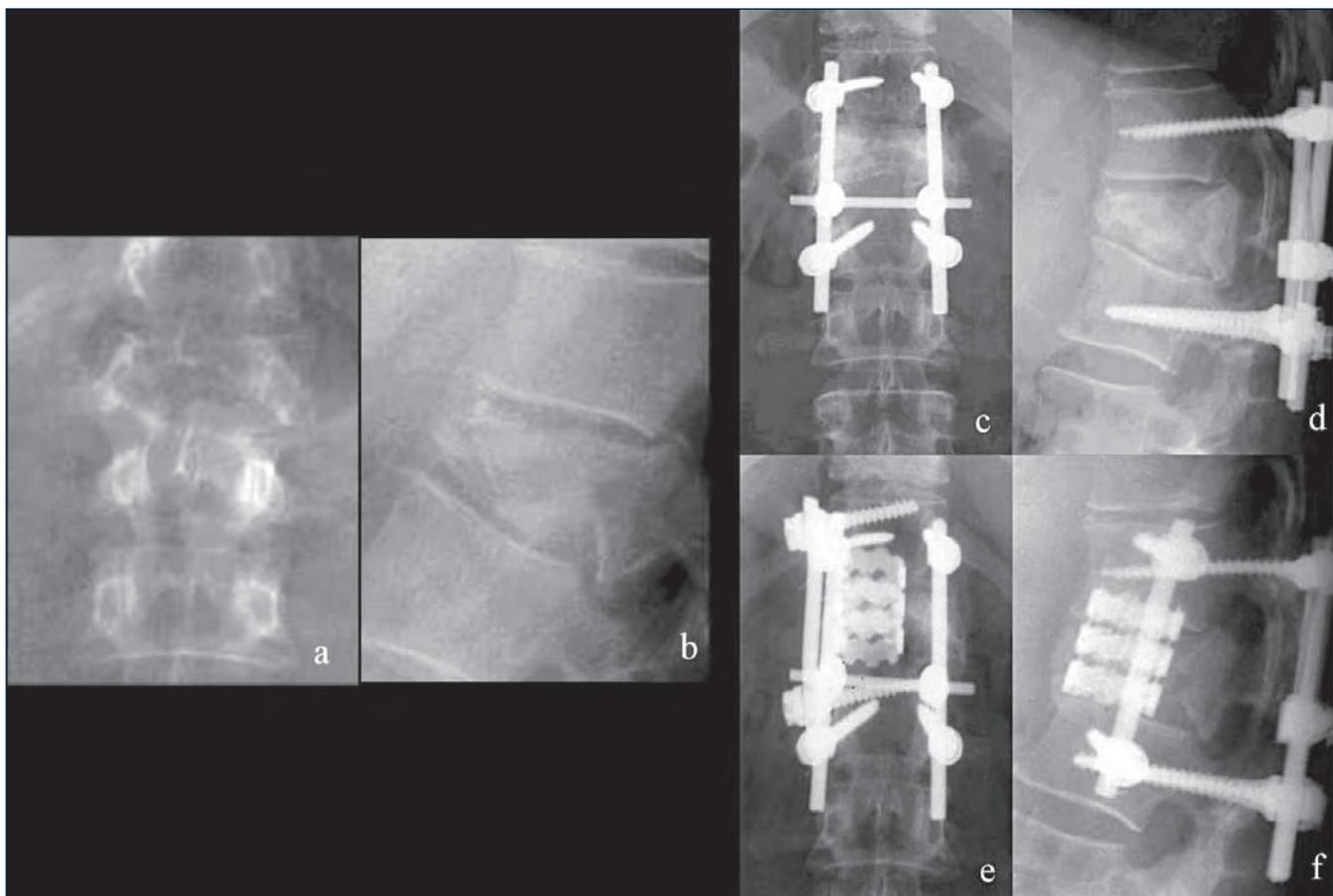


Fig. 1. Paziente maschio 48 anni con frattura di L1 tipo A3.3.2 sec. Magerl (a) e (b). Controllo a 2 mesi dall'intervento (c) e (d). Si nota l'importante sollecitazione delle viti superiori che hanno costretto ad una ripresa per via anteriore (e) e (f).

alle possibilità di trattamento che offrono le nuove tecniche mini invasive.

MATERIALI E METODI

Dal gennaio 1992 al gennaio 2006 sono stati sottoposti ad intervento chirurgico 63 pazienti affetti da frattura toraco-lombare o lombare presso la Clinica Ortopedica e Traumatologica dell'Università di Verona.

Di questi 47 erano maschi e 16 femmine, con un'età media di 32 anni (età minima 16 anni, massima 65 anni).

Tutti i pazienti sono stati seguiti con controlli clinici e radiografici a 2, 4, 12 e 24 mesi e, successivamente ogni 2 anni. Il FU medio è di 11 anni (minimo 1 anno, massimo 14 anni). I primi 8 casi sono stati sottoposti a stabilizzazione peduncolare con strumentario BWM, sostituito da strumentario SIR nei successivi 33 casi e da strumentario XIA nei restanti 22. In tutti è stata eseguita una decompressione-riduzione-stabilizzazione posteriore tipo "short" (inglobando cioè solo le vertebre adiacenti quella fratturata) con riduzione dei frammenti retropulsi per ligamentotaxis⁴.

Negli ultimi 44 casi lo strumentario peduncolare è stato supplementato da uncini di neutralizzazione al fine di ridurre lo stress in flessione delle viti. In questi pazienti è stata eseguita, di routine,

un'artrodesi postero laterale (mentre nei casi precedenti veniva effettuata solo nelle fratture ritenute maggiormente instabili).

In 7 pazienti è stato eseguito un secondo tempo chirurgico anteriore per completare la stabilizzazione con una protesi tipo Moss. In quattro casi si trattava di fratture inveterate (di 30 e 40 giorni) con marcata cifosi, nei rimanenti tre casi si era resa necessaria la stabilizzazione anteriore in quanto, a due mesi dall'intervento, si era evidenziata la flessione delle viti con perdita parziale della correzione. Si trattava di uno dei primi casi in cui non venivano applicati gli uncini di neutralizzazione e non era stata eseguita l'artrodesi.

In tutti i pazienti è stato applicato nel post-operatorio un busto a tre punti di spinta per tre mesi.

La causa più frequente del trauma era rappresentata dall'incidente stradale (38 pazienti) seguita dalla caduta dall'alto (21 casi di cui 8 infortuni sul lavoro); i rimanenti casi erano conseguenti a cause accidentali sul lavoro.

La sede della frattura era toraco-lombare (T11-L1) in 39 casi e lombare (L2-L5) nei rimanenti 24. In 7 pazienti coesisteva una frattura, di minore importanza, del metamero contiguo.

Tutti i pazienti sono stati sottoposti a radiografie standard, TC ed RM. La deformità in cifosi locale è stata misurata con la metodica del *Sagittal Index*⁸ con misurazioni preoperatorie, postoperatorie ed a distanza.



Fig. 2. Maschio 35 anni con frattura di L2 tipo A3.1.1 sec. Magerl. (a) Rx; (b) TC; (d) e (e) RM.

In presenza di un danno neurogeno è stata somministrata una terapia cortisonica con Metilprednisolone 30 mg/kg in bolo seguito da un dosaggio di 5,4 mg/kg/ora per 24-48 ore⁹.

Le fratture sono state tipizzate utilizzando la classificazione di Magerl¹ (retrospettivamente per quelle antecedenti il gennaio 1995, periodo in cui abbiamo adottato questa classificazione) e così suddivise: 35 tipo A, 17 tipo B, 11 tipo C.

Il danno neurologico è stato valutato secondo l'ASIA Impairment Scale¹⁰ ed era presente in 41 pazienti: in un caso il coinvolgimento neurologico era totale (grado A) mentre nei 40 casi rimanenti era parziale (11 grado B, 12 grado C, 17 grado D).

RISULTATI

Ad esclusione del paziente con lesione mielica completa (grado A) in tutti gli altri pazienti, con danno neurogeno incompleto, si è ottenuto un recupero neurologico di almeno un grado e sono così classificati: grado B: 0; grado C: 3; grado D: 14; grado E: 23.

Unica eccezione, con peggioramento dal grado E al grado C, si è verificata in un paziente in conseguenza della formazione di un ematoma post-chirurgico che ha determinato una sindrome della cauda equina persistito nonostante un precoce reintervento.

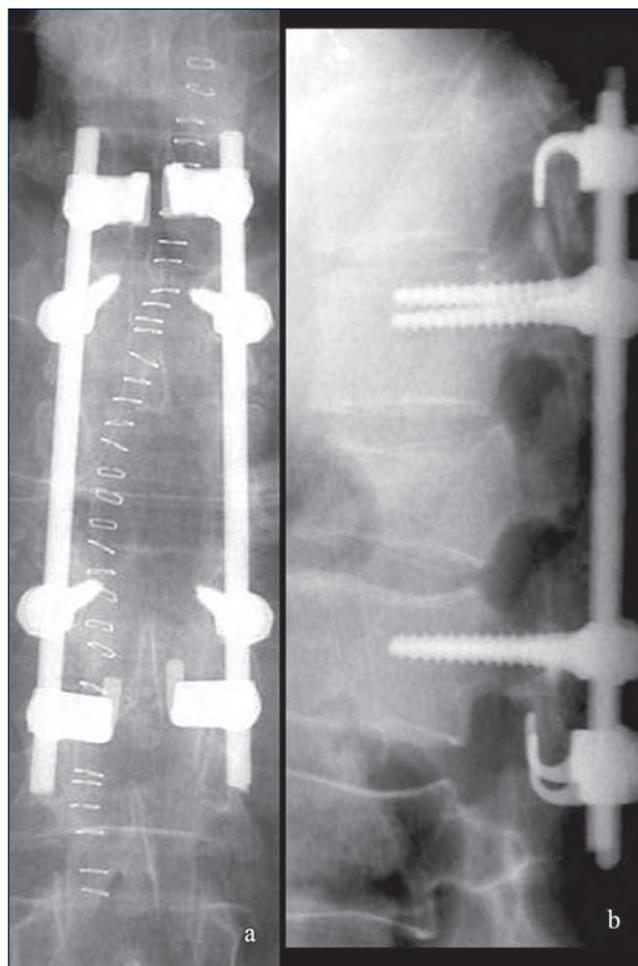


Fig. 3. Controllo post-operatorio del paziente (Fig. 2) sottoposto ad intervento di decompressione e stabilizzazione con viti e uncini di neutralizzazione per via posteriore (a) e (b).

La deformità in cifosi locale, valutata con la metodica del *Sagittal Index* ha registrato una correzione media di 11° passando dai 18,5° pre-operatori (minimo -12°, massimo 44°) ai 7,5° post-operatori (pari ad una correzione di circa il 60%).

Al FU si è rilevata una perdita media di correzione di 2,4° (circa il 13% del valore di cifosi iniziale) in gran parte dovuta a degenerazione del disco vertebrale coinvolto dalla frattura.

In 3 pazienti si è registrata la rottura tardiva dello strumentario; si trattava di soggetti, trattati all'inizio della nostra esperienza con questa tecnica, in cui non erano stati applicati uncini di neutralizzazione e non era stata effettuata l'artrodesi. Tuttavia, è stato sufficiente rimuovere lo strumentario in quanto le fratture erano guarite anche se con parziale perdita di correzione.

Proprio la rivalutazione di queste complicanze ci ha indotto a sviluppare un montaggio più solido utilizzando viti modificate, con maggiore resistenza alle sollecitazioni, e applicando uncini di neutralizzazione. Nei pazienti così trattati non abbiamo più registrato rotture dello strumentario o importanti perdite di correzione.

CONSIDERAZIONI

A fronte di una frattura vertebrale, l'attenzione del chirurgo deve

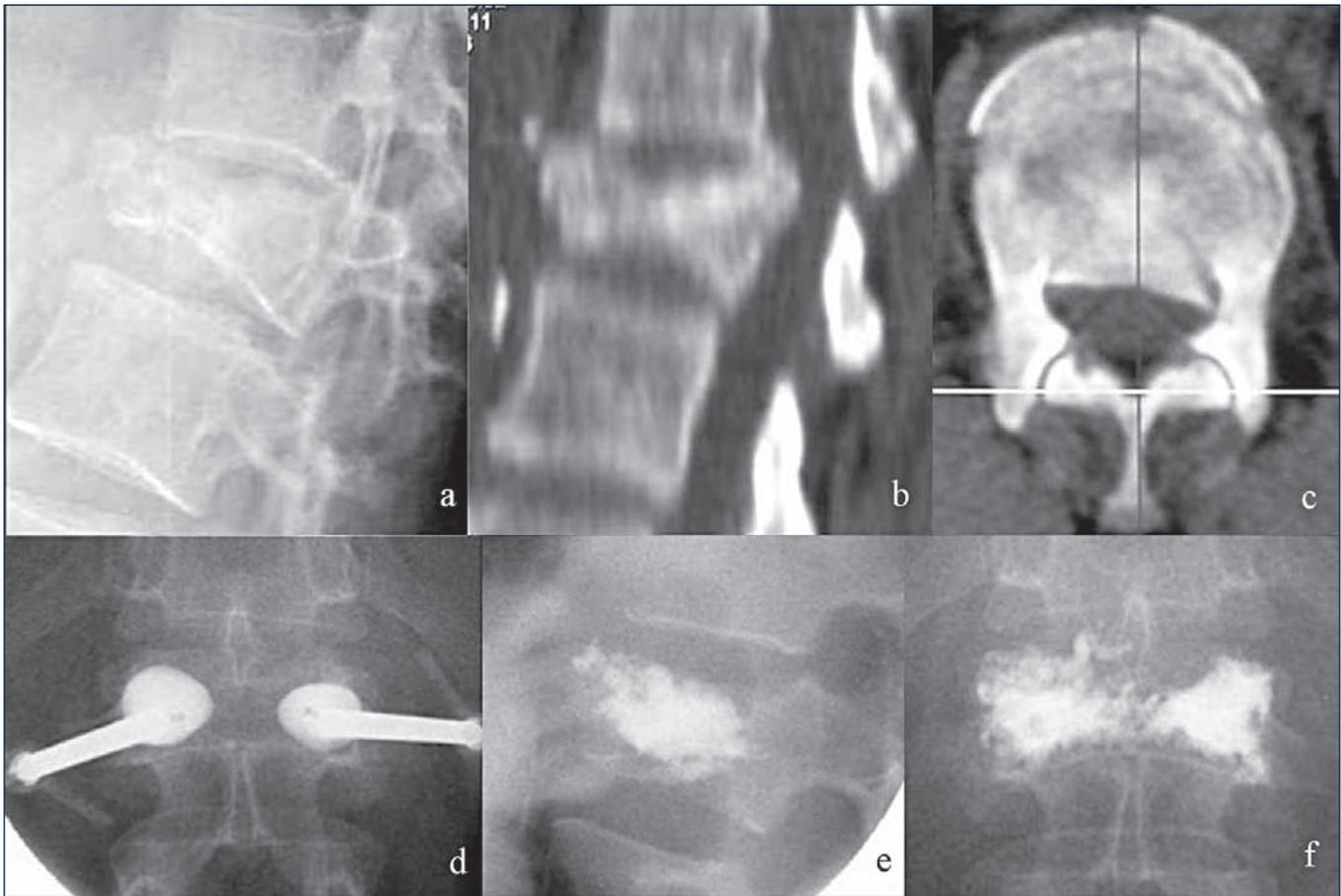


Fig. 4. Donna di 53 anni con frattura di L1 tipo A3 sec. Magerl. (a) controllo Rx; (b) e (c) controllo TC; (d) controllo intraoperatorio del trattamento con cifoplastica; (f) controllo post-operatorio.

innanzitutto focalizzarsi sulla presenza, o meno, di un coinvolgimento neurologico. In caso affermativo il trattamento chirurgico è imperativo ed inderogabile in quanto una rapida decompressione e stabilizzazione, oltre a rimuovere la causa compressiva ischemica, limita il danno edemigeno locale, causa di alterazioni microvascolari del midollo spinale, favorendo la regressione dei deficit neurologici presenti ed impedendone l'aggravamento⁶.

Se la scelta del chirurgo è, di fatto, obbligata in presenza di una frattura mielica, l'indicazione al tipo di trattamento per le fratture amieliche è più complessa.

La frattura deve essere inquadrata con l'ausilio di radiografie standard in due proiezioni associate a indagine TC per uno studio approfondito del grado di comminuzione dei corpi vertebrali nonché del coinvolgimento della colonna posteriore. Molto utile risulta inoltre l'indagine RM per un miglior apporto informativo sulle strutture nervose e dei dischi.

Questi dati ci consentono di tipizzare le fratture utilizzando le moderne classificazioni tra cui, quella di Magerl¹ risulta a nostro avviso la più completa consentendo un facile inquadramento della gravità e dell'entità dell'instabilità.

Consideriamo, sulla base della nostra esperienza, indici di grave instabilità che rendono necessaria la stabilizzazione chirurgica, valori di occupazione del canale vertebrale superiori al 50%, riduzione in altezza del colpo vertebrale oltre il 50%, cifosi locale con

Sagittal Index superiore ai 20° e apertura delle spinose (conseguente a lesione complessa delle strutture legamentose posteriori)⁴.

Definita l'indicazione chirurgica rimane da stabilire il tipo di approccio: posteriore, anteriore o combinato.

Lo scopo del trattamento è il ripristino dei valori fisiologici delle curve sagittali, la stabilizzazione-artrosi della frattura per fissare in posizione corretta i vertebrae interessati, la decompressione del canale neurale in caso di fratture meliche.

I vantaggi della stabilizzazione posteriore sono rappresentati da una buona capacità decompressiva del canale vertebrale con risultati clinici sovrapponibili alla decompressione anteriore^{2 11 12}, dall'ampia possibilità di correggere deformità cifotiche anche gravi (difficilmente eseguibile con la via anteriore)¹³, dalla minor invasività rispetto all'accesso anteriore che presenta quindi maggiori complicanze (emorragia, infezioni, ileo paralitico)¹⁴, dalla miglior dimestichezza del chirurgo ortopedico con questa via e dalla più rapida ripresa post-operatoria del paziente⁷.

Unico svantaggio della via posteriore è rappresentato dall'impossibilità di dare un valido sostegno ai corpi vertebrali quando risultano gravemente comminuti con intrappolamento di grossi frammenti discali con conseguente eccessiva sollecitazione delle strumentazioni posteriori che possono andare incontro a rottura¹⁵.

Essendo percentualmente minoritario questo tipo di fratture, riteniamo che i vantaggi sopra esposti della via posteriore debbano

indurre il chirurgo ad utilizzarla come tecnica di prima scelta valutando, in un secondo momento, l'opportunità ad estendere anteriormente l'artrodesi in quelle fratture con le caratteristiche di grave instabilità prima descritte.

A tal fine risulta molto utile la classificazione di McCormack¹⁵ che, basandosi su alcune caratteristiche della frattura (quali la frammentazione del corpo, il *displacement* dei frammenti, l'entità della correzione iniziale), stabilisce un indice di predittività dell'evoluzione della lesione e della possibile rottura dello strumentario posteriore.

Nella nostra casistica abbiamo sempre eseguito una stabilizzazione posteriore rendendosi necessaria una successiva artrodesi anteriore in soli 7 pazienti (di cui 4 casi di fratture inveterate).

La buona capacità decompressiva della via posteriore è dimostrata dal miglioramento della sintomatologia neurologica in tutti i pazienti con lesione incompleta da noi trattati.

L'entità della correzione da noi ottenuta (circa 60%) dimostra l'efficacia della strumentazione posteriore che, grazie ad accorgimenti tecnici quali l'associazione di uncini di neutralizzazione, risulta così resistente alle sollecitazioni in flessione da rendere quasi sempre superfluo il tempo anteriore. Nella nostra casistica i casi in cui si è registrata un'importante perdita di correzione o la rottura dello strumentario fanno tutti parte del gruppo iniziale in cui non venivano applicati gli uncini di neutralizzazione.

CONCLUSIONI

Lo scopo di questo lavoro era stabilire, in base alla nostra esperienza, la validità della strategia chirurgica da noi adottata nei casi di fratture amieliche instabili.

Da quanto esposto si evince che la via posteriore consente, sia nelle fratture mieliche che amieliche, di ottenere un'ottima correzione stabile nel tempo e una valida decompressione delle strutture nervose come dimostrato dal recupero dei deficit neurologici nella quasi totalità dei pazienti trattati. Il tutto senza esporsi alle maggiori complicanze (quali emorragie, infezioni, ileo paralitico, a cui si può andare incontro con l'accesso anteriore).

Tuttavia, nei rari casi in cui non si ritenesse sufficiente la stabilizzazione posteriore, è sempre possibile eseguire un secondo tempo anteriore a distanza di qualche settimana quando le condizioni del paziente si sono stabilizzate rendendo meno rischioso l'accesso.

Riteniamo pertanto, confortati dalla nostra ed altrui esperienza, che la strumentazione posteriore vada eseguita in tutte le fratture vertebrali che necessitano di una stabilizzazione-decompressione, riservandosi, in casi selezionati, un eventuale accesso anteriore differito.

Infine vogliamo concludere facendo un breve accenno ai possibili sviluppi futuri del trattamento chirurgico grazie all'utilizzo di una tecnica mini-invasiva.

Come è ben noto a chi si occupa di traumatologia vertebrale, vi sono fratture in cui il confine tra il trattamento incruento e cruento non è ben definito: fratture vertebrali tipo A3 amieliche con cuneizzazione del corpo vertebrale inferiore al 40-50%, cifosi segmentaria inferiore ai 25-30° e stenosi del canale vertebrale inferiore al 50% possono essere trattate sia conservativamente,

con ortesi toracolombosacrali o busti gessati in inclinazione, che chirurgicamente. È in questa "zona grigia" che nuove alternative di trattamento chirurgico si fanno avanti. Ci riferiamo alla possibilità di trattare con cifoplastica questo tipo di fratture, e i risultati dei primi 8 casi trattati presso la nostra clinica sono incoraggianti soprattutto per quel che riguarda la possibilità di ridurre e stabilizzare la lesione vertebrale con un minimo trauma chirurgico e una precoce mobilitazione del paziente nel post-operatorio. Riteniamo che questa pur limitata esperienza possa aprire la strada all'uso di tale metodica in questi tipi di frattura garantendo la stabilità, la riduzione del dolore e il rapido recupero funzionale. Questa tecnica inoltre potrebbe rappresentare un'opzione di trattamento in pazienti non idonei all'uso del busto gessato (pazienti anziani, obesi, polifratturati, ecc.). Tuttavia bisogna che studi su casistiche più estese confermino la validità della nostra esperienza e che vengano sviluppati materiali alternativi al cemento che siano in grado di offrire oltre ad un'ottimale stabilità anche proprietà osteoinduttive.

BIBLIOGRAFIA

- Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, et al. *A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries*. Eur Spine J 1994;3:184-201.
- Dai LY, Jiang SD, Wang XY, et al. *A review of the management of thoracolumbar burst fractures*. Surg Neurol 2007;67:221-31.
- Boriani S, Palmisani M, Donati U, et al. *Il trattamento delle fratture toraciche e lombari: studio su 123 casi trattati chirurgicamente in 101 pazienti*. Chir Organi Mov 2000;85:137-49.
- Cassini M, Paschetto D, Sandri A, et al. *Valutazione radiologica, classificazione ed indirizzi di trattamento delle fratture vertebrali*. GIS Progressi in patologia Vertebrale 1997;20:219-28.
- Crutcher JP, Anderson PA, King HA, et al. *Indirect spinal canal decompression in patients with thoracolumbar burst fractures treated by posterior distraction rods*. J Spinal Disorders 1991;4:39-48.
- Danisa OA, Shaffrey CI, Jane JA, et al. *Surgical approaches for the correction of unstable thoraco-lumbar burst fractures: a retrospective analysis of treatment outcomes*. J Neurosurg 1995;83:977-83.
- Stancic MF, Gregorovic E, Nozica E, et al. *Anterior decompression and fixation versus posterior reposition and semirigid fixation in the treatment of unstable burst thoracolumbar fracture: prospective clinical trial*. CMJ Clinical Sciences 2001;42:49-53.
- Farcy JP, Weidenbaum M, Glassman SD. *Sagittal Index in management of thoracolumbar burst fractures*. Spine 1990;15:958-65.
- Bracken MB, Shepard MJ, Holford TR. *Administration of methylprednisolone for 24 or 48 hours or tirilazad mesylate for 48 hours in the treatment of acute spinal cord injury. Result of the third national acute spinal cord injury randomized controlled trial. National acute spinal cord injury study*. JAMA 1997;277:1597-604.
- Ditunno JF, Young W, Donovan WH, et al. *The international standards booklet for Neurological and functional classification of spinal cord injury*. Paraplegia 1994;32:70-80.
- Gertzbein SD, Court-Brown CM, Marks P. *The neurological outcome following surgery for spinal fractures*. Spine 1988;13:641-4.
- Hu SS, Capen DA, Rimoldi RL, et al. *The effect of surgical decompression on neurological outcome after lumbar fractures*. Clin Orthop 1993;288:166-73.
- Kostuik JP. *Anterior fixation for burst fractures of the thoracic and lumbar spine with or without neurological involvement*. Spine 1988;13:286-93.
- Jeanneret B, Ho PK, Magerl F. *Burst-shear flexion-distraction injuries of the lumbar spine*. J Spinal Disorders 1993;6:473-81.
- McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. *The load sharing classification of spine fractures*. Spine 1994;19:1741-4.

Le fratture della caviglia. Indicazioni al trattamento

Ankle fractures: treatment's indications

A. Volpe, A. Postorino, D. Varotto

RIASSUNTO

Le fratture della caviglia rappresentano un'evenienza fra le più frequenti nella traumatologia di interesse ortopedico. Un adeguato trattamento di queste lesioni non può prescindere da una profonda conoscenza dell'anatomia regionale, della biomeccanica e dei meccanismi di produzione. La classificazione di Lauge-Hansen, basata appunto sullo studio dei meccanismi di produzione e sulla sequenza delle lesioni prodotte dallo spostamento della troclea astragalica nel mortaio tibio-fibulare, sembra la più adatta ad inquadrare correttamente queste lesioni. Il trattamento conservativo è indicato solo nelle lesioni isolate o con minimo spostamento. In tutti gli altri casi è indicata una riduzione aperta ed una sintesi interna stabile (ORIF) per ricostruire adeguatamente la morfologia articolare e consentire un precoce recupero funzionale.

Parole chiave: fratture della caviglia, classificazione, indicazioni al trattamento

SUMMARY

The ankle is one of the most frequently injured human joints. Reliably good results can be obtained with thorough understanding of the ankle anatomy, radiology and mechanism of injury. Lauge-Hansen classification, that classify the lesions according with the mechanisms of injury, is based on the position of the foot and the direction of deforming forces, therefore seems to be much accurate and advisable for an adequate surgical decision. The conservative treatment is advisable only for the stable, isolated lesions. In the remaining group of ankle fractures it is a general agreement for early open reduction and internal rigid fixation (ORIF) to recreate a normal local anatomy and to maximize the long-term function of the ankle.

Key words: ankle fractures, classification, treatment's indications

Unità Funzionale di Chirurgia del Piede e della Caviglia, Casa di Cura Abano Terme (Padova)

Indirizzo per la corrispondenza:

Prof. Antonio Volpe, Casa di Cura Abano Terme, Presidio Ospedaliero USL 16 Regione Veneto, Abano Terme (Padova) (www.footankleclinic.it)

INTRODUZIONE

Le fratture della caviglia sono un gruppo di lesioni ben precise, interessanti il complesso tibio-fibulo-talare, frequenti ed in rapida crescita percentuale, per l'aumento della traumatologia della strada e dello sport.

Nonostante negli ultimi trent'anni sia stato fatto un sostanziale passo in avanti nella cura delle lesioni traumatiche della caviglia, permangono ancora numerosi dubbi e difficoltà, legati ad un'anatomia assolutamente peculiare di questa regione, caratterizzata da un allineamento molto preciso e da una scarsa protezione delle parti molli, che non perdona complicità locali.

Pertanto lo scopo del trattamento ortopedico, chirurgico, o di ambedue, è di ricostruire una anatomia il più possibile simile a quella normale, ricreando una funzione articolare valida e duratura nel tempo, accanto ad un rigoroso rispetto delle parti molli.

Requisiti fondamentali per raggiungere di tale obiettivo sono quelli di conoscere adeguatamente l'anatomia topografica, la biomeccanica normale e patologica della caviglia fratturata, per non sottovalutare difetti morfologici post-traumatici apparentemente modesti, ma funzionalmente rilevanti nel tempo.

Contemporaneamente è richiesta una sufficiente conoscenza tecnica e confidenza con i principi base dell'osteosintesi moderna, con le vie di accesso e i mezzi di sintesi più adeguati.

Punto cruciale della scelta terapeutica è se optare per un trattamento conservativo o chirurgico, in relazione al tipo di lesione e di paziente.

Per questo motivo abbiamo ritenuto utile riprendere sommariamente l'anatomia e la biomeccanica, sia della caviglia normale, che di quella fratturata, prima di entrare nel capitolo più specifico del trattamento.

ANATOMIA, BIOMECCANICA E PATOBIOMECCANICA

L'anatomia tibio-fibulo-talare è più complessa di quanto istintivamente si pensi.

Nell'analizzarla, insieme ad accenni di biomeccanica e pato-biomeccanica, sottolineeremo i punti chiave da ricordare nella decisione delle scelte terapeutiche e nei principi di trattamento.

La caviglia è formata dal mortaio tibio-fibulare e la troclea astragalica, resi congruenti e stabili da un complesso sistema legamentoso.

I movimenti possibili sono di flessione dorsale e plantare sul piano sagittale, intorno ad un asse passante per i malleoli, appena obliquo in lieve rotazione esterna rispetto al piano frontale.

In termini di fisiologia articolare l'articolazione tibio-tarsica è dunque apparentemente paragonabile ad un'articolazione a cerniera, ma in effetti risulta leggermente atipica.

Infatti, durante il carico, alla flessione dorsale e plantare si associano movimenti complessi di rotazione sul piano assiale e coronale. Si consideri inoltre che la troclea astragalica non è piatta, ma leggermente svasata al centro, con corrispondenti depressioni laterali della corrispondente epifisi articolare tibiale. Questa configurazione altamente asimmetrica comporta larga perdita di fisiologico contatto e congruenza, quando l'astragalo è anche di poco lateralizzato.

Se si pensa che, in carico, le forze misurate a livello articolare originanti dalla reazioni piede/ suolo sono circa 4 volte il peso corporeo in un'area variabile fra i 4 ed i 6 cm², ben si capisce come facilmente anche piccole incongruenze articolari portino nel tempo a quadri di artropatia degenerativa post-traumatica.

Punto chiave da ricordare: il ristabilimento di una perfetta congruenza articolare.

Tibia e fibula sono elasticamente serrati dal complesso legamentoso della sindesmosi, formato prossimalmente dalla membrana interossea, distalmente dai legamenti tibio-peroneali anteriore e posteriore. Quest'ultimo prende larga inserzione nella metafisi posteriore tibiale, detta impropriamente terzo malleolo o malleolo di Destot, si continua posteriormente e distalmente nel legamento peroneo-astragalico posteriore e si obliqua distalmente fino ad essere talora separato dalla parte più prossimale e viene pertanto chiamato, in tale tratto, legamento trasverso inferiore.

L'anteriore invece si porta, in maniera decisamente obliqua, con robuste fibre, dal quarto malleolo, detto di Tillaux-Chaput, al perone,

La parte più posteriore, svasata, dell'epifisi tibiale che scende a completare la concavità articolare, ben osservabile sul piano sagittale, è detta triangolo di Volkmann, anch'esso impropriamente chiamato terzo malleolo

La sua ricostruzione, quando dislocato in corso di frattura e superiore per grandezza ad 1/5 della superficie articolare, è determinante per ricostruire la congruenza tibio-talare ed un fisiologico scorrimento.

Punto chiave da ricordare: la ricostruzione di una fisiologica morfologia del triangolo posteriore.

Un ulteriore elemento anatomico fondamentale, da ricordare nei principi della ricostruzione, è rappresentato dalla congruenza tibio-fibulare nella sindesmosi distale. La perfetta congruenza fra la concavità della faccia articolare tibiale per l'alloggiamento peroneale, ad ellisse con concavità del bordo distale, e la convessità della fibula che vi si adagia, in modo che la cosiddetta gola laterale con il suo recesso sinoviale sia un'unica, liscia e continua superficie, va sempre ricreata nella maniera il più perfetta possibile. Da ricordare inoltre che le due superfici contrapposte, tibiale e fibulare, non sono rivestite di cartilagine ialina, e questo spiega sia la formazione di tessuto fibroso ipertrofico, simile ad una pseudoartrosi, nelle lesioni croniche, che il rischio di fusione totale con perdita del fisiologico movimento fibulare, quando la lesione viene artificiosamente serrata per lungo tempo¹.

Punto chiave da considerare: la perfetta congruenza tridimensionale della sindesmosi tibio-fibulare distale, che va sempre ricreata

nella riparazione di lesioni interessanti questa struttura anatomica (ed eventualmente studiata con TC nei casi dubbi).

Sul malleolo tibiale prende inserzione la larga e robusta banda del legamento deltoideo, in due distinte bande.

La superficiale si inserisce sul collicolo anteriore, e si propaga fino al collo astragalico ed al calcagno. La banda profonda è più verticale e posteriore e si inserisce centralmente sul corpo dell'astragalo.

Le lesioni del legamento deltoideo sono spesso associate alle fratture spiroidi fibulari e alle lesioni della sindesmosi. Da ricordare nei principi della ricostruzione la possibilità di un intrappolamento del legamento deltoideo, raramente insieme all'intrappolamento del tendine del tibiale posteriore, con caratteristico allargamento dell'emirima interna e lateralizzazione della troclea astragalica. *Punto chiave da ricordare: la normale larghezza della emirima interna, non superiore a 2 mm sulle Rx standard di una tibio-tarsica con normali rapporti articolari.*

Le lesioni del legamento deltoideo, se non trattate, inducono una significativa instabilità rotatoria antero-laterale, con diminuzione dell'area di contatto durante lo scorrimento articolare. In presenza di questa instabilità una lesione associata della sindesmosi, anche di grado lieve o modesto, comporta inevitabilmente un allargamento del mortaio tibio-fibulare.

Questo avviene tipicamente nelle lesioni da pronazione-rotazione esterna che infatti, nella generalità delle fratture malleolari, sono quelle che più spesso forniscono un contributo alle artropatie post-traumatiche conseguenti a questi traumi.

Il malleolo laterale, fibulare, di caratteristica forma triangolare, è più lungo di quello mediale.

La sua lunghezza si stima facilmente misurando l'angolo talo-cruale, fra una retta passante per l'apice dei malleoli e la tangente alla troclea astragalica (Fig. 1). Secondo Ramsey et al. una differenza

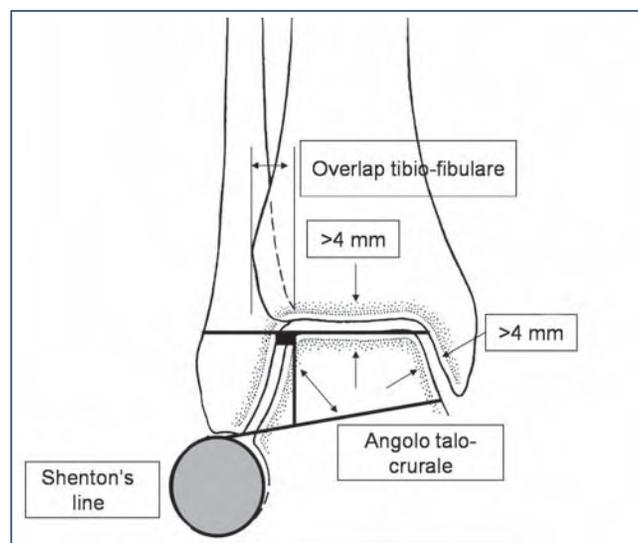


Fig. 1. Rapporti articolari normali nella radiografia in AP.

Interlinea articolare simmetrica fra spazio tibio-trocleare superiore e mediale; massima larghezza 4 mm.

Angolo talo-cruale. Non è un valore assoluto. Normalmente è intorno agli 80°. Una differenza superiore a 8° rispetto al controlaterale è sicuramente patologica.

Linea di Shenton fra la concavità dell'apice peroneale e il profilo del processo laterale astragalico; una sua alterazione o interruzione è suggestiva di sublussazione.

Sovrapposizione (overlap) fisiologica fra tibia e perone: una sua scomparsa o allargamento è suggestiva di lesione della sindesmosi.

superiore a 8° di questo valore modifica sostanzialmente le aree contrapposte di contatto nel movimento e determina nel tempo disallineamento e degenerazione articolare².

La lunghezza del perone rispetto alla tibia rappresenta un altro importante punto chiave.

Il perone sopporta fra il 6% ed il 16% del carico assiale. Quando l'astragalo dorsiflette, il perone si sposta in direzione postero-laterale, mentre simultaneamente si extraruota (fino a 12° rispetto alla tibia distale) e può risalire fino a 2,4 mm. Questo movimento detto "ad ascensore" del perone permette una completa dorsiflessione dell'astragalo, limitandone al contempo una eccessiva rotazione esterna³.

Punto chiave ricordare: una persistente stabilizzazione o fusione tibio-fibulare, che impedisca il risalimento del perone, porterà inevitabilmente ad una perdita della corsa dorsiflessoria.

Il complesso legamentoso laterale è rappresentato dal legamento peroneo-astragalico anteriore, dal più verticale legamento peroneo-calcaneare e dal più posteriore legamento peroneo-astragalico posteriore.

Lesioni importanti del complesso legamentoso esterno si possono associare a lesioni fibulari.

Punto chiave da ricordare: valutare con un semplice test dinamico, il classico talar tilt test, la stabilità articolare, dopo la ricostruzione ossea, onde eventualmente riparare in contemporanea la lesione legamentosa.

Nelle lesioni fratturative della tibio-tarsica viene riferita una incidenza di circa il 40% di casi con presenza di lesioni condrali, in genere localizzate nella troclea astragalica.

Non vi sono dati certi di questa incidenza di lesioni, poiché esse vengono in genere riscontrate in interventi a distanza.

Questa osservazione ci induce a suggerire, quando possibile, una accurata ricognizione articolare, specie per la troclea astragalica.

Indubbiamente questi dati relativi alle lesioni cartilaginee dirette in corso di evento traumatico rendono conto della rilevante, e spesso inaspettata, incidenza di artrosi degenerativa della tibio-tarsica, nel medio-lungo termine, pur in presenza di articolazione stabili e congrue.

ESAME RADIOGRAFICO E CLASSIFICAZIONE

Quando un paziente affetto da sospetta frattura tibio-tarsica si presenta in pronto soccorso, breve storia del trauma (in termini di energia cinetica specialmente), valutazione clinica ed esame radiografico ben eseguito sono premesse fondamentali per una buona scelta di trattamento.

In termini di meccanismo produttivo ciò che caratterizza le fratture malleolari è la conseguenza di forze lesive con meccanismo di torsione.

In termini clinici una saggia valutazione ispettiva, palpatoria e dinamica conduce l'esaminatore ad una richiesta di esame radiografico della tibio-tarsica o, eventualmente, della gamba (ricordiamo che la frattura di Maisonneuve, lesione torsionale pura, interessa il colletto peroneale).

Lo studio radiografico della caviglia prevede radiogrammi ben eseguiti, in antero-posteriore, laterale e tre-quarti per mortaio. Nei

radiogrammi normali l'interlinea articolare è sempre inferiore a 4 mm e simmetrica centralmente e medialmente, l'angolo talo-crurale è simmetrico al controlaterale (in genere è intorno agli 80°), fra l'apice del perone e la concavità del processo laterale dell'astragalo vi è un'ogiva continua definita "Shenton's line" (Fig. 1).

Nella proiezione antero-posteriore è possibile misurare anche l'eventuale allargamento del mortaio.

Dallo studio della clinica e delle radiografie e, in casi particolari, della TC, emergerà la scelta di una opportuna decisione terapeutica, applicando consapevolmente uno schema classificativo.

La classificazione di Weber (Danis-Weber), promossa dall'associazione AO/ASIF, si basa sul livello della lesione peroneale in rapporto alla sindesmosi. La lesione di tipo B è tran-sidesmotica, di tipo A distale alla sindesmosi, di tipo C prossimale. La classificazione è semplice, facilmente applicabile, tuttavia trascura in buona parte le lesioni mediali associate e quelle legamentose non interessanti la sindesmosi.

La classificazione di Lauge Hansen, di scuola scandinava, è indubbiamente più completa, poiché si basa sul meccanismo di produzione della lesione. In tale classificazione il primo termine indica la posizione del piede al momento del trauma, il secondo termine la direzione dello spostamento della troclea astragalica nel mortaio tibio-fibulare, il terzo termine il grado progressivo di compromissione delle strutture ossee e legamentose.

La classificazione non è semplice da comprendere e da applicare. Tuttavia risulta più utile della precedente perché, attraverso il riconoscimento del meccanismo produttivo in base alla sede e direzione della linea di frattura, conduce l'esaminatore a riconoscere e trattare adeguatamente le lesioni associate.

Ad esempio una frattura peroneale associata a frattura del malleolo tibiale nel tipo supinazione-rotazione esterna stadio IV coinvolgerà sicuramente il terzo malleolo e la sindesmosi, mentre una lesione apparentemente analoga, anche se con localizzazione della lesione peroneale appena più prossimale, da pronazione-rotazione esterna tipo III, presenterà una lesione avulsionale del legamento tibio-fibulare anteriori dal perone, con maggiore instabilità e allargamento del mortaio, in assenza di lesioni del triangolo posteriore.

Rimandiamo alla lettura di un nostro precedente lavoro per uno studio completo delle due classificazioni⁴.

In tale lavoro affermavamo che la classificazione di Lauge Hansen non solo si adatta meglio di quella di Weber alla comprensione dei meccanismi di produzione delle lesioni, ma anche consente di riconoscere e con più facilità le lesioni legamentose associate.

PRINCIPI DI TRATTAMENTO E SCELTE TERAPEUTICHE

Scopo del trattamento di una frattura della caviglia è quello di ottenere una riduzione anatomica e di mantenerla stabilmente fino a guarigione avvenuta, consentendo una precoce ripresa del movimento.

Fin dagli anni '80 l'introduzione del concetto di ORIF (*Open Reduction Internal Fixation*) secondo i principi dell'AO/ASIF ha cambiato radicalmente l'approccio terapeutico di queste lesioni.

Concettualmente possiamo paragonare la caviglia ad un anello. Una frattura isolata non destabilizza l'anello. Una seconda frattura,

o una lesione legamentosa associata, destabilizza l'anello e conduce ad instabilità.

In tale situazione è necessario ridare stabilità e allineamento stabilizzando ambedue i punti di rottura, non facendo, come in passato, una stabilizzazione di un solo punto di rottura.

Se questo è, concettualmente, l'atteggiamento corretto, vediamo quali sono le osservazioni che emergono dalla letteratura in relazione alla scelta fra trattamento incruento e cruento.

A questo proposito Michelson riporta una lunga serie di studi correlati alla classificazione di Lauge-Hansen, la più precisa⁴.

Possiamo qui elencare una serie di osservazioni largamente accettate:

- lo stadio II delle lesioni da supinazione-rotazione esterna mostra risultati sovrapponibili se trattate chirurgicamente o con immobilizzazione;
- lo stadio IV delle lesioni da supinazione-rotazione esterna impone un trattamento chirurgico con accurata ricostruzione dei tre malleoli;
- uno spostamento del malleolo laterale fra 0-4 mm in ogni direzione associato ad un *talar shift* fino a 2 mm può essere accettato per una buona guarigione.

Analizziamo ora per tipo e gravità le scelte terapeutiche più convenienti.

Lesioni isolate del malleolo laterale

Le fratture fibulari isolate da supinazione-rotazione esterna possono tranquillamente essere trattate senza intervento, dimostrando a controlli fra 3 e 30 anni eccellenti risultati (Fig. 2).

Tuttavia nei pazienti giovani ed attivi, specie nelle lesioni di tipo B, quando vi sia un'evidente irregolarità del profilo fibulare interno, preferiamo una sintesi con viti a compressione in titanio, onde minimizzare i danni da prolungata immobilizzazione. molta attenzione va posta in senso clinico alla valutazione di lesioni con instabilità legamentosa interna, poiché in questi casi siamo davanti ad una lesione ossea monomalleolare associata ad una legamentosa, nel cosiddetto tipo detto bimalleolare equivalente.

La riparazione chirurgica del legamento deltoideo, associata alla lesione peroneale, è necessaria se, come già detto, l'emirima interna non si normalizza, restando allargata oltre i 4 mm (segno dunque



Fig. 2. Rx in AP di frattura da supinazione-rotazione esterna stadio II. Diastasi fra i frammenti non superiore a 2 mm. Trattamento possibile sia conservativo che chirurgico, in rapporto alle condizioni generali, l'età, le richieste funzionali.

di interposizione), oppure è presente una significativa instabilità con tilt in valgo (segno di una lesione totale o subtotale di ambedue i fasci). Negli altri casi basta un apparecchio gessato a gambaletto per circa 30 gg per ottenere una buona guarigione⁵.

Fratture bimalleolari

Fratture bimalleolari sono instabili e richiedono praticamente sempre una riduzione anatomica ed una sintesi stabile, con buoni risultati a distanza nel 90% dei casi.

Fratture trimalleolari

Tipico di queste lesioni il coinvolgimento del terzo malleolo.

Se il frammento prodotto dall'avulsione del legamento tibio-fibulare posteriore è più piccolo del 25% della superficie articolare, misurato in una proiezione laterale corretta, il trattamento incruento risulta ottimale quanto quello cruento, fatto salvo il buon allineamento degli altri due malleoli. Questa considerazione vale tipicamente per le lesioni da supinazione-rotazione esterna stadio IV della classificazione di Lauge-Hansen.

In genere possiamo affermare con Michelson⁴ che, in fratture di queste dimensioni oppure con spostamento appena percettibile (fino a 2 mm) il risultato può essere considerato accettabile e le conseguenze a lungo termine minime (Fig. 3).

I risultati delle fratture trimalleolari in questi casi sono legati più alla qualità e stabilità della riduzione del malleolo fibulare, che del terzo malleolo.

In caso di frammento superiore alle dimensioni sopra indicate, l'indicazione è decisamente chirurgica.

Fatta la riduzione del frammento laterale, si posiziona sotto controllo X-scopico il filo guida da davanti a dietro, mantenendo la caviglia in talismo forzato e, semmai, aiutandosi con un puntale percutaneo per far scendere il frammento.

Usciti da dietro attraverso la cute, previa incisione, si inserisce la cannula di protezione e si stabilizza il frammento con una vite lag in titanio del diametro di 4,5/6,5 mm da dietro in avanti, di lunghezza fra 45 e 55 mm in genere, in direzione appena obliqua in senso latero-mediale, da davanti a dietro.

In genere una sola vite è sufficiente e sono rari i casi in cui è necessaria una riduzione aperta.

Se questa è necessaria è più conveniente aggredire la lesione postero-medialmente, allargando l'incisione utilizzata per la sintesi del malleolo mediale.



Fig. 3. Rx di frattura da supinazione-rotazione esterna stadio IV con piccolo frammento posteriore che non richiede sintesi.



Fig. 4. Ricostruzione anatomica dopo ORIF. Notare la riduzione spontanea del frammento posteriore.

Lesioni coinvolgenti la sindesmosi

La conoscenza della gravità e delle implicazioni di queste lesioni si è evoluta nel corso degli anni.

Lesioni isolate, di tipo torsionale puro, tipiche ad esempio dei giocatori di football, non richiedono trattamento, anche se sono nel tempo potenzialmente rischiose per ossificazioni tardive della membrana interossea.

Hughes afferma che il trattamento conservativo di lesioni tipo B e C del perone in associazione a rottura dei legamenti tibio-fibulari è decisamente inferiore a quello chirurgico ⁶.

Inoltre, se la lesione della sindesmosi è associata ad una lesione del legamento deltoideo e si estende prossimamente oltre i 4 cm, si impone una stabilizzazione con vite rigorosamente tricorticale, parallela all'interlinea articolare.

L'infissione avviene dall'esterno, con un angolo di 30° gradi circa rispetto alla corticale tibiale, forzando in dorsiflessione il piede.

Poiché la presenza di una stabilizzazione tran-sidesmotica altera significativamente la motilità tibio-tarsica, si raccomanda di asportare la vite stabilizzante prima del pieno carico. Contemporaneamente recenti esperienze informano di cedimenti sindesmotici anche a 8 settimane e dunque si consiglia di non rimuovere mai tale stabilizzazione prima di circa tre mesi ⁶.

Le fratture più critiche per ciò che riguarda la sindesmosi, associate ad un elevato grado di instabilità, sono le fratture tipo B di Weber e le fratture da pronazione-rotazione esterna grado III e IV di Lauge-Hansen. In queste fratture è decisamente indicato uno studio TC preoperatorio e talora postoperatorio, accanto ad una riduzione anatomica del perone dell'alloggio tibiale, usando la classica placca semitubulare AO ed una vite tran-sidesmotica tricorticale.

Fratture del pilone tibiale

Non si tratta di fratture malleolari e non le tratteremo.

Va detto tuttavia che, nella classificazione di Lauge-Hansen, le fratture da pronazione-dorsiflessione appartengono in genere a questa categoria.

Fratture esposte

Si conferma per questo tipo di fratture il trattamento immediato. Si impone una riduzione e sintesi previo meticoloso lavaggio, pulizia, trattamento antibiotico profilattico ad ampio spettro.

In caso di pluriframmentarietà e di difficile sintesi, è indicato in queste fratture eseguire una stabilizzazione con fissazione esterna associata a sintesi a minima, affidando ad un secondo tempo chirurgico la sintesi definitiva.

Nel tipo I di queste fratture è da aspettarsi un risultato soddisfacente nel 80% dei casi, nel 60% nelle fratture tipo III ⁷.

In questi casi una riabilitazione precoce in carico con tutore articolato tipo AFO sembra consigliato per evitare complicanze di tipo algodistrofico.

Scelta di trattamento in rapporto all'età

In relazione all'età si deve dire che dalla letteratura emerge un atteggiamento più aggressivo nei pazienti giovani ed attivi, più conservativo nei pazienti più anziani ed a basse richieste funzionale.

A questo proposito Beauchamp presenta i risultati del trattamento in ultracinquantenni, con risultati non convincenti specie in soggetti di sesso femminile, che presentano alta percentuale di complicanze ⁸.

Dunque un primo punto fondamentale è quello di calibrare l'intervento in ragione non solo del tipo di frattura, ma dell'età, delle aspettative di recupero, delle condizioni locali, della qualità dell'osso.

Tuttavia Makwana, rivedendo 47 pazienti verso 31 di età superiore a 55 anni, con fratture malleolari scomposte, trova una inaccettabile percentuale di risultati nei 31 pazienti non operati ⁹. Ben il 38% di quelli non operati richiedeva un successivo intervento.

Ben poche erano le complicanze della riduzione e sintesi a cielo aperto (ORIF) associata a protezione con stivaletto gessato per sei settimane.

In tal senso noi suggeriamo sempre un trattamento chirurgico nelle fratture instabili con perdita della fisiologica congruenza, anche e soprattutto nei pazienti anziani ed osteoporotici.

Richter et al. propongono il trattamento conservativo senza gesso, ma con un semplice tutore bivalve, in pazienti con frattura tipo B del perone, definita stabile, poiché il test manipolativo dimostra un focolaio di frattura non superiore ai 2 mm, con un mortaio congruente.

Analogamente le fratture tipo A di Weber, con minima dislocazione, in cui la tibio-tarsica è congruente per definizione, poiché la frattura è distale alla sindesmosi, dimostrano ottimi risultati col trattamento conservativo ¹⁰.

Emerge da questi studi la preferenza per un approccio "funzionale" nel trattamento conservativo, privilegiando tutori e braccia di protezione, nei confronti del classico gesso, e stimolando un carico protetto ed una fisioterapia precoce, onde ridurre i rischi della prolungata immobilizzazione e scarico.

Viene dunque consigliato l'utilizzo di una valva posteriore aperta, di comfort, l'utilizzo di un gesso chiuso per tre settimane, una ripresa veloce del carico dopo sei settimane con brace tipo stivale Walker e fisioterapia intensiva.

Noi ci sentiamo di condividere in pieno questo approccio rispettoso della funzione e dell'effetto stimolante del carico sull'osso, tanto

nei pazienti trattati conservativamente, quanto in quelli operati con sintesi rigorosamente stabile secondo le regole dell'AO/ASIF¹¹.

Timing dell'intervento

La scelta di quando intervenire dipende dalle preferenze del chirurgo ortopedico, anche se, idealmente, il *gold standard* è di intervenire a poche ore dal trauma.

Tuttavia in caso di significativo gonfiore, per difficoltà di trasporto o di diagnosi e di sofferenza cutanea (le classiche *flittene*) è bene rinviare l'attuazione dell'intervento chirurgico.

Noi con Miller consigliamo di intervenire in questi casi fra i 7 e 10 gg, onde permettere alla regione edematosa di sgonfiarsi, mediante arto elevato, riposo, antiedemigeni e profilassi antitromboembolica. Lo stesso autore aggiunge, ed è esperienza comune, che sicuramente una procedura attuata dopo 3 settimane dal trauma presenta maggiori difficoltà riduttive e di sintesi, con compromissione delle possibilità di guarigione ed è dunque da evitare³.

CONCLUSIONI

Buona conoscenza dell'anatomia, della biomeccanica e dei meccanismi di produzione delle lesioni fratturative della caviglia sono premessa fondamentale ad un trattamento corretto.

Di fatto il trattamento conservativo sembra oggi limitato alle sole lesioni isolate di un solo malleolo e senza significativo spostamento, poiché in tutte le altre le difficoltà di riduzione anatomica, l'insufficiente contenzione garantita dal gesso ed il prolungarsi dei tempi di ripresa, penalizzano i risultati sia per ciò che riguarda il ripristino di una anatomia il più possibile vicino al normale, che per un adeguato recupero funzionale.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ de Palma L, Santucci A. *Anatomia dell'articolazione tibio-tarsica*. In: Malerba F, Neri M, Grandi A, Giannini S, eds. *Fratture della tibio-tarsica*. Bologna: Aulo Gaggi 1992: 9.
- ² Ramsey PL, Hamilton W. *Changes in tibio-talar area of contact caused by lateral talar shift*. J Bone Joint Surg 1976;58A:356-60.
- ³ Miller SD. *Ankle fractures*. In: Myerson M, ed. *Foot and ankle disorders*. Philadelphia: Saunders 2000: 1341.
- ⁴ Michelson J. *Fractures of the Ankle*. In: Lutter LD, Mizel MS, Pfeffer GB, eds. *OKU foot and ankle*. American Academy Of Orthopaedic Surgeons 1994: 193.
- ⁵ Baird RA, Jackson ST. *Fractures of the distal part of the fibula with associated disruption of the deltoid ligament: Treatment without repair of the deltoid ligament*. J Bone Joint Surg 1987;69A:1346-52.
- ⁶ Hughes JL, Weber H, Willenegger H, et al. *Evaluation of ankle fractures: non operative and operative treatment*. Clin Orthop 1979;138:111-9.
- ⁷ Franklin JL, Johnson KD, Hansen ST Jr. *Immediate internal fixation of open ankle fractures: Report of thirty-eight cases treated with standard protocol*. J Bone Joint Surg 1987;69A:381-4.
- ⁸ Beauchamp CG, Clay NR, Thexton PW. *Displaced ankle fractures in patients over 50 years of age*. J Bone Joint Surg 1983;65B:329-32.
- ⁹ Makwana, Bhowal BM Harper WM, et al. *Conservative versus operative treatment for displaced ankle fractures in patients over 55 years of age*. J Bone Joint Surg 2001;83B:525-9.
- ¹⁰ Richter J, Schulze W, Muhr G. *Stable ankle joint fractures. Indication for surgical or conservative management*. Orthopade 1999;28:493-9.
- ¹¹ Muller ME, Allgower M, Schneider R, et al. *Manuale dell'osteosintesi*. Padova: Piccin 1981.
- ¹² Amendola A. *Controversies in diagnosis and management of syndesmosis injuries of the ankle*. Foot Ankle 1992;13:44-50.
- ¹³ Volpe A, Pozza V, Tognon S. *Eziopatogenesi e classificazione delle fratture della tibio-tarsica*. In: Malerba F, Neri M, Grandi A, Giannini S, eds. *Fratture della tibio-tarsica*. Bologna: Aulo Gaggi 1992: 32.

Il trattamento chirurgico delle fratture della tibiotarsica

Surgical treatment of ankle fractures

C. Faldini, G. Grandi, S. Pagkrati, V. Digennaro, M. Nanni, D. Leonetti, S. Giannini

RIASSUNTO

Il trattamento chirurgico delle fratture della tibiotarsica è una pratica frequente per il chirurgo ortopedico. Il trattamento chirurgico è indicato sia nelle fratture composte che nelle fratture scomposte della tibiotarsica. Nel caso di fratture composte, in alternativa alla immobilizzazione in gesso, si può eseguire una sintesi percutanea che permette di stabilizzare i frammenti, riducendo i tempi di immobilizzazione e favorendo un recupero più rapido. Anche nel caso di fratture scomposte, qualora sia possibile ottenerne la riduzione a cielo chiuso, è possibile un trattamento chirurgico di sintesi percutanea. In caso di fratture scomposte non riducibili a cielo chiuso è invece necessaria la riduzione e sintesi a cielo aperto.

I mezzi di sintesi a disposizione sono diversi (fili di Kirschner, viti, placche, cerchiaggi) e vengono scelti in base alle caratteristiche della frattura e del paziente. In alcuni casi può risultare vantaggioso l'utilizzo di mezzi di sintesi rivestiti di idrossiapatite, che favorisce l'osteointegrazione, o l'utilizzo di mezzi di sintesi realizzati in materiale riassorbibile, che non necessitano di un secondo intervento per essere rimossi.

Al fine di ottenere il migliore risultato possibile nel trattamento delle fratture della tibiotarsica è necessario scegliere il trattamento chirurgico più adeguato in base alle caratteristiche della frattura ed in base alle caratteristiche ed alle richieste funzionali di ogni singolo paziente.

Parole chiave: fratture tibiotarsica, trattamento chirurgico, mezzi di sintesi, mininvasività, ricostruzione anatomica.

SUMMARY

Surgical treatment of ankle fractures is a frequent practice for orthopaedic surgeon. Surgical treatment is suitable for both undisplaced and displaced ankle fractures. In case of undisplaced fracture, as an alternative to plaster cast treatment, percutaneous fixation can be performed. This permits a stable fixation of the fragments reducing time of immobilization and time of recover.

Percutaneous fixation is also possible in case of displaced fractures, when close reduction of the fragments can be performed. In case of displaced fractures when close treatment can not achieve a proper reduction, open treatment is necessary.

Fixation of ankle fractures can be performed using K-Wires, screws or plates. Fixation devices are chosen according to the characteristics of the fracture and the patient. In some cases the use of HA-

coated devices, which increase stability in osteoporotic bone, or reabsorbable devices, which don't require additional surgery for removal, can be helpful.

In order to obtain the best results in the treatment of ankle fractures, it is necessary to choose the more suitable surgical treatment depending on characteristics of each fracture, and characteristics and functional request of each patient.

Key words: Ankle fractures, surgical treatment, fixation devices, mininvasive, anatomic reconstruction.

INTRODUZIONE

Le fratture della tibiotarsica sono un evento piuttosto frequente in traumatologia. Rappresentano oltre il 10% di tutte le fratture che interessano il piede e colpiscono più frequentemente il sesso femminile, specialmente in età adulta-avanzata¹.

Il meccanismo traumatico alla base di una frattura della tibiotarsica può essere di tipo diretto (forze tangenziali) o di tipo indiretto (forze torsionali)² e può interessare in varia misura tutte le strutture che costituiscono l'articolazione, per cui alla lesione ossea si possono associare diverse lesioni a carico della cartilagine, dei legamenti, dei tendini e della cute^{3,4}. Più raramente la frattura può essere causata da microtraumi ripetuti ed in questo caso si parla di fratture da stress. L'analisi e la comprensione dei meccanismi traumatici fornisce informazioni di notevole utilità nella scelta del trattamento chirurgico, che viene effettuata basandosi sull'analisi dei diversi fattori di tipizzazione del paziente e della frattura, sia clinici che radiografici. I fattori di tipizzazione del paziente sono l'età, il sesso, la corporatura, la presenza di patologie generali quali diabete, osteoporosi e insufficienza venosa o arteriosa.

Devono essere attentamente esaminate le eventuali lesioni cutanee, provocate direttamente dal trauma o secondariamente dall'osso fratturato, con conseguente esposizione del focolaio di frattura.

Deve essere sempre valutata l'integrità dell'apparato ligamentoso mediale e laterale della caviglia^{3,4}. Al fine di definire l'urgenza ed il tipo di trattamento è importante valutare, soprattutto nei traumi

Clinica Ortopedica, Istituto Ortopedico Rizzoli, Università di Bologna

Indirizzo per la corrispondenza:

Prof. Cesare Faldini, Clinica Ortopedica, Istituto Ortopedico Rizzoli, Università di Bologna, via G.C. Pupilli 1, 40136 Bologna. Tel.: +39 051 6366368; e-mail: cesare.faldini@ior.it

ad alta energia con frattura-lussazione della caviglia e nelle fratture esposte, l'integrità dell'apparato vascolare del piede, controllando i polsi arteriosi, e l'integrità dell'apparato neurologico periferico, ricercandone gli eventuali deficit.

Per ottenere la conferma diagnostica e completare il quadro anatomo-patologico della frattura è necessario infine effettuare le radiografie della tibiotarsica nelle proiezioni antero-posteriore e laterale e, se occorre, anche in proiezioni oblique, laddove la lesione presenti rime di frattura più complesse. Nei casi in cui si sospettino lesioni associate a livello del piede o del terzo prossimale del perone (frattura di Maisonnèuve) è necessario effettuare anche le radiografie del distretto anatomico interessato. La documentazione delle fratture della tibiotarsica nella maggior parte dei casi è affidata alla sola radiologia tradizionale, mentre nei casi in cui la frattura presenti caratteristiche anatomo-patologiche più complesse o si sospettino lesioni osteocondrali o lesioni a carico dei legamenti è utile effettuare indagini di secondo livello quali la tomografia computerizzata o la risonanza magnetica nucleare.

Radiograficamente le fratture di tibiotarsica possono essere tipizzate in maniera più generale a seconda dell'entità del danno osseo (distacchi parcellari o fratture più estese), della scomposizione dei frammenti, dell'interessamento di uno o più malleoli (fratture malleolari isolate, bimalleolari, trimalleolari) e del danno alle strutture articolari e periarticolari. Negli anni sono state proposte numerose classificazioni che prendono in esame i diversi aspetti di queste fratture. Le principali classificazioni utilizzate sono la classificazione di Lauge e Hansen ^{5,6}, che prende in esame soprattutto il meccanismo traumatico, e la classificazione AO ^{6,7}, che considera l'anatomia patologica della frattura e la stabilità articolare. La prima suddivide le fratture in base alla direzione secondo cui avviene il trauma e alla posizione che il piede assume al momento del trauma, correlando quindi il quadro radiologico della frattura alla tipologia dell'evento traumatico. Si riconoscono in questo modo fratture dovute a traumi in supinazione ed adduzione, supinazione ed extrarotazione, pronazione ed adduzione, pronazione

ed extrarotazione, pronazione e dorsiflessione. Si mette così in evidenza come la particolare traiettoria delle forze agenti e la loro diversa intensità possano causare quadri clinici progressivamente più gravi, che necessitano di trattamenti chirurgici adeguati. La classificazione AO, invece, distingue le fratture in base all'altezza della frattura del perone e all'interessamento della sindesmosi tibio-peroneale: si riconoscono in questo modo fratture sottosindesmiche, fratture a livello della sindesmosi e fratture sovrainsindesmiche. Più prossimale è la rima di frattura, maggiore è il danno potenzialmente subito dalla sindesmosi, con conseguente maggiore compromissione della stabilità articolare.

La scelta del trattamento chirurgico dipende quindi da una attenta analisi che prenda in esame tutti i diversi aspetti che contraddistinguono ogni singolo caso, dalle caratteristiche cliniche del paziente (età, richieste funzionali, la presenza di artrosi, eventuali patologie sistemiche concomitanti) alle caratteristiche cliniche e radiografiche della frattura.

Scopo di questo lavoro è descrivere il trattamento chirurgico delle fratture della tibiotarsica.

TRATTAMENTO

Le fratture composte della tibiotarsica possono essere trattate chirurgicamente in alternativa alla semplice immobilizzazione in gesso. Questa tecnica, con accessi mininvasivi in corrispondenza dei malleoli permette di ottenere una sintesi stabile della frattura grazie all'utilizzo dell'amplificatore di brillantezza e di mezzi di sintesi quali viti e fili di Kirschner. La sintesi percutanea, rendendo stabili i frammenti della frattura permette di ridurre i tempi di immobilizzazione in gesso, consentendo una precoce mobilizzazione passiva e attiva dell'articolazione, riducendo i tempi di recupero.

La tecnica percutanea può essere adottata anche in caso di fratture scomposte riducibili a cielo chiuso. In questi casi, sotto controllo amplioscopico si possono eseguire manovre riduttive mediante trazioni e rotazioni sul piede, e pressioni localizzate sui frammenti.

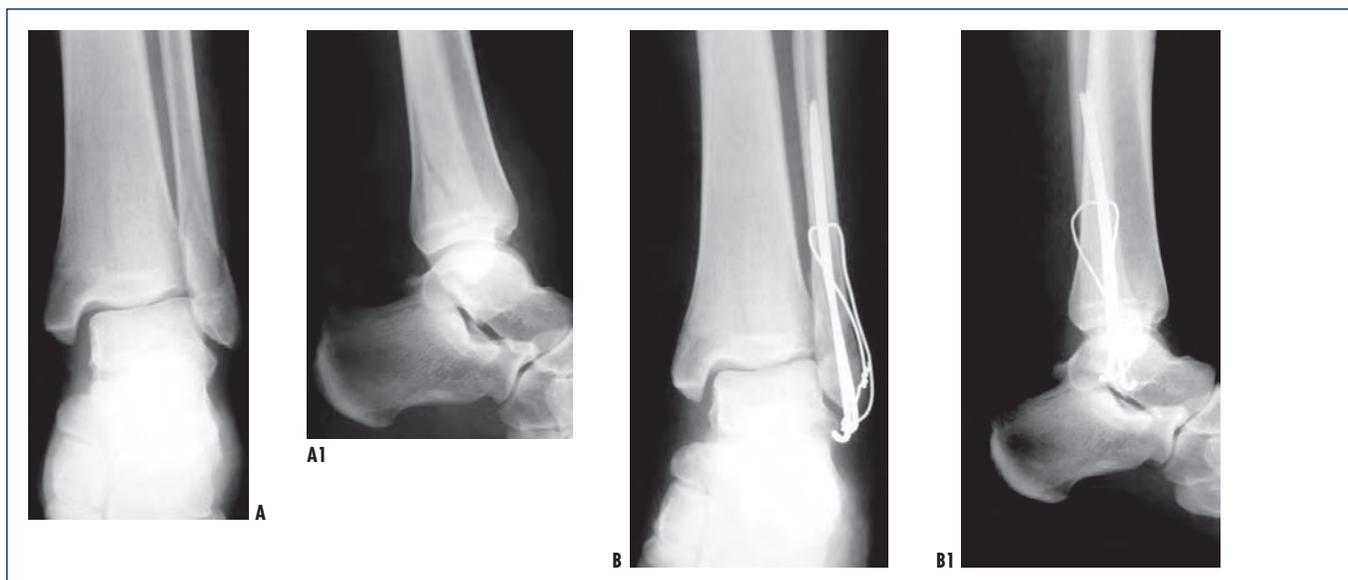


Fig. 1. Frattura isolata del malleolo peroneale sottosindesmica (a). L'osteosintesi con fili di Kirschner e cerchiaggio a tirante permette un'ottima stabilizzazione dinamica (b).

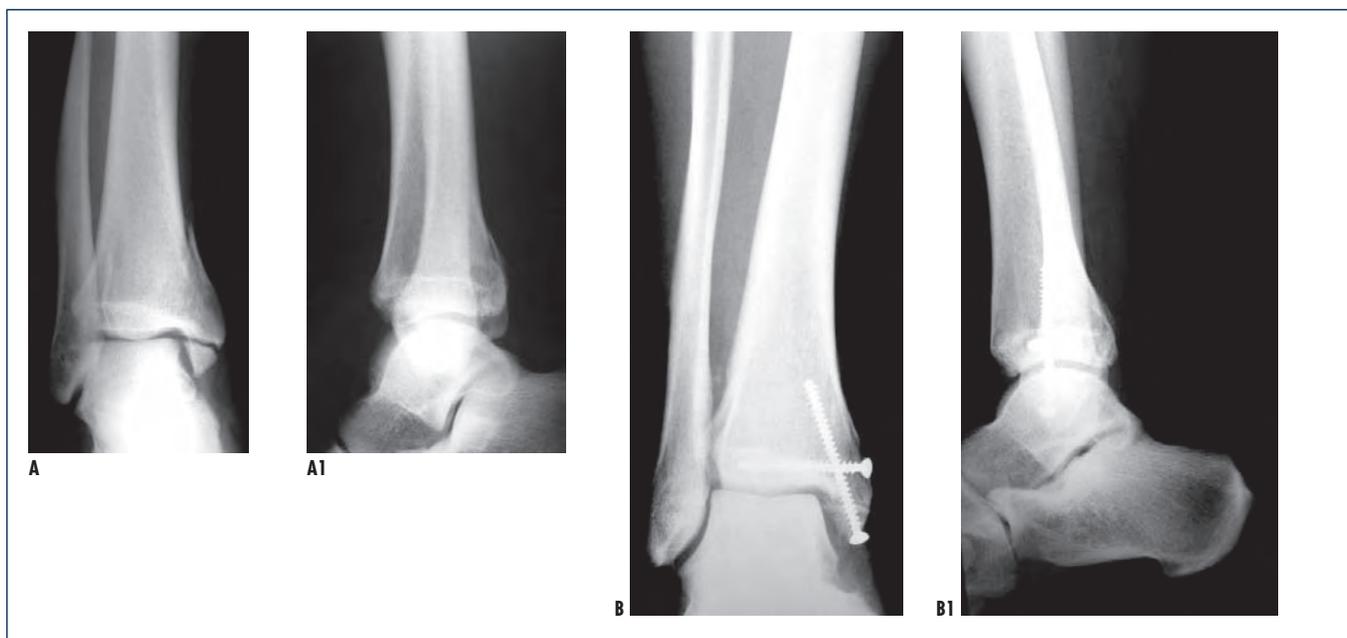


Fig. 2. Frattura pluriframmentaria del malleolo mediale (a). La sintesi effettuata con 2 viti perpendicolari alle rime di frattura permette una ottima ricostruzione articolare (b).

Una volta ottenuta la riduzione, si procede alla sintesi attraverso piccole incisioni all'apice dei malleoli per applicare i mezzi di sintesi, in genere fili di Kirschner o viti. La riduzione e sintesi percutanea, qualora sia possibile realizzarla è particolarmente vantaggiosa in quanto riduce i rischi di infezione, di ritardo di guarigione della cute e di ritardo di consolidazione.

Qualora la frattura non sia riducibile a cielo chiuso è indicato il trattamento di riduzione e sintesi a cielo aperto. In questi casi è molto importante scegliere un accesso adeguato, che assicuri cioè la migliore visibilità sul focolaio di frattura e la minore invasività. I comuni accessi chirurgici sono mediale, laterale e posteriore, con possibili variazioni nel caso di fratture multimalleolari (incisioni postero-mediali o postero-laterali) allo scopo di esporre più focolai di frattura limitando il trauma chirurgico⁸.

Anche la scelta dei mezzi di sintesi è importante al fine di ottenere una riduzione corretta e stabile. I mezzi di sintesi a disposizione per il trattamento delle fratture della tibiotarsica sono diversi e possono essere utilizzati in molteplici associazioni⁹. Questi sono rappresentati da fili di Kirschner, cerchiaggi metallici, viti e placche, e devono essere scelti in base al tipo di frattura e alle dimensioni dei frammenti da ridurre, con particolare riferimento alle caratteristiche morfologiche e meccaniche dell'osso fratturato, valutando soprattutto la necessità di una sintesi più stabile o la possibilità di una sintesi più dinamica. Solitamente si utilizzano mezzi di sintesi metallici (acciaio o titanio), ma recentemente sono stati realizzati anche materiali alternativi con i quali produrre mezzi di sintesi più versatili. L'utilizzo di viti rivestite di idrossiapatite favorisce l'osteointegrazione tra l'osso e la vite e permette una sintesi stabile anche in caso di fratture che interessano un osso osteoporotico. Le viti e le placche in materiale riassorbibile (acido poli-L-lattico) permettono una sintesi stabile come i mezzi di sintesi tradizionali, ma non necessitano di un secondo intervento per la rimozione.

Il trattamento delle fratture isolate del malleolo laterale è subordinato al livello della frattura e del danno riportato dalla sindesmosi tibio-peroneale. Se la frattura si trova distalmente alla sindesmosi, è assai probabile che questa sia intatta o che il danno riportato sia comunque minimo, per cui per la sintesi possono essere utilizzati fili Kirschner o viti. Se la frattura si verifica invece più prossimamente, è assai probabile che concomiti una lesione della sindesmosi, pertanto alla sintesi della frattura del perone deve essere necessariamente associata la riduzione della sindesmosi: in questo caso è indicato l'utilizzo di placca e viti, utilizzando una vite sindesmosica che stabilizzi il perone alla tibia, e chiuda la pinza tibio-peroneale. La vite deve essere posizionata circa 1 cm prossimale alla rima articolare, inserita da laterale a mediale e dall'indietro all'avanti, con un'inclinazione di circa 30°¹⁰.

Le fratture isolate del malleolo mediale nella maggior parte dei casi vengono trattate con una o più viti, inserite perpendicolarmente alla rima di frattura. Attraverso una incisione mediale si isola il malleolo interno, rispettando il tendine del tibiale posteriore e l'origine del legamento deltoideo, si espone il focolaio, liberandolo da possibili ostacoli che impediscono la riduzione della frattura (piccoli frammenti ossei, introflessioni di periostio o di tessuti molli periarticolari), in modo tale da poter eseguire una corretta sintesi. Se il frammento è troppo piccolo e non è possibile eseguirne la sintesi, esso viene asportato.

In alcuni casi alla frattura di uno dei due malleoli si associa una lesione ligamentosa del compartimento controlaterale (del legamento deltoideo in caso di frattura del malleolo laterale o dei legamenti peroneo-astragali e peroneo-calcaneare in caso di frattura del malleolo mediale). In questi casi è necessario associare la riparazione chirurgica del legamento interessato. Inoltre in questi casi è preferibile utilizzare placche e viti come mezzi di sintesi, piuttosto che semplici fili di Kirschner, allo scopo di garantire una maggiore stabilità.

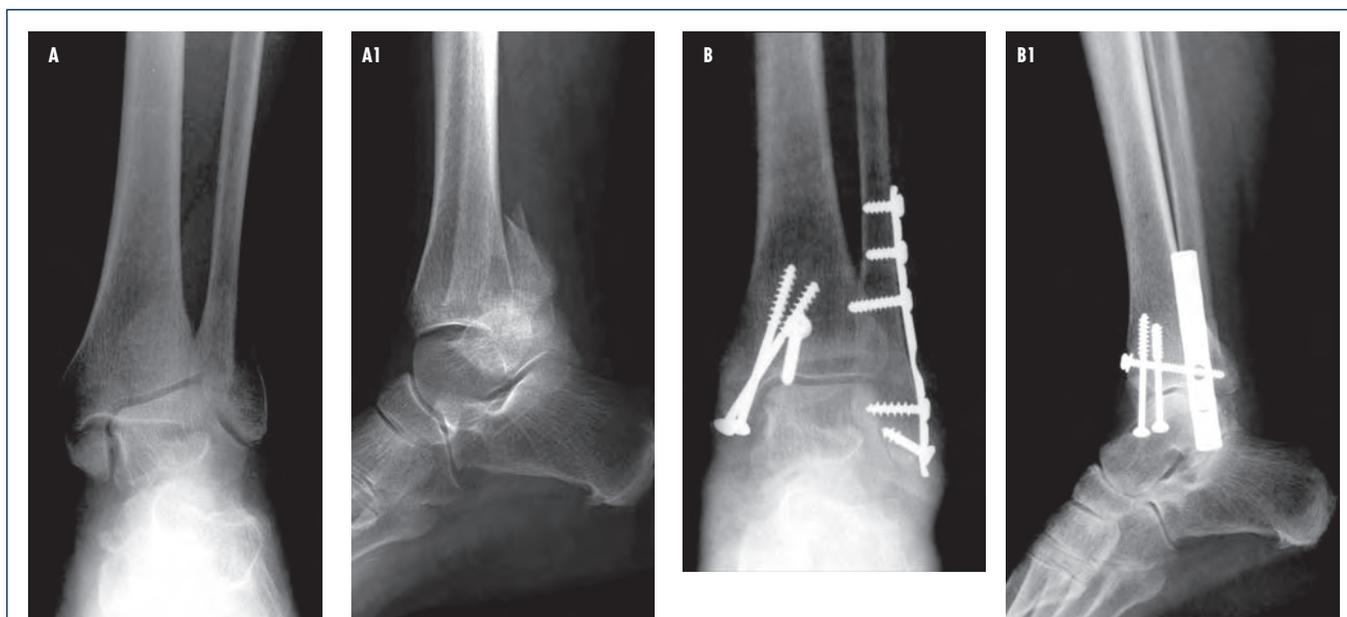


Fig. 3. Frattura trimalleolare pluriframmentaria scomposta con sublussazione articolare (a). La ricostruzione del malleolo esterno è stata ottenuta con placca, avendo cura di evitare con le viti il focolaio di frattura. La sintesi del malleolo interno è stata eseguita con 2 viti perpendicolari alla rima di frattura. La riduzione del terzo malleolo è stata eseguita a cielo chiuso portando il piede in dorsiflessione e la sintesi è stata eseguita con una vite inserita attraverso una piccola incisione anteriore (b).

Nel caso di fratture bimalleolari, la sintesi della frattura del malleolo peroneale deve essere effettuata per prima. A seconda della complessità della frattura, le possibilità di intervento sono una sintesi con soli fili di Kirschner o con fili di Kirschner e cerchiaggio metallico, che consente di ottenere una buona compressione del focolaio di frattura, oppure una sintesi con placca e viti. L'utilizzo della placca è indispensabile quando sussiste una lesione della sindesmosi, per la quale è necessario utilizzare una vite sindesmiosa. Una volta ridotta la frattura del malleolo laterale, la riduzione del malleolo mediale in genere risulta più agevole, ed in alcuni casi il malleolo mediale può apparire già ridotto. Per questo motivo su di esso si interviene solo successivamente, eseguendo una sintesi con una o più viti, a seconda dell'estensione della frattura.

Il trattamento delle fratture trimalleolari è analogo a quello delle fratture bimalleolari per quanto riguarda la sintesi dei malleoli laterale e mediale. Per quanto riguarda la frattura del terzo malleolo, se essa è riducibile a cielo chiuso, la riduzione viene ottenuta forzando il piede in dorsiflessione, eseguendo poi una sintesi percutanea utilizzando una vite inserita anteriormente. In caso contrario, per poter ridurre la frattura del terzo malleolo è necessario esporre il focolaio di frattura praticando un accesso chirurgico allargato, in genere postero-laterale, facendo attenzione a non ledere la vena piccola safena ed il nervo surale.

Nelle fratture esposte e nelle fratture che presentano una grave comminazione è indicata la fissazione esterna. In caso di fratture esposte la scelta del fissatore esterno è motivata dall'intento di ridurre al minimo i rischi infettivi: infatti l'intervento diretto sul focolaio di frattura, con il posizionamento di mezzi di fissazione interna espone ad un elevatissimo rischio di infezione dei capi di frattura o di diffusione di una infezione già presente. I fili e le viti su cui si monta il fissatore esterno vengono posizionati per via

percutanea, in zone di cute integra, al di sopra ed al di sotto del focolaio di frattura, solitamente a livello della metaepifisi prossimale della tibia (medialmente o anteriormente) e, distalmente, a livello del calcagno e dell'astragalo (o più raramente a livello del primo metatarsale). Il focolaio di frattura deve essere lasciato libero, in modo da favorire la vitalità tissutale residua, e la possibilità di ispezioni e medicazioni della ferita. Inoltre la fissazione esterna rende anche possibili, se necessari, interventi di chirurgia vascolare e di chirurgia plastica ricostruttiva¹¹.

Il trattamento delle fratture malleolari effettuato con un fissatore esterno è indicato anche nelle fratture gravemente comminute, soprattutto se accompagnate da un'importante perdita di tessuto osseo. In presenza di numerosi frammenti, infatti, la fissazione interna risulta spesso inefficace, in quanto non è possibile ottenere una ricostruzione anatomica accettabile, mentre di fronte ad una importante perdita di sostanza ossea anche una buona ricostruzione potrebbe comunque residuare problematiche legate alla dismetria dell'arto. Attraverso l'utilizzo del fissatore esterno è invece possibile mantenere la corretta lunghezza ed il corretto allineamento del segmento osseo interessato.

CONCLUSIONI

L'articolazione tibio-tarsica ha una struttura complessa tale da consentire ampi movimenti associati ad un'ottima stabilità. Essendo le superfici articolari dell'astragalo e della pinza tibio-peroneale perfettamente complementari è sufficiente un piccolo spostamento dei malleoli o dell'astragalo per determinare una diminuzione della zona di contatto tra le superfici articolari, tale da modificare la normale meccanica dell'articolazione^{12,13}. Per questo motivo le fratture della tibiotarsica, anche quelle meno gravi, se non adegua-

tamente trattate possono determinare frequentemente un'artrosi secondaria. Il trattamento ha perciò lo scopo di ristabilire un perfetto riallineamento dell'astragalo e della pinza tibio-peroneale in modo da garantire nuovamente il ripristino della normale anatomia e funzionalità della caviglia.

La prognosi è strettamente correlata al tipo di frattura¹⁴. Le fratture malleolari isolate hanno una prognosi migliore rispetto alle fratture bimalleolari o trimalleolari e tra le fratture malleolari isolate quelle laterali hanno solitamente un risultato finale migliore rispetto alle mediali. Anche in caso di interessamento di più malleoli, quando è interessato anche il malleolo mediale la prognosi è peggiore rispetto ai casi in cui il malleolo mediale è intatto.

La scelta del trattamento più adeguato deve essere necessariamente guidata da una corretta caratterizzazione di ogni singolo tipo di frattura, valutando attentamente la presenza di eventuali lesioni associate a carico delle strutture articolari e periarticolari. Una procedura mininvasiva, con riduzione a cielo chiuso e sintesi per via percutanea, è in grado di offrire buoni risultati in caso di fratture composte o con lieve scomposizione, consentendo poi un recupero più rapido rispetto al trattamento incruento, con la semplice immobilizzazione in gesso. In caso di fratture complesse, difficilmente riducibili a cielo chiuso e in caso di gravi lesioni associate dell'apparato legamentoso, è invece necessario intervenire con tecniche più invasive, eseguendo la riduzione e la sintesi a cielo aperto, al fine di ottenere un migliore ripristino della normale anatomia e della stabilità articolare.

Il risultato migliore si ha perciò quando vengono soddisfatte queste condizioni: corretta tipizzazione della frattura, corretta indicazione terapeutica e corretta esecuzione dell'intervento.

In alcuni casi però anche un intervento chirurgico ben eseguito può non garantire risultati soddisfacenti. La complessa morfologia della tibiotarsica è infatti tale che in caso di fratture con grave scomposizione può non essere possibile ottenere una ricostruzione perfettamente anatomica della articolazione. Un consolidamento vizioso che altera il normale allineamento dei segmenti ossei e conseguentemente il normale contatto dei capi articolari, anche di pochi millimetri, può essere sufficiente a determinare un'artrosi secondaria. In questo senso deve essere prestata particolare attenzione all'allineamento del perone ed al corretto ripristino della sua lunghezza in quanto svolge un ruolo molto importante nella stabilizzazione dell'astragalo, e di conseguenza nel mantenimento dei corretti rapporti articolari.

Va inoltre considerato che anche in caso di perfetta ricostruzione, se concomitano lesioni a carico della cartilagine articolare, la prognosi peggiora sensibilmente. In questa ottica va tenuto presente che nelle fratture della tibiotarsica, durante la fase acuta, le problematiche a carico della cartilagine articolare sono a volte sottostimate e che ciò conduce a risultati meno soddisfacenti. Questo rende ragione del fatto che a volte, anche se il trattamento

chirurgico viene eseguito correttamente, il risultato finale è inferiore alle aspettative.

Accanto alla corretta ricostruzione dei segmenti ossei, non deve essere trascurata l'integrità capsulo-ligamentosa dell'articolazione. Il corretto ripristino della tensione ligamentosa consente di mantenere una stabilità articolare quanto più fisiologica possibile. In caso di guarigione viziata di questo apparato, la tibiotarsica può presentare una eccessiva rigidità o un'eccessiva lassità, il che compromette la normale meccanica articolare e può perciò condurre a problematiche dolorose, ad alterazioni del cammino e infine ad una artrosi precoce. Pertanto per poter formulare un giudizio prognostico quanto più corretto, ed impostare un trattamento adeguato, è necessario tipizzare ogni singola frattura senza trascurare nessuna delle componenti articolari (ossa, cartilagine e apparato capsulo-ligamentoso) in quanto il normale funzionamento dell'articolazione è il risultato dell'integrità di tutti gli apparati che la costituiscono. Concentrare la propria azione solo su parte di questi è quindi riduttivo e comporta il rischio di intervenire in maniera inadeguata, compromettendo il risultato finale.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Court-Brown CM, McBurnie J, Wilson G. *Adult ankle fractures - an increasing problem?* Acta Orthop Scand 1998;69:43-7.
- 2 Kleiger B. *The mechanism of ankle injuries.* J Bone Joint Surg 1956;38A:59.
- 3 Hoiness P, Engebretsen L, Stromsoe K. *The influence of perioperative soft tissue complications on the clinical outcome in surgically treated ankle fractures.* Foot Ankle Int 2001;22:642-8.
- 4 Carr JB, Trafton PG. *Malleolar fractures and soft tissue and soft tissue injuries of the ankle.* In: Browner BD, ed. *Skeletal trauma: fractures, dislocations, ligamentous injuries.* 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders 1998: 2327-97.
- 5 Lauge-Hansen N. *Fractures of the ankle. Combined experimental-surgical and experimental-roengenologic investigations.* Arch Surg 1950;60(pt2):957-85.
- 6 Lindsjue U. *Classification of the ankle fractures: the Lauge Hansenn or AO system?* Clin Orthop 1985;199:12.
- 7 Weber BG. *Die verletzungen des oberen sprunggelenkes.* Bern: Huber 1966.
- 8 Marchetti PG, Giannini S, Ceccarelli F, et al. *Vie anatomico-chirurgiche di accesso al piede.* Bologna: Aulo Gaggi Editore 1988.
- 9 Giannini S, De Lollis A, Di Silvestre M, et al. *Mezzi di sintesi.* In: *Progressi in Medicina e chirurgia del piede.* Bologna: Aulo Gaggi Editore 1992: 77-87.
- 10 Zalavras C, Thordarson D. *Ankle syndesmotic injury.* J Am Acad Orthop Surg 2007;15:330-9.
- 11 Khan U, Smitham P, Pearse M, et al. *Management of severe open ankle injuries.* Plast Reconstr Surg 2007;119:578-89.
- 12 Ramsey PL, Hamilton W. *Changes in tibiotalar area of contact caused by lateral talar shift.* J Bone Joint Surg Am 1976;58:356-7.
- 13 Zwirkoski P, Goldstein SA. *The joint-contact area of the ankle. The contribution of the posterior malleolus.* J Bone Joint Surg Am 1991;73:347-51.
- 14 Broos PL, Bisschop AP. *Operative treatment of ankle fractures in adults: correlation between types of fracture and final results.* Injury 1991;22:403-6.

Le fratture dell'omero prossimale: indicazioni al trattamento

Proximal humerus fractures: indications

F. Odella, S. Odella, R. Leo

RIASSUNTO

I gravi traumi dell'epifisi prossimale dell'omero necessitano di un accurato studio clinico diagnostico pre-operatorio. Abbiamo osservato che i risultati clinici di queste fratture a più frammenti non erano sempre soddisfacenti e che nella maggior parte dei casi ciò era dovuto o a un'errata indicazione o a un errore di esecuzione tecnica. Gli elementi che indirizzano la scelta del trattamento sono la vascolarizzazione residua del frammento cefalico, la qualità dell'osso, la congruenza articolare, non ultima la *compliance* del paziente che nei soggetti anziani può essere scarsa. In particolare, per le fratture impattate in valgo a quattro frammenti, oggi poniamo indicazione alla riduzione chirurgica e osteosintesi in quanto riteniamo che vi sia ancora un adeguato apporto vascolare residuo alla testa omerale. Nelle fratture a tre quattro frammenti secondo i nuovi orientamenti, nei pazienti giovani con un buon tessuto osseo è indicata la riduzione anatomica e quindi la sintesi, nei pazienti anziani affetti da osteoporosi è preferibile impiantare un'endoprotesi in acuto per evitare complicazioni successive mobilizzazioni dei mezzi di sintesi e consolidazioni viziose.

Parole chiave: fratture, epifisi prossimale omero, vascolarizzazione

SUMMARY

Proximal humeral fractures are difficult to be treated, the most important elements are the study of the x ray and the choice of the treatment. We believe that the most of the complications happened because of wrong indications; the elements important for the choice are: the vascularization of the humeral head; the bone quality, the articular surface. We believe that for elderly patients, affected by complex proximal humeral fractures, hemiarthroplasty is a good solution; for young patients with a good bone quality the ORIF is the best indication but the reduction must be anatomical.

Key words: fractures, proximal humerus

INTRODUZIONE

Le indicazioni al trattamento delle fratture dell'epifisi prossimale dell'omero ancora oggi non sono del tutto standardizzate. Le

fratture dell'omero prossimale sono rappresentate da una innumerevole quantità di combinazioni che va dalle fratture composte alle fratture scomposte del collo anatomico, da impattamento della testa omerale, a tre, quattro frammenti variamente combinate.

Le classificazioni di tali fratture, per quanto ne siano state stilate di esaustive, non sono ancora in grado di valutare tutti gli elementi che influenzano la prognosi e quindi l'indicazione. Neer¹ nel 1970 fa riferimento ai quattro elementi anatomici principali della epifisi prossimale dell'omero (testa omerale, piccola e grande tuberosità, diafisi) individuati precedentemente da Codman² nel 1934, e le diverse scomposizioni in base alle trazioni muscolari; riconosce che le fratture del collo anatomico sono caratterizzate da un più alto rischio di necrosi vascolare. L'associazione svizzera AO/ASIF (Muller 1990)³ ha proposto una classificazione più particolareggiata con lo scopo di valutare la probabilità di una vascolarizzazione residua della testa omerale ma anche questa classificazione così particolareggiata non è in grado di aiutare in modo definitivo il chirurgo nella scelta del trattamento. Hertel et al. nel 2004⁴ ha proposto un sistema di classificazione delle fratture detto "sistema lego". Esso si basa sull'individuazione di cinque possibili piani in cui possono essere separate le componenti ossee. Questi cinque piani producono dodici possibili tipi di frattura facilmente dimostrabili dalla corrispondente disposizione di quattro mattoncini "lego".

DIAGNOSTICA

È necessario dedicare una particolare attenzione all'esecuzione delle immagini radiografiche, che devono essere non approssimative ma leggibili per comprendere la frattura, al fine di valutare una possibile vascolarizzazione residua dei frammenti, per poter interpretare la possibilità di una riduzione, per individuare quali manovre di riduzione e quale mezzi di sintesi utilizzare. La serie radiografica include la proiezione anteroposteriore vera, l'assiale di scapola e la proiezione ascellare, l'esame TC completerà l'indagine. Vale la pena di soffermarsi tutto il tempo necessario per una prima valutazione e di dedicare tempo alla programmazione dell'eventuale trattamento chirurgico sia di riduzione e sintesi che di protesizzazione.

Queste indagini permettono di scegliere tra un trattamento conservativo o chirurgico.

CRITERI DI SCELTA DEL TRATTAMENTO

Nell'80% dei casi la frattura è composta e pertanto è possibile trattarla in modo conservativo.

Nel 20% delle fratture del terzo prossimale di omero è necessario un trattamento di tipo chirurgico; oltre alla valutazione del numero dei frammenti da cui è composta la frattura è necessario valutare:

1. il rischio di necrosi avascolare della testa;
2. la qualità del tessuto osseo sul quale verrà effettuata la sintesi;
3. la necessità di una ricostruzione dell'anatomia articolare.

1) Il livello della frattura è predittivo per una eventuale necrosi avascolare della testa omerale, è noto infatti che se la linea di frattura è a livello del collo anatomico (Figg. 1, 2) la vascularizzazione affidata alla arteria circonflessa viene interrotta, ciò espone la testa dell'omero ad un alto rischio; un altro elemento importante è l'angolo fra la testa e la diafisi omerale: se l'angolo α , che è quell'angolo formato dalla perpendicolare alla diafisi omerale e dalla retta passante per la rima di frattura, è maggiore di 20° la frattura è impattata in valgo, il rischio di necrosi è basso, la congruenza articolare accettabile e il trattamento sarà di tipo conservativo; se l'angolo α è minore di 20° la frattura necessita di un trattamento di riduzione e sintesi, se questo angolo è negativo è un indice di predittività negativo per necrosi della testa omerale.

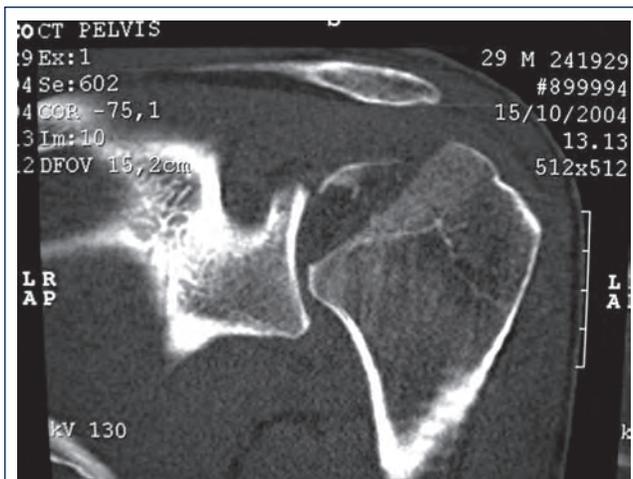


Fig. 1. Frattura del collo anatomico della epifisi prossimale dell'omero alla TAC.



Fig. 2. Esposizione chirurgica di frattura del collo anatomico dell'epifisi prossimale dell'omero.

Un altro indice da valutare è lo spostamento fra testa e diafisi: una traslazione maggiore di 5 mm mette a rischio la vitalità della testa e pone l'eventualità di una sostituzione protesica.

Lo spostamento delle tuberosità invece può comportare la riduzione dell'ampiezza articolare. Neer¹ riteneva scomposta una traslazione pari a 1 cm delle tuberosità o una angolazione pari a 45° fra i frammenti della frattura, oggi questi criteri sono stati rivisti, una dislocazione in direzione verticale maggiore di 5 mm della grande tuberosità infatti non è più ritenuta accettabile in quanto comporta un conflitto sottoacromiale; uno spostamento di 10 mm della piccola tuberosità dalla quale dipende la vascularizzazione della testa, implica un alto rischio di necrosi.

Hertel⁴ afferma che anche nei casi in cui il decorso della rima di frattura danneggia gravemente la vascularizzazione della testa si può verificare una rivascularizzazione secondaria.

L'autore⁴, in seguito a studi sulla vascularizzazione residua della testa eseguiti mediante misurazioni dirette *in vivo*, individua alcuni parametri che sono buoni predittori di ischemia e altri che sono moderati o scarsi predittori di ischemia.

Buoni predittori di ischemia:

- la lunghezza del frammento mediale cefalico che si prolunga verso la metafisi (calcar) è direttamente proporzionale alla probabilità che ci sia una buona perfusione vascolare della testa omerale, Hertel osserva che la lunghezza era mediamente di 13 mm nelle teste vitali, e 2 mm in quelle ischemiche.
- l'integrità residua relativa della cerniera mediale (Fig. 3), di quell'arco naturale creato fra testa e metafisi, se la scomposizione fra la diafisi e il segmento cefalico è pari o minore a 4 mm è presente una vascularizzazione residua, se è maggiore o pari a 13 mm la testa è ischemica.

Moderati o scarsi predittori di ischemia:

- la rotazione del frammento di testa in varo o valgo;
- la scomposizione della grande tuberosità maggiore di 8-10 mm rispetto al margine supero-laterale del collo anatomico;
- la frattura-lussazione gleno-omeroale;
- la separazione della testa omerale, *head split fracture*;
- il numero dei frammenti della frattura.



Fig. 3. Frattura a quattro frammenti impattata in valgo.

2) Un altro elemento che influenza in modo determinante la scelta del tipo di trattamento è la qualità dell'osso, una eventuale sintesi infatti, sarà stabile se è presente un buon tessuto osseo. Lo spessore della corticale della diafisi omerale può essere considerato un predittore della densità ossea.

La misurazione, semplice e riproducibile⁵, si effettua mediante lo studio di una radiografia antero-posteriore dell'omero prossimale, il primo livello di misurazione si trova dove i bordi endostali della corticale mediale e laterale sono paralleli. Il secondo livello è distale di 2 cm rispetto al primo. Se la somma degli spessori corticali è minore o pari a 4 mm non è indicato un trattamento di riduzione e sintesi con placca e viti.

3) Oggi riteniamo che la ricostruzione dell'anatomia della articolazione gleno-omerale debba essere accurata il più possibile per ottenere un buon recupero funzionale.

McLaughlin⁶ nel 1959 riteneva che riduzione della fratture della epifisi prossimale dell'omero non dovesse essere necessariamente anatomica per ottenere dei buoni risultati funzionali.

Neer¹ circa dieci anni dopo studiava 117 pazienti affetti da fratture a tre quattro frammenti, di questi ne trattava 43 con sostituzione protesica, 43 con ORIF e 31 erano sottoposti a riduzione e sintesi per via percutanea.

Stabelforth⁷ nel 1984 confrontava tre gruppi di pazienti: il primo gruppo affetto da frattura scomposta trattato con sostituzione protesica, il secondo trattato incruentamente, il terzo gruppo di controllo affetto da una frattura poco scomposta trattato in modo conservativo. L'autore ha osservato come il secondo gruppo di pazienti presentava dei risultati insoddisfacenti, mentre i risultati del primo e del terzo gruppo erano sovrapponibili, concludeva che l'indicazione al trattamento incruento in caso di fratture a tre o quattro frammenti è da riservarsi solo ai pazienti che non possono essere sottoposti a trattamento chirurgico per motivi medici.

Jakob⁸ nel 1991 osserva un gruppo particolare di fratture dell'epifisi prossimale dell'omero a quattro frammenti, quelle ingranate in valgo, rileva che hanno una percentuale di necrosi della testa inferiore rispetto alle altre fratture a quattro frammenti.

Confronta la riduzione e sintesi e il trattamento conservativo e riscontra in ambedue i casi il 74% di buoni risultati.

Resch⁹ sottolinea che nelle fratture a quattro frammenti impattate in valgo il periostio mediale è integro, questa condizione protegge la testa da una eventuale necrosi, l'indicazione al trattamento è una riduzione e sintesi di minima con suture transossee, viti cannulate o fili di K, in modo tale da creare il minor traumatismo possibile dei tessuti molli. Nella scelta del trattamento però l'autore⁹ ritiene necessario valutare anche l'età del paziente e la qualità del tessuto osseo, in caso di grave osteoporosi in paziente anziano la sostituzione protesica trova una migliore indicazione.

Gerber¹⁰ osserva che non tutte le necrosi sono dolorose, nel paziente giovane ritiene che sia possibile rischiare trattando anche le fratture a tre frammenti con rischio di danno vascolare con la riduzione e la sintesi purché sia anatomica e con le tuberosità ben posizionate che renderebbe più facile una eventuale ripresa con protesi.

Negli anni l'indicazione alla sostituzione protesica in caso di fratture a tre e quattro frammenti si è sempre più ridotta, Lee e Hansen¹¹ osservano un gruppo di 19 pazienti affetti da frattura scomposta in

quattro parti trattati con riduzione e sintesi, nessuno ha sviluppato la necrosi a due anni di follow-up, affermano che anche se in alcuni casi si verifica un'ischemia precoce della testa, essa va incontro alla rivascularizzazione grazie a fenomeni di sostituzione progressiva.

Riteniamo che la scelta del trattamento in caso di questi gravi traumi non possa prescindere dalla valutazione delle richieste funzionali del paziente, dall'età biologica e dalla qualità dell'osso, dallo stato della cuffia dei rotatori, dalle motivazioni e dalle esigenze funzionali. I mezzi di sintesi a disposizione sono molteplici, le nuove placche a stabilità angolare, che prevedono l'ancoraggio della vite alla placca stessa, hanno in un primo tempo allargato le indicazioni alla ORIF (*Open Reduction Internal Fixation*) perché capaci di ovviare alla scarsa qualità dell'osso del paziente, ma abbiamo osservato che un impianto di stabilizzazione affidato solo alla stabilità angolare comporta una minor distribuzione delle forze sull'osso, viene così a mancare un importante ruolo stimolo alla guarigione della frattura.

Abbiamo osservato come le complicanze di queste fratture siano dovute in molti casi all'errata indicazione al trattamento o alla errata esecuzione tecnica della riduzione.

INDICAZIONI AL TRATTAMENTO

Le fratture composte o con scomposizione entro i 5 mm delle tuberosità possono essere trattate conservativamente, rappresentano l'80% delle fratture del terzo prossimale di omero.

Il restante 20% necessita di trattamento chirurgico.

Fratture a due frammenti

Le fratture isolate delle tuberosità secondo Neer¹ potevano essere considerate accettabili con una scomposizione fino a 1 cm. Oggi secondo noi i parametri accettabili sono inferiori ai 5 mm, misurabili con sistema digitale, una dislocazione maggiore in senso craniale potrebbe causare una limitazione del movimento dovuto al conflitto sottoacromiale.

La scomposizione posteriore invece è tollerata fino a 1 cm.

Le fratture a due frammenti che interessano la grande tuberosità possono essere associate alla lussazione della articolazione gleno-omerale, nella maggior parte dei casi con la riduzione della lussazione la tuberosità torna nella sua normale sede anatomica ed il trattamento è conservativo.

Le fratture isolate della piccola tuberosità sono molto rare.

Le fratture del collo chirurgico sono per lo più dovute a traumi ad alta energia nei pazienti giovani, la qualità dell'osso è valida, sono pertanto trattabili mediante la riduzione e sintesi.

Le fratture del collo chirurgico sono frequentemente sottostimate, se esitano in consolidazioni viziose possono portare a gravi limitazioni del movimento. Nei pazienti anziani con una scarsa compliance e uno scarso tessuto osseo, Iannotti¹² suggerisce il posizionamento di un'endoprotesi anche se secondo il nostro pensiero è una esasperazione della indicazione.

Fratture a tre frammenti

Comportano quasi sempre la scomposizione dei monconi di frattura e la perdita dei rapporti articolari con la glena. Interessano

il collo chirurgico e una delle due tuberosità, la rotazione della testa in senso anteriore o posteriore è dovuta alle forze di trazione esercitate dalla cuffia dei rotatori inserita sulla tuberosità solidale al frammento cefalico. Riteniamo che l'indicazione al trattamento sia di riduzione ed osteosintesi in quanto il rischio di ischemia non è molto elevato secondo quanto precedentemente esposto.

Fratture a quattro frammenti

Le fratture a quattro frammenti sono le più complesse e quelle per le quali è più difficile dare un'univoca indicazione.

La scelta del trattamento è fortemente determinata dal rischio di necrosi avascolare della testa omerale, dall'interessamento della superficie articolare, dalla qualità dell'osso, dall'età del paziente.

La prima scelta, quando possibile, è l'osteosintesi con l'obiettivo di mobilizzare l'articolazione quanto prima. Un gruppo particolare di fratture è quello impattato in valgo in cui la scomposizione delle tuberosità è limitata dall'integrità della cuffia dei rotatori. In questo tipo di fratture, l'assenza di una scomposizione laterale della testa omerale rispetto alla diafisi, preserva la capsula articolare ed il periostio consentendo una perfusione retrograda della testa omerale aumentandone le probabilità di sopravvivenza. Se il tessuto osseo è valido è possibile eseguire una riduzione e sintesi di minima, la buona riduzione della frattura garantisce già di per sé la stabilità, il parametro più importante da controllare è la cerniera mediale, che, se integra, garantisce una vascolarizzazione residua alla testa anche in caso di interessamento del collo anatomico. La testa posizionata fra le due tuberosità è stabilizzata dalle forze di trazione esercitate dalla cuffia dei rotatori; in questo caso i mezzi di sintesi possono essere limitati alle sole viti o a una placca a ponte.

In caso di fratture gravemente scomposte la riduzione e la sintesi possono essere più indaginose, soprattutto nei pazienti giovani è importante provare a ricostruire l'articolazione in modo anatomico al fine di evitare l'impianto di un'endoprotesi.

Se la riduzione non è anatomica però è meglio eseguire una artroplastica in acuto piuttosto che reintervenire in un secondo tempo (Figg. 4, 5).

I risultati non soddisfacenti in seguito al trattamento delle fratture del terzo prossimale di omero sono sottostimati in letteratura, la revisione chirurgica delle fratture consolidate in modo vizioso è sempre difficile e spesso non porta a risultati soddisfacenti, in modo particolare quando è necessario eseguire l'osteotomia correttiva delle tuberosità.

Per queste ultime considerazioni riteniamo che sia meglio impiantare un'endoprotesi quando la riduzione non è soddisfacente o in caso di osteoporosi grave che non consente il posizionamento di un impianto di sintesi stabile.

Se invece da valutare è il rischio della necrosi della testa, riteniamo che si possano

allargare le indicazioni alla riduzione e sintesi purché anatomica, sapendo che anche le teste che vanno incontro ad un'ischemia temporanea possono essere rivascularizzate e che anche in caso di necrosi non necessariamente deve esserci il dolore.

CONCLUSIONI

Secondo le nuove scoperte sul circolo collaterale che indicano una possibilità di rivitalizzazione di porzioni di testa inizialmente ischemiche, le nostre indicazioni e il nostro approccio chirurgico si sono modificati; quindi, mentre in passato si riteneva che una frattura a tre quattro frammenti con un grado di scomposizione medio-elevato (45 gradi e un centimetro di scomposizione secondo Neer ¹) fosse incompatibile con la sopravvivenza della testa omerale dopo osteosintesi, oggi si spinge sempre di più in direzione di una ORIF in prima istanza anche nei casi in cui il rischio di necrosi avascolare della testa omerale è obiettivamente molto elevato. È logico pensare che i pazienti con la vascolarizzazione integra abbiano dei risultati migliori confronto a quelli dove il traumatismo o il danno espositivo chirurgico la abbiano danneggiata, quindi è necessario proteggere la vascolarizzazione residua dell'epifisi e delle tuberosità durante l'atto chirurgico per scongiurare la necrosi ed il riassorbimento di queste ultime.

Le indicazioni al trattamento di questi gravi traumi sono il momento più importante per raggiungere un buon risultato, sottostimare la scomposizione della frattura e dare un'indicazione conservativa può esitare in un risultato funzionale scarso e quindi comportare un trattamento chirurgico secondario che difficilmente dà dei risultati pienamente soddisfacenti. L'indicazione non dipende solamente dal tipo di frattura e dal grado di scomposizione dei capi ossei, ma anche dal coinvolgimento dei tessuti molli, dall'integrità dell'apparato capsulolegamentoso e delle strutture tendinee.

La scelta del tipo di mezzo di sintesi oggi è molto vasta, le placche negli ultimi anni sono state soggette ad una evoluzione sorprendente, ad esse è stato applicato il concetto di fissatori interni ideando viti che si ancorano alla placca stessa da utilizzarsi in caso di gravi scomposizioni o di scarsa tenuta ossea; tali placche



Fig. 4-5. Frattura scomposta a più frammenti in paziente anziano trattato con protesi inversa.

presentano un sistema misto, sfruttando sia la compressione che la stabilità angolare, ma anche queste importanti innovazioni devono essere utilizzate dopo un attento studio del tipo di frattura, e con conoscenza dei principi biomeccanici per evitare di avere nuove complicazioni. Un impianto che sfrutta solo la stabilità angolare infatti può aumentare il rischio di pseudoartrosi, le forze vengono scaricate in maggior parte sulla placca e sulle vite riducendo in questo modo lo stimolo alla guarigione ossea.

Le innovazioni in campo protesico, la modularità e la possibilità crescente di avvicinarci all'anatomia della gleno-omerale ha in un primo tempo allargato le nostre indicazioni, ma i risultati non sempre soddisfacenti e una revisione critica e consapevole delle complicanze che possono verificarsi, quali la migrazione o il riassorbimento delle tuberosità, negli anni ha portato a una drastica restrizione.

La revisione delle sintesi delle fratture dell'epifisi prossimale dell'omero però, ha mostrato anche essa dei risultati non sempre soddisfacenti, in modo particolare in caso di osteoporosi e riduzioni non anatomiche, in questi casi le nostre indicazioni si sono nuovamente modificate, riteniamo infatti meglio impiantare una endoprotesi in acuto in un paziente anziano piuttosto che affrontare una consolidazione viziosa che raramente porta a dei buoni risultati.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Neer DS II. *Displaced proximal humeral fractures. Part I. Classification and evaluation.* J Bone Joint Surg 1970;52A:1077-89.
- ² Codman EA. *The Shoulder.* Boston: Thomas Todd 1934.
- ³ Muller ME, Nazarian S, Koch P. *The comprehensive classification of fractures in long bones.* Berlin Springer Verlag 1990.
- ⁴ Hertel R, Hempfing M, Stiehler M, et al. *Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus.* J Shoulder Elbow Surg 2004;13:427-33.
- ⁵ Tingart MJ, Apreleva M, von Stechow D, et al. *The cortical thickness of the proximal humeral diaphysis predicts bone mineral density of the proximal humerus.* J Bone Joint Surg Br 2002;84:504-8.
- ⁶ McLaughlin H. *Injuries of the shoulder and arm.* Philadelphia: Trauma WB Saunders 1959: 233-98.
- ⁷ Stabelforth PG. *Four part fractures of the neck of the humerus.* J Bone Joint Surg Br 1984;66:104-8.
- ⁸ Jakob RP, Miniaci A, Anson PS, et al. *Four part valgus impacted fractures of the proximal humerus.* J Bone Joint Surg Br 1991;73:295-8.
- ⁹ Resch H, Beck E, Bayley I. *Reconstruction of the valgus-impacted humeral head fractures.* J Shoulder Elbow Surg 1995;4:73-80.
- ¹⁰ Gerber C, Hersche O, Berbeart C. *The clinicle relevance of of post traumatic avascular necrosis of the humeral head.* J Shoulder Elbow Surg 1998;7:586-90.
- ¹¹ Lee CK, Hansen HR. *Post traumatic avascular necrosis of the humeral head in displaced proximal humeral fractures.* J Trauma 1981;21:788-91.
- ¹² IannottiJP, Ramsey ML, Williams GR, et al. *Nonprosthetic management of proximal humeral fractures.* J Bone Joint Surg 2003;85A:1578-93.

Indicazioni al trattamento nelle fratture di gomito

Indications for treatment of elbow's fractures

C. Rovesta, M.C. Marongiu, A. Celli

RIASSUNTO

Le fratture di gomito dell'adulto presentano ancora oggi una considerevole percentuale di esiti con ripresa funzionale limitata per rigidità e dolore o con pseudoartrosi

Una delle principali cause di questi esiti insoddisfacenti è la non corretta indicazione al tipo e modalità di trattamento.

L'ortopedico che dà indicazione al trattamento di una frattura di gomito deve:

- capire la complessità della frattura e il suo sviluppo tridimensionale e classificarla (la classificazione AO è spesso non specifica);
- considerare la presenza di lesioni capsulo-legamentose e dei tessuti periarticolari, soprattutto nei traumi con lussazione o trauma diretto del gomito, e di lesioni nervose anche parziali (più frequenti in certe fratture);
- escludere lesioni alle articolazioni prossimali o distali.

La qualità dell'osso, le condizioni generali e le esigenze funzionali del paziente incidono sull'indicazione al trattamento che deve comunque consentire un ripristino dell'anatomia scheletrica, la stabilità della frattura e del gomito, che può così essere mobilizzato precocemente evitando le più frequenti complicanze come rigidità, instabilità e dolore. Per questo è indispensabile una precisa valutazione clinica che può essere eseguita anche in narcosi, e una valutazione strumentale con Rx, spesso integrata da TC soprattutto nelle fratture articolari e pluriframmentarie, o complicate da lesione capsulo-legamentosa.

Parole chiave: frattura gomito, lussazione gomito, olecrano, capitello radiale, epifisi distale omero, capitulum humeri

SUMMARY

Also today, elbow's fractures of the adult evolve in a high percentage of results with a limited functional recovery caused by stiffness, pain, or pseudoarthrosis.

An incorrect indication to the type and modality of the treatment is one of main causes of these poor results

Clinica Ortopedica e Traumatologica, Dipartimento Integrato Emergenza e Urgenza del Policlinico e Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Indirizzo per la corrispondenza:

Prof. C. Rovesta, Via Crespellani 163, 41100 Modena. Tel. +39-059-4222911
- Fax +39-059-4224313 (segret. Clinica Ortop.). e-mail: rovesta.claudio@unimore.it, claudiorovesta@yahoo.it

The orthopaedic surgeon which has to do indication for treatment of an elbow's fracture, has to understand complexity of fracture and its tridimensional situation.

He has to classify the fracture (AO classification is often not specific) and he has to consider the concomitant presence of capsulo-ligamentous lesions (overall in trauma with elbow dislocation or in direct trauma), or of peripheral nervous injuries (more frequent in specific fractures) and he has to exclude lesions to proximal or distal articulations;

General health conditions, bone quality, and personal requirements of the patient, affect on the indication for the treatment, which has to realize an anatomical restoration of the bone, a stability of the fracture and also of the elbow to allow an early mobilisation avoiding frequent complications as stiffness, pain or instability.

For all those reasons, a clinical evaluation, sometimes completed by an evaluation with general anaesthesia, an Rx evaluation, often completed by an TC 3D exam (overall in articular and plurifragmented fractures) are necessary.

Key Words: elbow's fractures, elbow's dislocation, olecranon, radial head, distal epiphysis of humerus, capitulum humeri

INTRODUZIONE

Nel gomito, abbiamo una superficialità delle strutture ossee, la vicinanza di queste a importanti strutture nervose e vascolari, e 3 distinte articolazioni che si muovono su piani differenti, con legamenti che assicurano la stabilità in assenza di una stabilità intrinseca ossea nella maggior parte dei movimenti.

Per queste ragioni si possono facilmente realizzare fratture sia per trauma diretto che indiretto, spesso articolari, non raramente con complicanze nervose.

La rottura della capsula o dei legamenti, la incongruenza delle superfici articolari oltre alla necessaria immobilizzazione per la guarigione della frattura, rappresentano le cause più frequenti di rigidità o dolore e instabilità conseguente alla maggioranza delle fratture di gomito, anche di molte fratture considerate "facili"

Per questo l'indicazione al trattamento spesso presenta difficoltà dovute alla frattura (tipo e gravità, presenza di instabilità, lesioni associate tendinee, nervose, vascolari) e al paziente (situazione precedente al trauma, malattie sistemiche, età, qualità dell'osso, ed esigenze funzionali).

L'ortopedico solo conoscendo tutti questi fattori e considerando anche le sue personali capacità può definire il trattamento, orientato ad una ricostruzione anatomica dell'osso e alla mobilizzazione pre-

coce, che fornisca il migliore recupero funzionale nel minor tempo evitando le complicazioni più frequenti come rigidità, dolore e pseudoartrosi.

VALUTAZIONE EZIOPATOGENETICA, CLINICA E STRUMENTALE

Scopo di tale valutazione è capire il meccanismo di lesione, interpretare la frattura, escludere fratture associate e lesioni complicanti la frattura, come lesioni nervose, vascolari o capsulo-legamentose escludendo precedenti traumi o lesioni al gomito che abbiano esitato in rigidità, dolore o instabilità.

Innanzitutto nella raccolta dell'anamnesi, dobbiamo capire la dinamica e violenza dell'evento traumatico, cercando, quando possibile, di capire la posizione del gomito e della mano durante il trauma.

Importante è capire se il paziente ha presentato una "fuoriuscita" del gomito autoridotta nei movimenti di spostamento e immobilizzazione durante il trasporto al PS.

L'aspetto dell'arto superiore confrontato con il controlaterale, nei casi più gravi può evidenziare una deviazione dell'asse o un accorciamento e una tumefazione del gomito diffusa, con interessamento del 3° superiore dell'avambraccio o localizzata prevalentemente alla parte posteriore (fr. olecrano) o anteriore del gomito.

La palpazione ci può far apprezzare una discontinuità del profilo osseo (cresta ulnare o margine condiloideo) o la presenza di protuberanza ossea anomala (lussazione capitello radiale).

In questi casi i tentativi di mobilizzazione del gomito sia in flessione-estensione che in prono-supinazione sono limitati dal dolore, si accompagnano a rumori di scroscio o mostrano un vero e proprio blocco meccanico.

In ogni frattura del gomito deve essere eseguita una valutazione del polso radiale e ulnare per escludere un deficit vascolare provocato direttamente dal trauma o come compressione dei monconi di frattura.

Deve inoltre essere valutata la funzione dei muscoli estrinseci flessori ed estensori del polso e delle dita, e dei muscoli intrinseci della mano e ricercare aree di ipoestesia che documentino la lesione di uno o più nervi periferici (mediano, ulnare, radiale al gomito) o una lesione muscolo-tendinea nei traumi complessi.

Un'altra complicanza possibile nelle fratture di gomito è una *lesione capsulo-legamentosa*, in particolare della componente legamentosa mediale nei traumi in valgo con frattura del capitello radiale, o del compartimento postero-esterno nelle fratture della colonna laterale o ancor più facilmente nelle fratture che si accompagnano a lussazione.

Dopo aver immobilizzato il gomito in valva o tutore radiotrasparente in posizione antalgica, evitando il rischio di ulteriore scomposizione, il sospetto clinico di frattura deve essere confermato da una radiografia, in AP (preferibilmente a gomito esteso) e in laterale, che però non sempre risultano sufficienti per una diagnosi precisa del tipo di frattura. In questi casi può essere utile una radiografia del gomito controlaterale sano in urgenza e una TC con ricostruzione 3D.

CLASSIFICAZIONE DELLE FRATTURE DEL GOMITO NELL'ADULTO

Gli elementi clinici e strumentali ci permettono di classificare la frattura di gomito nell'adulto in:

- 1) frattura estremo distale dell'omero;
- 2) frattura 3° prossimale di radio;
- 3) frattura 3° prossimale di ulna.

Queste poi possono essere distinte in extrarticolari o articolari, chiuse o esposte, composte o scomposte, mono- o pluriframmentarie, intrinsecamente stabili o instabili.

La classificazione AO¹ può essere applicata a tutte le fratture, inserendo nel tipo A le fratture extrarticolari, nel tipo B quelle con interessamento articolare parziale e nel tipo C le fratture completamente intrarticolari, suddivise a loro volta in 3 gruppi¹⁻³ e ciascun gruppo diviso in 3 sottogruppi.

Questo sistema offre una precisa descrizione della frattura, ma risulta notevolmente complesso nella sua utilizzazione pratica; si tende perciò ad utilizzare per i singoli segmenti classificazioni specifiche che meglio considerano le caratteristiche intrinseche di quella frattura².

Inoltre nei traumi complessi, queste fratture possono presentarsi associate tra di loro

o complicate da lesioni capsulo-legamentose con instabilità o da lesioni nervose o vascolari.

INDICAZIONE AL TRATTAMENTO DELLE SINGOLE FRATTURE

La precisa valutazione e classificazione delle singole fratture, e delle eventuali lesioni associate; e la valutazione complessiva del paziente, permettono di dare la indicazione al trattamento più idoneo. Consideriamo separatamente i principali tipi di frattura del gomito.

Frattura estremo distale dell'omero

Rappresentano circa il 2% di tutte le fratture.

È utile per la classificazione considerare la forma a triangolo dell'estremo distale dell'omero, in cui la troclea si trova centralmente tra le due colonne ossee mediale e laterale. Questo permette di dividere le fratture in 3 principali tipi secondo Mehne-Jupiter³, più semplicemente che con la classificazione AO (Fig. 1).

Fratture extrarticolari

Fratture dell'epitroclea: da trauma diretto, spesso associate ad altre fratture, possono essere complicate da lesioni del nervo ulnare o da lussazione con frammento dislocato all'interno della articolazione, trascinato dal leg. collaterale mediale.

Indicazione al trattamento Se la frattura è composta (tipo A1.2 della classificazione AO), il trattamento è incruento, con immobilizzazione per 2 settimane a gomito flesso a 90°, avambraccio pronato e polso flesso di 30° per detendere i muscoli flessore-pronatori che originano dall'epitroclea. Se la scomposizione è superiore a 3 mm, o il frammento è intrappolato nella articolazione (A1.3 della classificazione AO), si esegue riduzione e sintesi a cielo aperto con isolamento n. ulnare e valutazione del leg. collaterale mediale, che può essere ricostruito.

Frattura dell'epicondilo: è rara.

Indicazione al trattamento: Se la frattura è composta o poco scomposta (A1.1) si esegue immobilizzazione per 15 gg con gomito flesso a 90°, avambraccio supinato e polso esteso di 30° per detendere i muscoli estensori-supinatori. Se la frattura è scomposta o di dimensioni considerevoli, si esegue riduzione e sintesi interna

Fratture transcolonnari o sovracondiloidee
Interrompono entrambe le colonne ossee senza interessare le superfici articolari.

Quando si estendono lungo la fossa olecranica o al di sotto si definiscono transcondiloidee "intracapsulari" (A2.3), più frequenti negli anziani.

Possono essere distinte ³ in 4 gruppi alte, basse, in abduzione e in adduzione a loro volta i due gruppi alte e basse possono essere distinti "in flessione" e "in estensione", sulla base della scomposizione del frammento distale (Fig. 2). Sono spesso secondarie a caduta sulla mano col polso esteso e il gomito flesso.

Indicazioni al trattamento

Nelle fratture composte stabili è possibile il trattamento in gesso a gomito flesso a 90° con avambraccio neutro, ma bisogna considerare che alcune fratture composte risultano comunque instabili e richiedono quindi un trattamento chirurgico.

La trazione scheletrica transolecranica è indicata in presenza di edema importante, o nei pazienti politraumatizzati in cui è utile un allineamento osseo in attesa di effettuare il trattamento definitivo

La sintesi chiusa, con fili percutanei, può essere proposta nelle fratture intracapsulari basse o nelle fratture sovracondiloidee dei soggetti anziani con notevole osteopenia o quando le condizioni cliniche controindicano la riduzione e sintesi a cielo aperto.

La riduzione e osteosintesi a cielo aperto si rende necessaria nelle fratture intracapsulari o extrarticolari difficilmente riducibili a cielo chiuso, o quando il limitato *bone-stock* rende la sintesi con fili poco stabile. Per questo, in particolare nei soggetti più attivi è consigliabile una sintesi a cielo aperto, che se stabile permette una precoce mobilizzazione.

Fratture Intrarticolari

Si suddividono in: *fratture di una sola colonna*, esterna (B1) o interna (B2), del capitulum o della troclea (B3), *fratture di entrambe le colonne*: a T, a Y, con frammenti più o meno numerosi e diastasati (C1-2-3)

Le fratture di tipo C3, con maggiore scomposizione e pluriframmentarietà della superficie articolare, si ritiene che siano dovute ad una forza assiale applicata sul gomito in estensione completa per azione di "cuneo" della coronoide

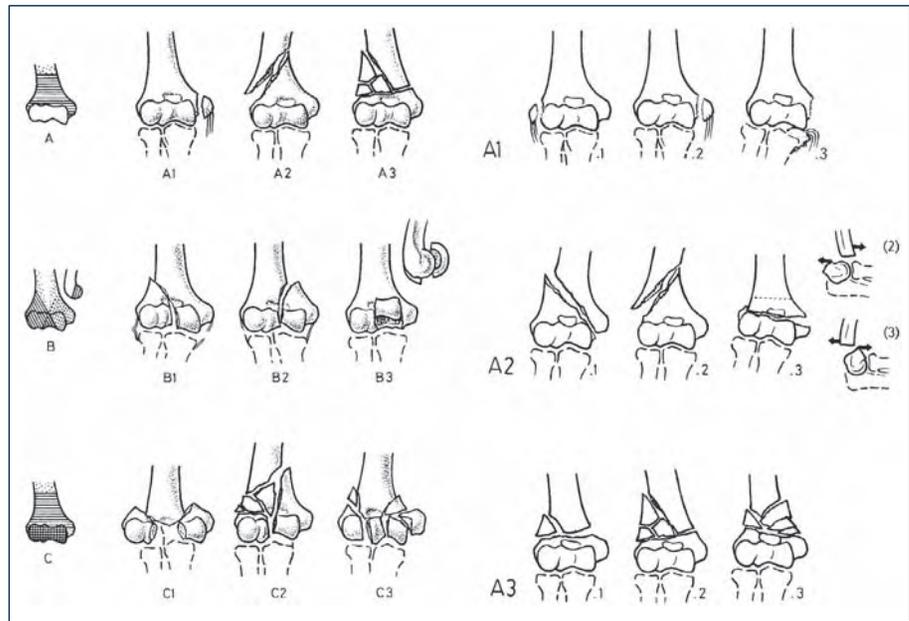


Fig. 1. Classificazione AO delle fratture dell'epifisi prossimali di omero.

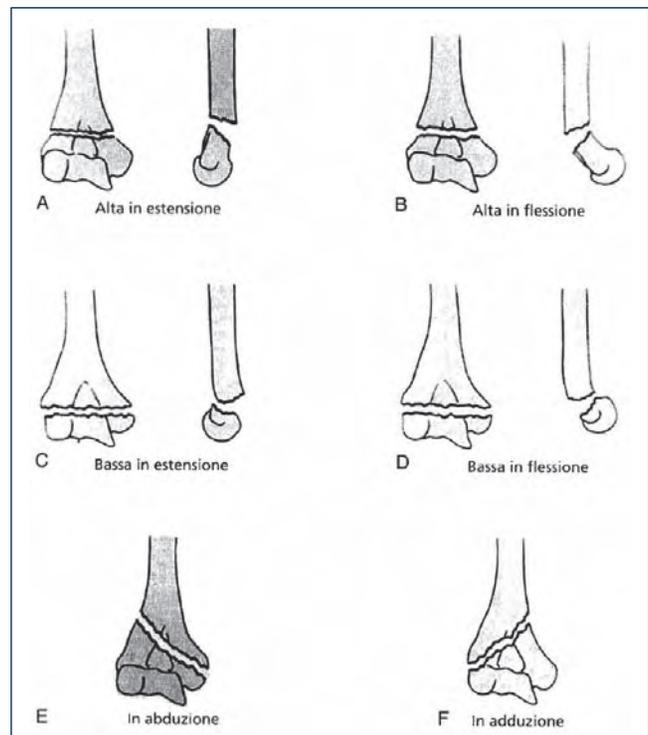


Fig. 2. Classificazione delle fratture sovracondiloidee di omero (da Mehne-Jupiter), a seconda del livello e scomposizione della frattura.

Oltre alla classificazione AO, è importante la classificazione proposta da Mehene e Matta ⁴, che valuta la frattura a seconda dell'interessamento delle due colonne, utile per la scelta del tipo di sintesi e del posizionamento dei mezzi di sintesi.

Frattura a T alta: la rima trasversale interrompe le due colonne al di sopra della fossa olecranica (C1.1, C1.2).

Frattura ad Y: le due rime di frattura oblique si congiungono nella fossa olecranica continuandosi in una rima sagittale lungo la troclea (C1.1, C1.2).

Frattura a T bassa: è la più frequente, soprattutto negli anziani. Difficile da trattare, poiché la rima di frattura che attraversa la fossa olecranica subito sopra alla troclea, crea un frammento distale di dimensioni ridotte, spesso instabile (C1.3).

Fratture ad H: le due rime di frattura interessano entrambe le colonne, con la troclea come frammento libero spesso pluriframmentario (C3.3 secondo l'AO).

Frattura a Lambda mediale: la rima di frattura si estende medialmente molto prossimamente, mentre lateralmente giunge al di sotto dell'epicondilo (C2). Non considera il grado di comminuzione della frattura e la scomposizione dei frammenti, ma va sempre sospettata una pluriframmentarietà.

Quando la frattura è anche sul piano coronale, si ha una frattura triplanare di difficile individuazione con Rx standard⁵.

Per meglio valutare il numero di frammenti e la loro effettiva scomposizione, in queste fratture è sempre utile eseguire una TC con ricostruzione 3D.

Indicazioni al trattamento

Fino a 35 anni fa, il trattamento conservativo rappresentava il trattamento standard, con riduzione a cielo chiuso e gesso o trazione e gesso o mobilizzazione precoce (il trattamento *bag of bone* degli autori anglosassoni) temendo il rischio di pseudoartrosi, e soprattutto di infezioni con un trattamento aperto.

Ma già nel Trattato *Fratture e lussazioni* di L. Gui del 1977⁶ si diceva che "... trattandosi di fratture articolari, l'unica riduzione ammessa è quella anatomica, contemporaneamente si deve cercare di abbreviare il periodo di immobilizzazione per evitare, per quanto possibile, che l'articolazione si irrigidisca. Questo, come è evidente, può essere realizzato soltanto con la riduzione cruenta e l'osteosintesi. La riduzione cruenta presenta però l'inconveniente di provocare una notevole rigidità della articolazione ... All'eventuale rigidità del gomito si potrà sempre provvedere in un secondo tempo con un'artroliasi o un'artroplastica ...".

Sulla base di questi moderni concetti di trattamento, negli ultimi 20 anni si è cercato di approfondire i concetti biomeccanici per meglio comprendere le lesioni, migliorare le vie di accesso per ridurre il danno ai tessuti molli e utilizzare mezzi di sintesi più conformati alla anatomia ossea, costituiti di materiali meglio tollerati che permettono una osteosintesi meno traumatica, più stabile e quindi una mobilizzazione precoce con ridotta rigidità e miglior recupero funzionale.

I più utilizzati sono sistemi a doppia placca e viti in titanio.

Nei pazienti anziani, oltre 70 anni, le fratture distali di omero sono caratterizzate da grave comminuzione, con frammenti osteoporotici e in questi casi la sostituzione protesica immediata, anche con sola endoprotesi della parte omerale, può rappresentare una metodica affidabile che permette una precoce mobilizzazione, richiede una riabilitazione minima con bassa percentuale di complicanze.

Fratture Capitulum Humeri

Sono fratture articolari in genere da "taglio" sul piano coronale con separazione del condilo dalla colonna laterale (fr. Tipo 1 di Hahn

Steinthal, mentre quando interessa solo la cartilagine articolare del condilo viene definita fr. di Kocher-Lorenz di 2° tipo). Le fratture di 3° tipo sono comminute o per compressione. Un 4° tipo riguarda la lesione del condilo e della troclea^{7,8}.

Nella proiezione AP del gomito sono difficili da individuare; ma risultano più evidenti nella proiezione laterale con risalita del capitulum.

Indicazioni al trattamento

In queste fratture altamente instabili è importante la ricostruzione anatomica ed escludere fratture associate del capitello radiale e lesioni capsulo-legamentose, soprattutto del compartimento mediale.

Fratture della troclea

Sono molto rare isolate, in genere si accompagnano a fratture dell'ulna o a lussazioni del gomito.

Fratture associate e complicate dell'estremo distale dell'omero

Nei traumi complessi di gomito, in genere dovuti a trauma diretto laterale (es. trauma da finestrino), oltre al rischio di esposizione, si possono associare alla frattura dell'estremo inferiore dell'omero, lussazione e frattura comminuta dell'ulna o del radio.

L'associazione di una frattura omolaterale di omero ed avambraccio, determina una articolazione intermedia instabile, il cosiddetto "gomito fluttuante".

Indicazioni al trattamento

La riduzione e sintesi deve spesso considerare il problema della esposizione, la perdita di tessuti molli e anche ossei e quindi deve utilizzare sistemi di sintesi a minima associati a fissatori esterni per limitare il rischio di infezioni.

FRATTURE DEL 3° PROSSIMALE DEL RADIO

Fratture del capitello radiale

Rappresentano il 33% delle fratture di gomito più frequenti nelle donne (2:1) dovute prevalentemente a carico assiale sull'avambraccio pronato.

La classificazione più comune è quella di Mason⁹ in 3 tipi (1 composta, 2 scomposta di singolo frammento, 3 comminuta) con un 4° tipo di frattura con lussazione.

Si possono associare altre fratture come ad esempio della coronide, dell'olecrano, del condilo omerale.

Le fratture del capitello radiale sono spesso complicate da una lesione legamentosa, più frequentemente del legamento collaterale ulnare che provoca un aumento del fisiologico valgismo del gomito.

Meno frequente è la lesione legamentosa a livello della radio-ulnare distale, o della membrana interossea (les. di Essex-Lopresti)¹⁰. Le complicanze vascolo-nervose sono poco frequenti, solo nelle gravi scomposizioni del capitello radiale è possibile uno stiramento del n. radiale o del n. interosseo posteriore (NIP).

L'indicazione al trattamento di queste fratture ha subito notevoli cambiamenti con la progressiva conoscenza della biomeccanica del

gomito e del ruolo delle varie strutture, in particolare del capitello radiale considerato uno stabilizzatore secondario del gomito nelle sollecitazioni in valgo. Il trattamento può andare dalla semplice immobilizzazione, alla osteosintesi con vari sistemi, alla resezione, all'impianto protesico ¹¹.

Indicazioni al trattamento

Nelle fratture di 1° tipo in alternativa alla immobilizzazione in gesso, si cerca di attuare una mobilizzazione precoce assistita con tutore per evitare rigidità secondarie.

È indispensabile accertarsi che la frattura non sia associata ad altre fratture, o complicata da instabilità e che non sia intrinsecamente instabile.

L'indicazione al trattamento delle fratture di tipo 2 è spesso dibattuto. Nella scomposte oltre 2 mm, con unico frammento > 30% del capitello, è indicata la riduzione e sintesi con microviti o pins, o con placca quando riguarda il collo, seguiti da immobilizzazione breve e poi da una mobilizzazione graduale in flesso-estensione (30°-90°) evitando inizialmente la prono-supinazione.

Nelle fratture di 3° tipo si può cercare di eseguire una sintesi e quando questa non è possibile, l'alternativa può essere la resezione del capitello o la sostituzione protesica. L'indicazione alla resezione può essere data se la frattura non è complicata da instabilità mediale (utile la valutazione in narcosi della stabilità del gomito). Sempre più frequente è l'utilizzazione di protesi del capitello radiale, che anche in assenza di una instabilità evidente permette un ripristino della fisiologia del gomito in quanto la protesi (normodimensionata o lievemente sottodimensionata) assume la funzione di spaziatore-stabilizzatore.

Nelle fratture-lussazioni di 4° tipo, che rappresentano il 10% delle fratture di capitello radiale, è importante innanzitutto escludere con gli Rx o con TC una frattura della coronoide associata, procedere alla riduzione della lussazione, valutare la stabilità mediale e postero-laterale e verificare che il gomito non si rilassi portandolo in progressiva estensione.

Se il gomito è stabile fino a 40°-45° di estensione, nelle fratture tipo 1 si posiziona il gomito in uno *splint* con la estensione bloccata a 60° per almeno 2 settimane.

Nel tipo 2 si riduce e si sintetizza il capitello e si ricostruisce il leg. coll. laterale se lacerato. Nel tipo 3 se non è realizzabile una sintesi stabile, è indicata l'applicazione di una protesi.

Se la sintesi o la protesi non ripristinano una stabilità del gomito, c'è indicazione alla applicazione di un distrattore articolato.

Quando la lussazione realizza la frattura del radio e della coronoide, è indicata la riduzione di quest'ultima per via laterale, poi la sintesi o la protesi del capitello, con ricostruzione del leg. collaterale laterale ed eventuale applicazione del distrattore.

Questo trattamento permette una mobilizzazione precoce controllata utile per evitare le frequenti rigidità in flessione di questa lesione.

FRATTURE DEL 3° PROSSIMALE DI ULNA

Fratture dell'olecrano

Particolarmente frequenti nei traumi diretti della regione poste-

riore del gomito, in alta percentuale possono presentarsi esposte o con sofferenza marcata del tessuto sottocutaneo e cutaneo che lo ricopre.

La classificazione AO tiene conto della presenza di concomitante frattura del radio, del grado di coinvolgimento articolare e di comminuzione, risultando un sistema abbastanza complesso.

La classificazione di Morrey risulta più semplice considerando il grado di scomposizione, di comminuzione e la stabilità ¹¹.

Consideriamo così un 1° tipo composta (mono o pluriframmentaria), 2° tipo scomposta, ma stabile (A non comminuta o B comminuta), 3° tipo Instabile (A non comminuta o B comminuta).

Indicazione al trattamento

Nelle fratture di 1° tipo, composte e stabili, si utilizza una immobilizzazione in apparecchio gessato o in valva posteriore brachio-metacarpale per 1-3 settimane in flessione di 75°, iniziando una mobilizzazione precoce, passiva in estensione e attiva in flessione ma non oltre i 90° fino a consolidazione avvenuta (4-6 settimane). Nelle fratture di 2° e 3° tipo, è indicata una osteosintesi a cielo aperto, con cerchiaggio dinamico (*haubanage*) ad 8 annodato simmetricamente sui due lati, con 2 fili di K che riesce a trasformare le forze agenti sul focolo da forze in distrazione in forze in compressione.

Per questo però non va utilizzato nelle fratture con frammento centrale comminuto o con frattura della coronoide con successiva incongruenza con la troclea omerale.

Preferibile quindi una sintesi stabile (placca e viti) con eventuale innesto osseo che permetta di riottenere una buona riduzione della corticale posteriore e soprattutto una corretta distanza coronoide-olecrano, con ricostruzione della corticale articolare.

Nelle fratture comminute e instabili di tipo 3° (3B), si può associare alla placca un distrattore articolato.

La resezione dell'olecrano è riservata a casi di frattura extrarticolare o a casi estremi in cui non è possibile una ricostruzione per la estrema comminuzione dell'olecrano negli anziani. Si esegue l'avanzamento del tendine tricipitale in vicinanza della superficie articolare per offrire un sostegno alla troclea, evitando in tal modo i problemi legati al fallimento della sintesi, alla intolleranza di questi nel sottocute. Complicanze possono essere la diminuzione della forza in estensione e la instabilità anteriore.

Fratture della apofisi coronoide

Le fratture isolate della coronoide sono rare e si associano più frequentemente a lussazione di gomito (con gomito flesso da 0° a 20°).

Secondo Regan-Morrey ¹² la classificazione comprende un tipo 1 in cui c'è una semplice avulsione apicale della coronoide, un tipo 2 con interessamento di meno del 50% della superficie articolare coronoidea, il tipo 3 con interessamento di oltre il 50% della superficie articolare coronoidea, e quasi sempre associata ad una instabilità anteriore del gomito.

L'angolo tipico di 30° formato da una retta tracciata dall'apice dell'olecrano all'apice della coronoide intatta, viene ridotto a 0° quando è presente il 50% della coronoide.

Le fratture comminute della coronoide possono includere una

parte sagittale e mediale che comprende la inserzione del leg. collaterale Mediale con conseguente instabilità mediale.

È importante la ricostruzione della coronoide quando questa determina instabilità, anche con innesto osseo.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Di fronte ad un trauma diretto o indiretto del gomito con dolore e tumefazione, l'ortopedico deve sospettare una frattura ed indicare l'esecuzione di Rx in AP e laterale.

Non sempre però questi esami consentono una diagnosi completa. In certi casi la frattura può non essere evidenziata come ad esempio in una frattura transcondiloidea intracapsulare composta che se non trattata correttamente può facilmente scomporsi, o una frattura del margine mediale della coronoide con possibile instabilità mediale o una lesione di Monteggia con lussazione del capitello radiale misconosciuta, associata alla più evidente frattura dell'ulna. La lussazione del capitello può sfuggire con Rx di cattiva qualità senza una laterale perfetta, o quando la lussazione è stata ridotta anche temporaneamente nelle manovre di posizionamento del paziente, per poi ricidivare. In letteratura viene riportata una diagnosi tardiva o misconosciuta in percentuali dal 16% al 52% dei casi (Reckling-Campbell).

Dopo riduzione della lussazione (di gomito o del solo capitello) occorre valutare agli Rx l'ampiezza dello spazio articolare.

Se questo è aumentato può documentare una persistente sublussazione con interposizione endoarticolari di tessuti molli (es. muscoli epitrocleari, nervo mediano) o frammenti ossei (es. epitroclea).

Gli Rx non sempre definiscono in modo adeguato il numero, posizione e dimensione dei frammenti di una frattura, come ad esempio nelle fratture di epitroclea (ruotata o incarcerata), del capitulum humeri fratturato, la comminuzione dell'olecrano, le dimensioni della coronoide fratturata (Fig. 3).

Nelle fratture della epifisi omerale ad H (C3.3) è utile un Rx in AP, con trazione sull'avambraccio per definire l'anatomia intrarticolare, perchè spesso è presente anche una frattura sul piano coronale non evidenziata dalle radiografie tradizionali (*frattura triplanare*). Nelle fratture dell'ulna prossimali o diafisarie è importante valutare sempre la posizione corretta del capitello radiale, e la presenza di lesioni capsulo-legamentose al polso.

Nelle fratture più complesse, articolari o quando il quadro Rx non fornisce una chiara valutazione è indispensabile eseguire una TC con ricostruzione 3D (Fig. 4).

La risonanza magnetica può avere una limitata indicazione nel

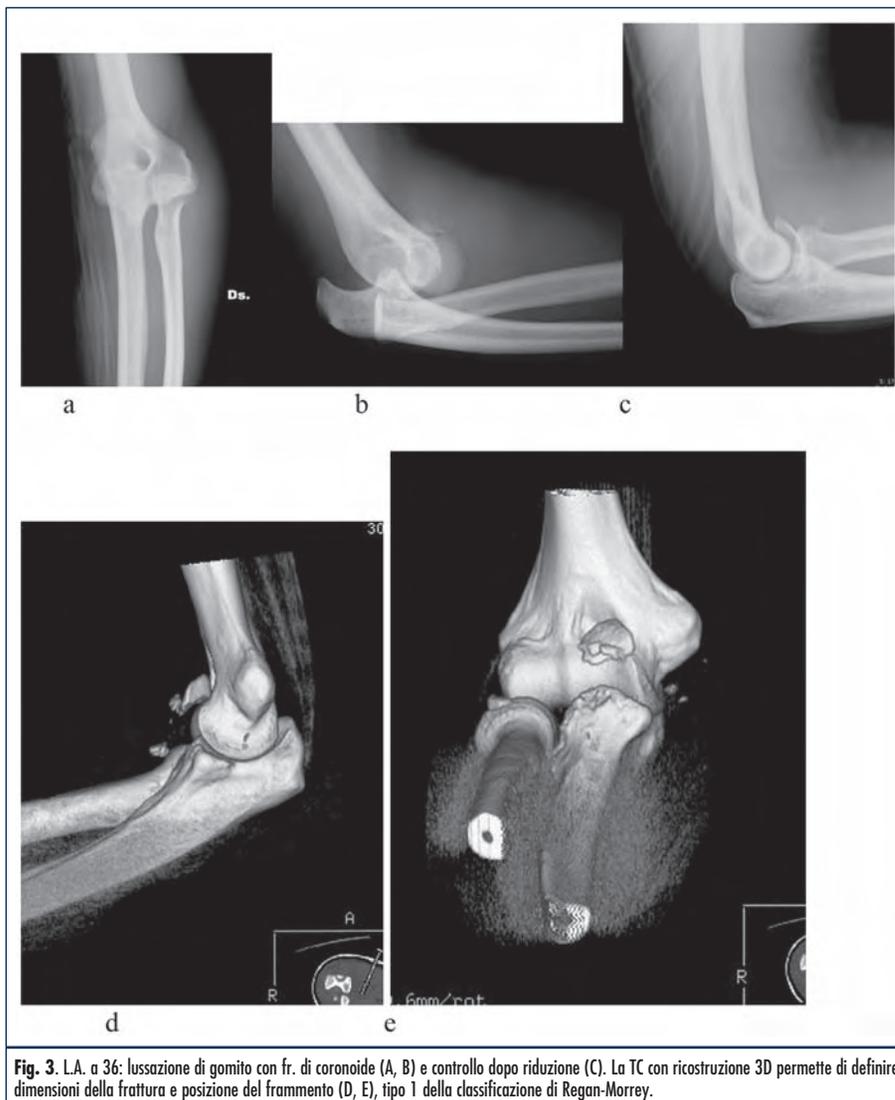


Fig. 3. L.A. a 36: lussazione di gomito con fr. di coronoide (A, B) e controllo dopo riduzione (C). La TC con ricostruzione 3D permette di definire dimensioni della frattura e posizione del frammento (D, E), tipo 1 della classificazione di Regan-Morrey.

definire lesioni di tessuti molli come legamenti (coll. Mediale) o nervi (es. n. mediano incarcerato in articolazione) o tendini (tricipite o bicipite).

È importante ricordare che alcune fratture più di altre si accompagnano a complicanze specifiche nervose o legamentose, che devono quindi essere attentamente ricercate, ad esempio nelle fratture di epitroclea deve essere esclusa la lesione n. ulnare o una instabilità mediale, o nelle fr. sovracondiloidee devono essere valutati attentamente i nervi mediano, ulnare radiale e arteria omerale mentre una lesione n. interosseo posteriore è tipica delle Monteggia

Nelle fratture del capitello radiale di 3° e 4° tipo, deve essere esclusa una frattura della coronoide associata o una lesione distale da lesione della membrana interossea, e nelle fratture di olecrano una lesione dell'apparato estensore (tricipite), soprattutto se da trauma diretto.

Valutata e classificata la frattura nell'adulto l'indicazione al trattamento incruento (con semplice immobilizzazione in gesso) o cruento (con osteosintesi esterna o interna preceduta o meno da trazione, o trattamento protesico o resezione dei frammenti) dipen-

de da altri fattori legati al paziente (età, condizioni generali, esigenze funzionali) e alle capacità e conoscenze dell'ortopedico curante.

L'obiettivo deve essere quello di una riduzione anatomica stabile per una mobilizzazione precoce, facilitata dalle moderne conoscenze sulla biomeccanica del gomito e dalla disponibilità di strumentazioni sempre più dedicate e modellate per i vari tipi di frattura, con materiali maggiormente biocompatibili.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Muller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. *Comprehensive classification of fractures of long bones*. Berlin: Springer Verlag, 1990.
- ² Jupiter JB. *Trauma to the adult elbow*. In: Browner B, Levine A, Trafton P, eds. *Skeletal trauma*. Vol. 2. Philadelphia: W.B. Saunders, 1991.
- ³ Mehne DK, Jupiter JB. *Fractures of the distal humerus*. In: Browner B, Levine A, Trafton P, eds. *Skeletal trauma*. Vol. 2. Philadelphia: W.B. Saunders, 1991.
- ⁴ Mehne DK, Matta J. *Bicolumn fractures of the adult humerus*. 53rd Annual Meeting of the AAOS. New Orleans, 1986.
- ⁵ Morrey BF. *Le patologie del gomito. Diagnosi e trattamento*. Roma: Verduci 2002.
- ⁶ Gui L. *Fratture e lussazioni*. Vol. 3. *Arto Superiore*. Bologna: Aulo Gaggi, 1977;235-7.
- ⁷ Milch H. *Fracture of the external humeral condyle*. JAMA 1956;160:641.
- ⁸ Steinthal D. *Die isolierte fraktur der eminentia capetala in ellenbogengelenk*. Zentralbl Chir 1898;15:17.
- ⁹ Mason MB. *Some observations on fractures of the head of the radius with a review of one hundred cases*. Br J Surg 1954;42:123.
- ¹⁰ Essex-Lopresti P. *Fractures of the radial head with distal radio-hulnar dislocation*. J Bone Joint Surg 1951;33B:244.
- ¹¹ Morrey BF. *Current concepts in the treatment of fractures of the radial head, the olecranon, and the coronoid*. J Bone Joint Surg 1995;77A:316-27.
- ¹² Regan W, Morrey BF. *Fractures of the coronoid process of the ulna*. J Bone Joint Surg 1989;71A:1348.

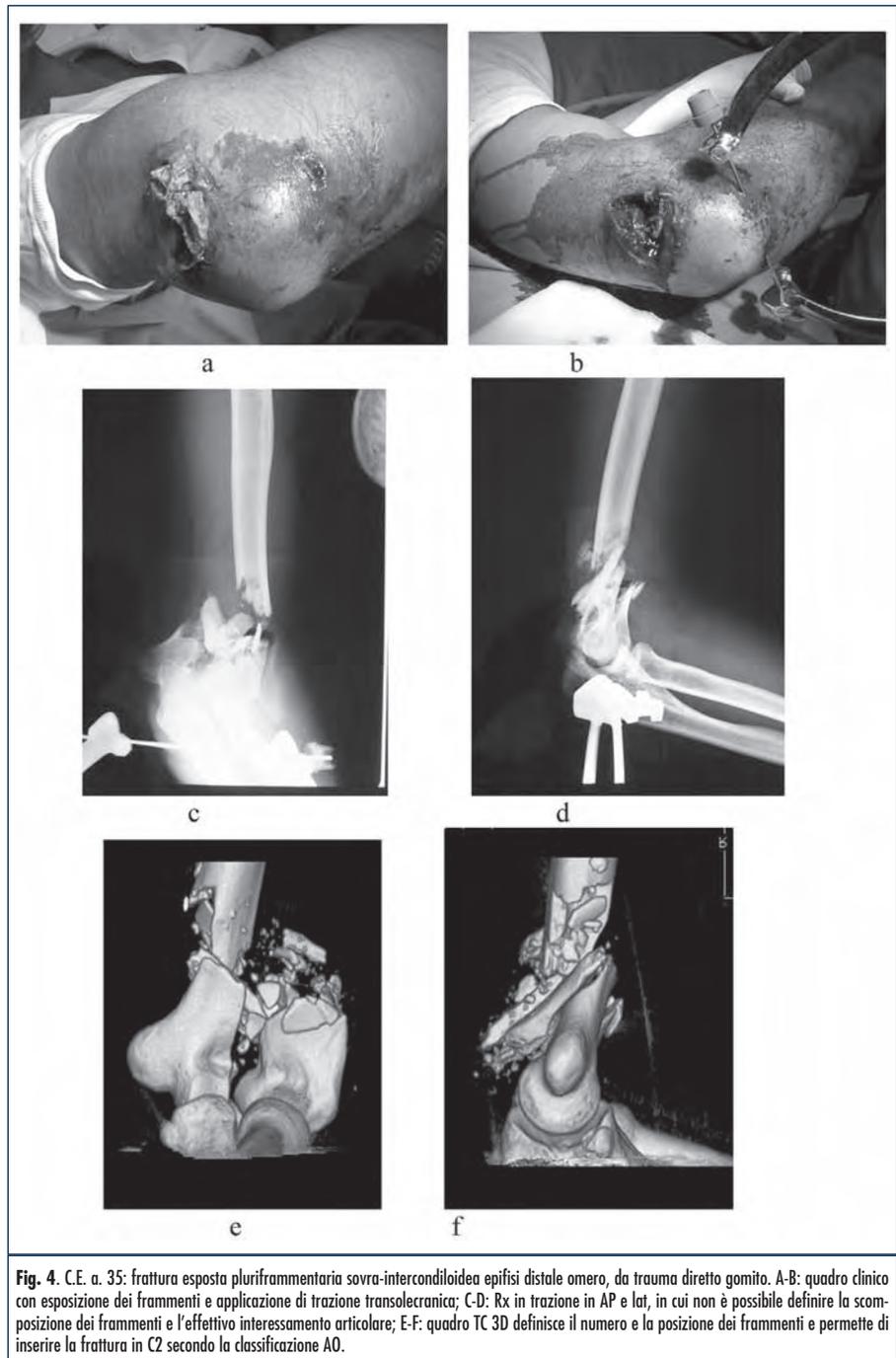


Fig. 4. a. 35: frattura esposta pluriframmentaria sovra-intercondiloidea epifisi distale omero, da trauma diretto gomito. A-B: quadro clinico con esposizione dei frammenti e applicazione di trazione transolecranica; C-D: Rx in trazione in AP e lat, in cui non è possibile definire la scomposizione dei frammenti e l'effettivo interessamento articolare; E-F: quadro TC 3D definisce il numero e la posizione dei frammenti e permette di inserire la frattura in C2 secondo la classificazione AO.

Il trattamento ed i risultati delle fratture di gomito

The treatments and results of the elbow fractures

A. Celli, M.T. Donini, A. Canali

RIASSUNTO

Le fratture del gomito sono lesioni di frequente osservazione. Il danno scheletrico spesso si associa al danno delle strutture legamentose articolari e della membrana interossea (fratture complesse).

Il trattamento in modo prioritario deve essere finalizzato a recuperare l'anatomia osteoarticolare conservando la reciprocità assiale tra i capi articolari e recuperando la stabilità legamentosa.

La motilità precoce post-chirurgica riduce il rischio delle complicanze migliorando il recupero funzionale.

Scopo del presente capitolo e quello di definire i principi del trattamento delle fratture del gomito ponendo particolare attenzione alla correlazione del danno scheletrico con quello legamentoso.

Parole chiave: fratture di gomito, olecrano, epifisi distale dell'omero, capitello radiale, placche, ricostruzione legamentosa

SUMMARY

The elbow fractures have high incidence rate and often is associated to the ligamentous injuries (complex fractures). The aims of the treatment of the elbow fractures are to obtain anatomic reconstruction and restoration of the elbow's geometry followed by stable internal fixation that allows immediate rehabilitation.

In the present manuscript we analyzed the surgical choices and their results for the treatment of the elbow fractures reporting our experience using the pre-contoured plates for the distal humerus and olecranon fractures.

Key Words: Elbow fractures, olecranon, distal humerus fractures, radial head, pre-contoured plates, ligaments reconstructions

LE FRATTURE DEL GOMITO

A valutazione strumentale

L'esame radiografico con le proiezioni A/P e L/L costituisce il primo esame strumentale nella valutazione di questa complessa articolazione.

Indirizzo per la corrispondenza:

Dott. Andrea Celli, Clinica Ortopedica e Traumatologica – Policlinico di Modena – Largo del Pozzo, 71 - 41100 Modena. Tel. +390594224309. Fax +390594224313; e-Mail celli.andrea1970@libero.it

Un importante ausilio nello studio delle fratture del gomito, specialmente in quelle caratterizzate da comminazione dei frammenti articolari, è lo studio TC con la ricostruzione tridimensionale (Fig. 1 a-b).

Le valutazioni dinamiche sotto controllo fluoroscopico permettono di identificare la presenza d'instabilità legamentosa e di quantificarne il grado, la valutazione RMN permette lo studio del complesso legamentoso mediale e laterale.

LE FRATTURE DELL'OMERO DISTALE

Sono fratture complesse (circa 2% di tutte le fratture)^{1,2} al fine di poter eseguire il corretto trattamento è importante definire il tipo di frattura e l'eventuale danno legamentoso associato.

Le fratture dell'estremo distale dell'omero possono essere classificate in due principali gruppi, le sovracondiloidee e le intercondiloidee queste ultime spesso si presentano associate ad una pluriframmentarietà della superficie articolare trocleare.

La classificazione più usata è quella del gruppo AO, che prevede la suddivisione in tre classi A, B, C, all'interno delle quali si ha una divisione in ulteriori tre sottogruppi^{1,2}.

Nel gruppo A sono incluse le fratture extra-articolari ossia le fratture dell'epicondilo omerale, dell'epitroclea e tutte le fratture sovracondiloidee; nel gruppo B rientrano le fratture con interessamento articolare parziale e nel gruppo C le fratture articolari complesse. Il trattamento di queste fratture è differente a seconda del tipo e dell'età del paziente, le fratture sovracondiloidee sono infatti relativamente frequenti nell'infanzia e sono ridotte incruentamente con sintesi percutanea a minima, questa indicazione è estesa anche alle fratture scomposte epicondiloidee o epitrocleari.

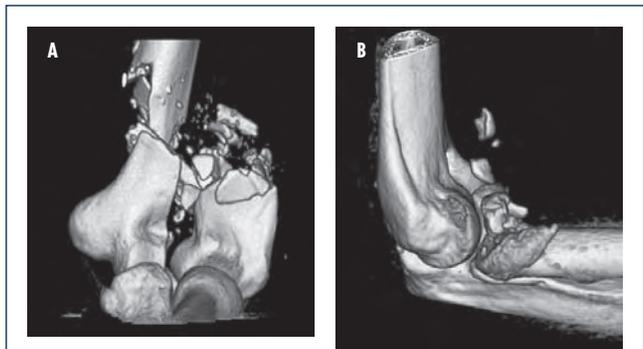


Fig 1 a-b. Ricostruzione TC 3D: frattura C3 epifisi distale dell'omero, frattura del capitello radiale.

Le fratture del gruppo A nel adulto (A2, A3) necessitano di riduzione a cielo aperto con recupero dell'anatomia scheletrica e stabilizzazione con placca, utile se presagomata, in quanto aiuta a recuperare una corretta anatomia in termini di assi ed angoli dell'estremo distale dell'omero.

Le fratture tipo B e C sono fratture articolari per cui la superficie trocleare e del capitulum humeri devono sempre essere ridotte in maniera anatomica.

Nel gruppo B si trovano le fratture che interessano solo parzialmente la superficie articolare, ossia coinvolgono una delle due colonne o la troclea stessa, mentre nel gruppo C la frattura coinvolge entrambe le colonne e/o la troclea con diversi gradi di comminuzione (Fig. 2).

L'uso della trazione transolecranicca può essere giustificato in urgenza come mezzo per riallineare i frammenti in modo provvisorio e risolvere l'edema locale mediante la posizione declive.

L'impianto di due placche poste o sulle due colonne lateralmente (Fig. 3 a-b) o in maniera ortogonale (posteriore e laterale) permette di ottenere una solida sintesi in grado di scaricare sulla diafisi le forze che si realizzano sull'epifisi durante il movimento.

Le viti a livello epifisario creano un sostegno della superficie articolare (Fig. 3 a-b) trasmettendo le forze di compressione sulle placche, in tal modo si riduce il rischio di scomposizione secondaria dei frammenti epifisari^{3,4}.

L'osteosintesi stabile permette di ottenere ottimi risultati solo se associata ad una riduzione anatomica della troclea tale da permettere il recupero della corretta congruenza articolare con l'olecrano, condizione indispensabile al precoce recupero del movimento.

Nella traumatologia dell'estremo distale dell'omero l'utilizzo dell'artroprotesi è di recente introduzione ed è da preferire in casi di particolare comminuzione articolare con un cattivo bone stock ed in pazienti oltre i 70 anni di età.

La presenza di una pre-esistente patologia degenerativa quale l'artrite reumatoide, un'osteoartrite primaria o secondaria ad un precedente trauma, o a prolungate terapie cortisoniche, riducono il bone stock dell'osso epifisario diminuendo la qualità dell'osteosintesi in questi casi migliori risultati si ottengono con la sostituzione protesica.

Sia l'osteosintesi con placca che l'artroprotesi devono permettere una precoce mobilizzazione riducendo il rischio di rigidità e di

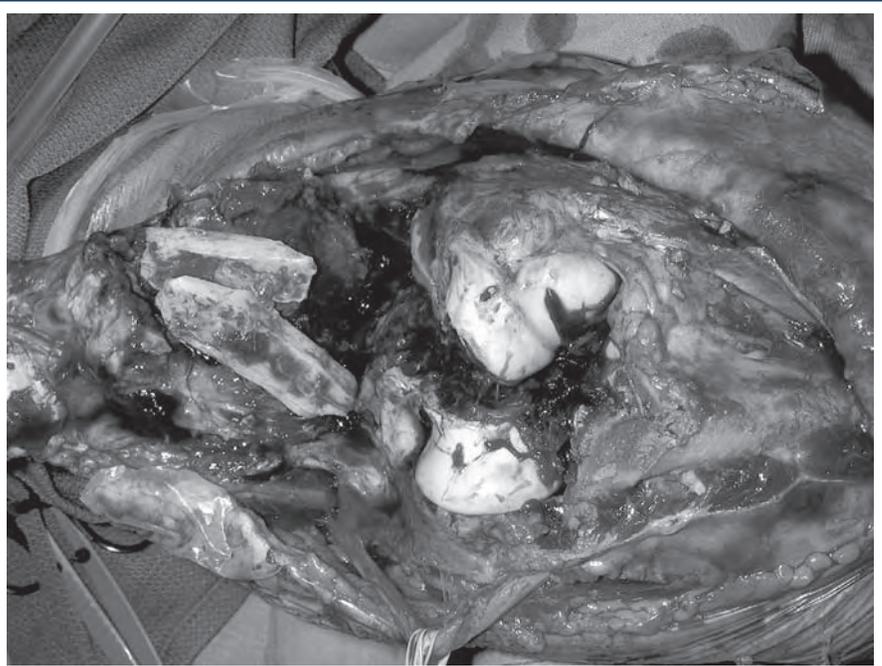


Fig. 2. Frattura tipo C3 della paletta omerale, esposizione chirurgica.

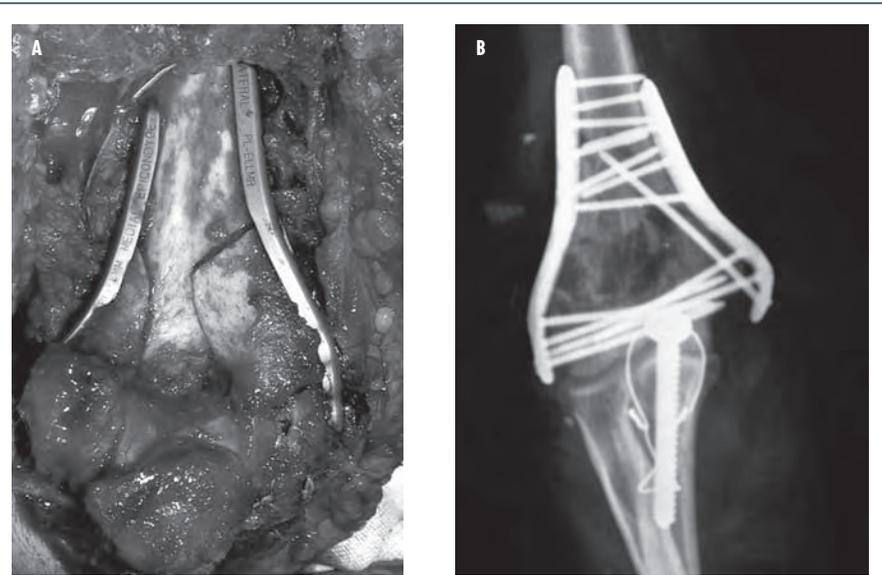


Fig. 3 a-b. Stabilizzazione con 2 placche parallele ricostituendo la congruità articolare della omero-olecranicca.

pseudoartrosi, l'immobilizzazione prolungata deve essere evitata poiché strettamente correlata al rischio della rigidità articolare.

Dal 2003 al 2006 presso la Nostra Clinica è stato utilizzato per il trattamento delle fratture di gomito il metodo "The Mayo elbow congruent plates" in 71 pazienti di cui 26 per fratture della paletta omerale, 37 per fratture dell'olecrano e 8 per fratture del capitolo radiale.

Le fratture dell'estremo distale dell'omero, classificate secondo la classificazione A.O. tipo C2 e C3, sono state trattate in 26 casi

con l'utilizzo di due placche poste parallelamente a livello della colonna mediale e laterale.

Dei 26 casi trattati sono stati eseguiti 18 controlli con un follow-up minimo di almeno 12 mesi con una media di 23.1 mesi (12 a 34 mesi).

Per la valutazione funzionale è stato utilizzato lo schema di valutazione del gomito basato sul Mayo Elbow Performance Score⁵, (MEPS) completandolo con informazioni riguardanti le capacità funzionali del paziente nello svolgimento delle attività lavorative manuali e della normale vita di relazione.

I risultati ottenuti sulla base del punteggio del MEPS calcolato per ognuno dei 18 pazienti controllati hanno riportato risultati eccellenti e buoni in 16 pazienti (88% di successi) e due risultati insoddisfacenti (12%).

Il dolore in 11 casi (61%) è stato assente; in 6 (33%) lieve e nel restante 1 caso (6%) è stato severo.

Il recupero del movimento attivo come valore medio è stato in flessione-estensione 19,4°-125°; in prono-supinazione 71,2°-71,4°.

Considerando che l'arco essenziale di movimento richiesto per le attività quotidiane definito da Morrey⁶ in flessione-estensione è 30°-130° ed in prono-supinazione 50°-50° abbiamo ottenuto il recupero dell'arco funzionale in 13 casi (72% dei pazienti).

La stabilità era presente in tutti i 18 pazienti controllati (100%).

Il recupero delle funzioni quotidiane (pettinarsi, vestirsi, eseguire l'igiene personale, mettere le scarpe, alimentarsi) ha avuto un punteggio medio di 89,72 secondo il MEPS.

Nessun paziente ha riportato la sofferenza del nervo ulnare nel post-operatorio.

I pazienti soddisfatti sono stati 17, tale risultato è stato determinato dalla capacità del paziente di riprendere a svolgere liberamente le normali funzioni quotidiane.

Un solo paziente, peraltro un infortunio sul lavoro, è stato insoddisfatto del risultato ottenuto in quanto lamentava dolore e parziale incapacità nello svolgere le comuni attività quotidiane, ma soprattutto l'impossibilità a svolgere il suo lavoro manuale pesante.

Ai controlli radiografici post-operatori: nessun paziente ha mostrato una mobilizzazione dell'osteosintesi ottenuta in sala operatoria.

La guarigione della frattura è avvenuta in tutti i pazienti.

La presenza di ossificazioni eterotopiche, come complicanza, si è evidenziata nel unico paziente che rappresenta l'insuccesso nella nostra casistica.

L'osteotomia dell'olecrano è stata utilizzata in 10 pazienti, al termine dell'intervento in 5 la sintesi è stata eseguita con placca premodellata, ed in 5 con fili di Kirschener e cerchiaggio metallico.

Tutte e due le metodiche hanno portato a guarigione il focolaio di osteotomia, senza differenze nei tempi di guarigione della stessa.

Il TRAP è stato utilizzato in 8 pazienti con fratture non particolarmente comminute della superficie articolare, al controllo tutti i pazienti hanno recuperato la capacità di estendere il gomito contro gravità.

I dati analizzati in letteratura riportano risultati diversi a seconda del tipo di trattamento utilizzato:

Waddel⁶ nel suo studio ha analizzato 48 pz con fratture sopra e intercondiloidee trattati con placche laterali premodellate ottenendo 88,8% di risultati soddisfacenti e 45,4% di risultati soddisfacenti utilizzando le 2 placche ortogonali secondo le raccomandazioni dell'A.O.

Helfet⁷, Holdsworth⁸, Juppiter⁹, Papaioannou¹⁰, Wang¹¹ osservano risultati soddisfacenti nel 75% delle fratture intercondiloidee sintetizzate secondo le raccomandazioni dell'A.O. e Sanders¹² ottiene un risultato soddisfacente nel 92% dei casi.

Letsch¹³ ottiene 83% di risultati soddisfacenti nelle fratture tipo C con la stessa configurazione perpendicolare delle placche. Kundel¹⁴ osserva il 52% di risultati soddisfacenti analizzando 77 fratture di tipo B e C trattate in 58 casi con la raccomandazione dell'A.O. e 15% con la placca posteriore disposte a Y.

L'evoluzione delle tecniche utilizzate per il trattamento delle fratture dell'epifisi distale dell'omero (C2-C3) ed i risultati da noi ottenuti e la revisione della letteratura ci consentono di affermando che l'utilizzo dei nuovi sistemi di osteosintesi con placche presagomate possono essere considerate, alla stato attuale, delle nostre conoscenze il "gold standard" nel trattamento delle fratture articolari dell'estremo distale dell'omero.

LE FRATTURE DELL'OLECRANO

La classificazione più utilizzata è quella proposta da Morrey in cui si distinguono le fratture in Tipo I fratture composte; Tipo II fratture scomposte stabili; Tipo III fratture scomposte instabili, sono poi ulteriormente suddivise in base al grado di comminuzione¹.

Questa classificazione risulta essere particolarmente utile in quanto presenta una stretta correlazione con la scelta del trattamento.

Le fratture dell'olecrano composte sono a rischio di scomposizione secondaria nel caso in cui si proceda ad un trattamento incruento, poiché anche in gesso possono andare incontro ad una scomposizione secondaria per la forza distraente del tendine tricipitale (Fig. 4).

Le fratture scomposte vanno trattate chirurgicamente, varie sono le metodiche tuttavia la stabilizzazione con vite e cerchiaggio metallico o fili di k e cerchiaggio metallico permettono di ottenere buoni risultati con buona resistenza alle sollecitazioni, mentre sono da evitare i singoli cerchiaggi metallici o le sole viti da spongiosa.

Le placche, ed in particolare le placche presagomate di basso profilo, sono da preferire in caso di comminuzione in quanto possono estendersi distalmente permettendo di recuperare l'asse ulnare con un'ottima stabilità interframmentaria (Fig. 5).



Fig. 4. Frattura tipo 3 comminuta ed instabile dell'olecrano. Immagine radiografica.



Fig. 5. Riduzione e sintesi con placca premodellata dell'olecrano con recupero della morfologia articolare.

Le fratture della coronide devono essere considerate come indice di una possibile lesione associata di tipo legamentoso e sono state classificate da Morrey¹ in tre tipi:

- Tipo I frattura dell'apice;
- Tipo II frattura minore del 50% della superficie;
- Tipo III frattura maggiore al 50% della superficie.

Altro aspetto importante da studiare nella coronide è la presenza di una frattura del labbro mediale spesso non riconosciuta nello studio radiografico ma che necessita di una valutazione TC per essere ben messa in evidenza (Fig. 6).

In questi casi la sintesi dei frammenti è spesso difficile per la loro comminazione, l'osteosintesi (Fig. 7) può essere eseguita in base alle dimensioni del frammento utilizzando viti, placche di sostegno o mediante punti transossei con filo non riassorbibile.



Fig. 6. Immagine TC tridimensionale della frattura del labbro mediale della coronide.

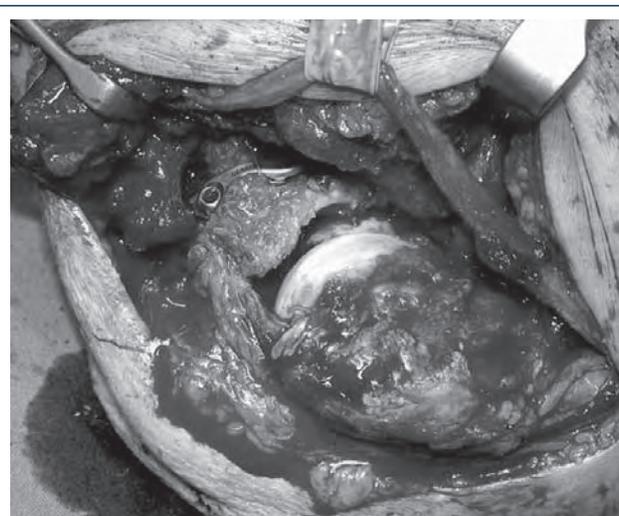


Fig. 7. Riduzione della coronide e stabilizzazione con placca premodellata, dopo aver isolato il nervo ulnare.

L'utilizzo del distrattore articolare permette di proteggere la ricostruzione osteo-legamentosa riducendo le sollecitazioni sulla coronide riparata.

Dal marzo 2003 all'Aprile 2006 presso la Nostra Clinica è stato utilizzato per il trattamento delle fratture dell'olecrano il metodo "The Mayo elbow congruent plates" in 37 pazienti.

L'osteosintesi è stata eseguita per fratture Tipo II e Tipo III della classificazione Mayo¹, di questi ne abbiamo controllati 24 per avere un follow-up minimo almeno di 12 mesi con una media di 25 mesi (12 a 38 mesi).

I risultati ottenuti sulla base del punteggio del MEPS, calcolato per ognuno dei 24 pazienti controllati, hanno riportato risultati eccellenti e buoni in 23 pazienti (96% di successi) ed un risultato insoddisfacenti (4%).

Il dolore in 20 casi (83%) è stato assente; in 4 (17%) lieve ed in nessun caso è stato severo.

Il recupero del movimento attivo come valore medio è stato in flessione-estensione 31,12° - 131,4°; in pronosupinazione 63,9°-70,2°.

Considerando che l'arco essenziale di movimento richiesto per le attività quotidiane definito da Morrey in flessione-estensione è 30°-130° ed in pronosupinazione 50°-50° abbiamo ottenuto il recupero dell'arco funzionale in 24 casi (100% dei pazienti).

La stabilità era presente in tutti i 24 pazienti controllati (100%) le valutazioni sono state eseguite in tutti i pazienti utilizzando il fluoro-scan.

I pazienti soddisfatti sono stati 23, la capacità di svolgere liberamente le normali funzioni quotidiane ha avuto peso nella soddisfazione o meno del paziente riguardo al risultato ottenuto.

Un solo paziente, è stato insoddisfatto del risultato per la sofferenza cutanea.

Ai controlli radiografici post-operatori: nessun paziente ha mostrato una mobilizzazione dell'osteosintesi.

La guarigione della frattura è avvenuta in tutti i pazienti, la presenza di sofferenza cutanea si è evidenziata oltre che nel paziente che rappresenta l'insuccesso nella nostra casistica anche in altri 2 casi.

I dati analizzati in letteratura riportano risultati diversi a seconda del tipo di trattamento utilizzato:

Wolfgang et al.¹⁵ in una revisione casistica di 45 pazienti con frattura scomposta dell'olecrano trattate con tecnica di cerchiaggio dinamico ha ottenuto nel 97% dei casi un buon risultato. Hume¹⁶ ha eseguito uno studio clinico di comparazione tra il cerchiaggio dinamico e il trattamento con placca e viti. In tale revisione ha evidenziato che nei pazienti trattati con cerchiaggio dinamico, il successo clinico è stato ottenuto nel 37% e radiografico nel 47% mentre i risultati ottenuti con la placca mostrano un successo clinico nel 63% e radiologico nel 86%.

Dalla nostra esperienza e dalla letteratura si può affermare che non esiste una significativa differenza tra utilizzo di viti da spongiosa o fili di k associati a cerchiaggio metallico, l'osteosintesi mediante placche presagomate sono da consigliare nelle fratture a particolare comminuzione o in quelle che si estendono distalmente, possono essere anche di notevole aiuto a recuperare l'asse ed angolo ulnare, nelle fratture lussazioni di Monteggia.

FRATTURE DEL CAPITELLO RADIALE

Classicamente le fratture del capitello radiale vengono suddivise in base alla classificazione di Mason dove si riconoscono tre tipi più un quarto inserito da Johnson¹:

- Tipo I: frattura composta del capitello o collo del radio;
- Tipo II: frattura scomposta maggiore a 2 mm o frattura angolata del collo minore a 30°;
- Tipo III: frattura comminuta o frattura angolata sopra i 30° del collo radiale;
- Tipo IV: fratture lussazioni.

Le fratture tipo I sono lesioni benigne e vengono trattate con un tutore che consenta sin dalle prime settimane una mobilizzazione graduale e controllata del movimento.

Le fratture tipo II sono le fratture che meglio devono essere indagate, poiché se la scomposizione è minima e il frammento è minore al 30% guariscono bene con il trattamento conservativo, se al contrario vi è scomposizione di un grosso frammento (almeno 30%) allora si deve optare per il trattamento cruento. A nostro avviso quando è possibile si deve eseguire la sintesi del frammento e solo in casi particolari si deve ricorrere alla escissione di questo o alla resezione del capitello¹⁻¹⁷.

La sintesi del capitello la si può eseguire a cielo aperto mediante la via di Kocher tra anconeo ed estensore ulnare del carpo, isolato il complesso legamentoso laterale lo si incide rispettando la banda posteriore, esponendo la frattura (Fig. 8).

Dopo averla ridotta si esegue l'osteosintesi mediante viti per piccoli frammenti del 2 o 2,7 mm che vengono inserite nella zona definita "safe zone" che corrisponde all'arco del capitello radiale che non si articola con la piccola cavità sigmoide.

L'utilizzo della placca nell'osteosintesi del capitello radiale è da preferire in quelle fratture che si estendono distalmente verso la diafisi o in caso di fratture del collo radiale (Fig. 9).

In entrambi i metodi di osteosintesi, particolare attenzione deve essere posta nel divaricare il supinatore, per evitare danni al nervo interosseo posteriore.



Fig. 8. Esposizione chirurgica del capitello radiale rispettando la banda posteriore del LCL.



Fig. 9. Sintesi con placca premodellata del capitello radiale, posizionata nella safe zone.

L'osteosintesi mediante la metodica artroscopica può essere utilizzata nei casi di piccoli frammenti con minima scomposizione.

Le fratture di tipo III sono fratture comminute non associate ad altre lesioni. Sono difficilmente riducibili e la sintesi è spesso impossibile per la pluriframmentarietà. In questi casi la principale indicazione terapeutica è quella della resezione, valutando mediante fluoroscopia la stabilità residua sia del gomito che dell'avambraccio e del polso, per identificare una eventuale lesione di Essex-Lopresti (instabilità longitudinale dell'avambraccio con sublussazione della radio ulnare distale).

Le fratture di tipo IV in cui la frattura del capitello radiale è associata a lussazione della omero-ulnare spesso presentano problemi nella scelta del trattamento in quanto al danno scheletrico si associa quello legamentoso.

Dopo la riduzione della lussazione la scelta del trattamento del capitello radiale dipende dal tipo di frattura. Deve essere sempre

evitata la resezione poiché in queste condizioni si destabilizza ulteriormente l'articolazione omero-ulnare, mentre l'osteosintesi del capitello con ricostruzione della colonna radiale deve essere tentata. In caso di irreparabilità del capitello radiale l'impianto della protesi trova la principale indicazione seguita dalla ricostruzione del legamento collaterale laterale e del legamento anulare.

Qualora la frattura del capitello radiale si associa a quella della coronoide deve essere associato anche il tempo chirurgico di riduzione ed osteosintesi del processo coronoideo, utilizzando un distrattore articolare per ridurre le sollecitazioni nel post-operatorio sia sulla coronoide che sui legamenti riparati.

La scelta del corretto trattamento delle fratture del capitello radiale deve tener presente del tipo di frattura e della stabilità legamentosa residua.

La riduzione anatomica della frattura e la sintesi stabile (microviti a scomparsa, fili di k, placca e viti) e la ricostruzione legamentosa consentono di raggiungere questo scopo.

La resezione del capitello può essere consigliata solo in casi di conservata stabilità legamentosa (è necessario valutarla non solo clinicamente ma anche con l'ausilio del fluoroscopio durante il trattamento chirurgico).

Negli altri casi la sostituzione protesica permette di recuperare l'importante funzione del radio nel garantire la stabilità del gomito.

Radin¹⁸ nel 1966 osservava che la riduzione e sintesi a cielo aperto "si fosse dimostrata di successo nelle mani di nessuno". Questi scarsi risultati¹⁷ erano dovuti probabilmente a tecniche chirurgiche e mezzi di sintesi allora presenti. Le attuali possibilità di sintesi di questo tipo di fratture vertono su numerose possibili metodiche. King et al.¹⁷ hanno trattato le fratture di capitello radiale a cielo aperto ottenendo il 100% di successi per le fratture Mason tipo II e solamente il 33% di risultati positivi in quelle di tipo III.

Ikeda¹⁹ in uno studio comparativo tra trattamento con fissazione interna (viti di Herbert e miniplacche a basso profilo) e resezione del capitello nelle fratture tipo Mason III ha evidenziato un risultato positivo nel 90% dei casi analizzati

Le principali complicanze riportate in letteratura^{17 18 19} possono essere suddivise in precoci come la mobilizzazione dei mezzi di sintesi per una non stabile sintesi o tardive come la pseudoartrosi dei frammenti o la rigidità articolare.

L'indicazione all'eventuale resezione del capitello radiale o all'impianto di una protesi deve essere ben valutata non tenendo conto solo del tipo di frattura ma anche della stabilità residua del gomito sia sul piano frontale che longitudinale.

In conclusione l'evoluzione delle tecniche utilizzate per il trattamento delle fratture di gomito ed i risultati ottenuti consentono di concludere affermando che l'utilizzo dei nuovi sistemi di osteosin-

tesi sono di notevole aiuto al chirurgo ma senza un recupero anatomico della frattura ed una corretta valutazione dello stato legamentoso non è possibile sperare in un buon recupero funzionale.

I tre concetti importanti da considerare nel trattamento delle fratture di gomito che condizionano il risultato sono:

- riduzione anatomica della frattura;
- osteosintesi stabile;
- precoce recupero del movimento.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Morrey BF. *Le patologie del gomito*. Roma: Verduci ed., 2002.
- ² Ruedi TP, Murphy WM. *Principi AO per il trattamento delle fratture*. Roma: CIC ed. Internazionali, 2001.
- ³ Schemitsch EH, Tencer AF, Henley MB. *Biomechanical evaluation of methods of internal fixation of the distal humerus*. J Orthop Trauma 1994;8:468-75.
- ⁴ Self J, Viegas SF, Buford WL. *A comparison of double-plate fixation methods for complex distal humerus fractures*. J Shoulder Elbow 1995;4:11-16.
- ⁵ Morrey BF, An KN. *Functional evaluation of the elbow*. In: Morrey BF (ed.). *The elbow and its disorder*. Philadelphia: WB Saunders Company, 1993.
- ⁶ Waddell JP. *Supracondyloid fractures of the omerus - results of surgical treatment*. J Orthop Trauma 1988;28:1615-21.
- ⁷ Helfet DL. *Bicondylar intracondylar fractures of the distal humerus in adults*. Clin Orthop Relat Res 1993;292:26-36.
- ⁸ Holdsworth BJ, Mossad MM. *Fractures of the adult distal humerus. Elbow function after internal fixation*. J Bone Joint Surg 1990;72B:362-5.
- ⁹ Jupiter JB. *Intercondylar fractures of the humerus*. J Bone Joint Surg 1985;67B:226-39.
- ¹⁰ Papaioannou N, Babis GC, Kalavritinos J, Pantazopoulos T. *Operative Treatment of type C intra-articular fractures of the distal humerus*. Injury 1995;26:169-73.
- ¹¹ Wang KC. *Intercondylar fractures of the distal humerus*. J Trauma 1994;36:770-3.
- ¹² Sanders RA. *Open reduction and internal fixation of delayed union and nonunion of distal humerus*. J Orthop Trauma 1990;4:254.
- ¹³ Letsch R. *Intraarticular fractures of the distal humerus*. Clin Orthop Relat Res 1989;241:238-44.
- ¹⁴ Kundel K. *Intraarticular distal humerus fractures*. Clin Orthop Relat Res 1996;332:200-8.
- ¹⁵ Wolfgang G. *Surgical treatment of displaced olecranon fractures by tension band wiring technique*. Clin Orthop 1987;224:192.
- ¹⁶ Hume MC. *Olecranon fractures. A clinical and radiographic comparison of tension band wiring and plate fixation*. Clin Orthop Relat Res 1992;285:229-35.
- ¹⁷ King GJ, Evans DC, Kellam JF. *Open reduction and internal fixation of the radial head fractures*. J Orthop Trauma 1991;5:21-8.
- ¹⁸ Radin EL. *Fractures of the radial head*. J Bone Joint Surg 1966;48:1055.
- ¹⁹ Ikeda MY, Sugiyama K, Kang C, Takagaki T, Oka Y. *Comminuted fractures of the radial head: comparison of resection and internal fixation*. J Bone Joint Surg 2005;87A:76-84.

Attualità nel trattamento delle fratture articolari del radio distale

Current concepts in the treatment of intrarticular distal radius fractures

R. Adani, L. Tarallo, F. Stacca

RIASSUNTO

Negli ultimi 20 anni si è assistito ad un'evoluzione dei mezzi di sintesi destinati alle fratture di polso. Le placche attuali sono caratterizzate da un'alta biocompatibilità, hanno un basso profilo ed hanno diminuito considerevolmente le problematiche d'irritazione a carico dei tendini. Una delle novità più significative è stata l'introduzione delle placche con le viti a stabilità angolare. Questo nuovo sistema evita la possibile perdita di tenuta della vite e soprattutto consente di controllare, grazie alla presa delle viti o dei *pegs* nell'osso subcondrale, accorciamenti e scomposizioni particolarmente frequenti nell'osso osteoporotico. La placca pertanto funziona come un fissatore interno. Lo scopo del trattamento deve essere una ricostruzione anatomica al fine di consentire una mobilizzazione precoce ottimizzando il risultato finale. Le placche dorsali attuali sono state disegnate al fine di raggiungere questo scopo, tuttavia alcune problematiche legate ai tessuti molli continuano ad essere presenti. Queste complicanze possono in parte essere ridotte con una diffusione sempre maggiore delle placche volari nel trattamento delle fratture del radio distale.

Parole chiave: fratture distali del radio, intrarticolari, placche a stabilità angolare, supporto subcondrale

SUMMARY

In the past twenty years there has been an evolution in implant design for fracture fixation in the wrist. Implants now are made of highly biocompatible materials, have a low profile and provide considerably reduces rates of tendons irritation. One of the most important development of the distal radius internal fixation technology has been the introduction of fixed-angle screws. This avoids screw loosening in the distal fragment and moreover subchondral placement of screws or pegs can control shortening and angular displacement especially in osteoporotic bone. The plate is now functioning as an internal fixator. The aim of treatment should be restoration of anatomy to allow early motion and optimize outcome. Dorsal plate design have helped to achieve this goal but some problems about soft tissue irritation are still present. It appears that volar fixation of fractures of the distal radius may reduce a number of these problems.

Key words: distal radius fracture, intrarticular, fixed-angle plate, subcondral support

Clinica Ortopedica, Dipartimento Emergenza Urgenza, Università di Modena e Reggio Emilia

Le fratture dell'epifisi distale del radio sono le più frequenti a livello dell'arto superiore, rappresentando il 17% delle fratture trattate in pronto soccorso e circa 1/6 di tutte le fratture trattate in sala operatoria¹, di queste il 60% interessano la superficie articolare². I principi fondamentali per il trattamento delle fratture scomposte del radio distale prevedono una riduzione anatomica della superficie articolare, una sintesi stabile della frattura, un minimo trauma chirurgico e una mobilizzazione precoce del polso. I parametri dell'instabilità radiografica³ sono determinati dalla marcata comminazione metafisaria, da un accorciamento del radio maggiore di 5 mm, dalla dislocazione di oltre i 2/3 del frammento distale rispetto alla diafisi radiale, da una angolazione dorsale (o palmare) > 20°, dalla presenza di una frattura articolare, da un evidente quadro di osteoporosi e dall'eventuale associazione con una frattura di ulna. Ognuno di questi fattori può rappresentare un'indicazione al trattamento chirurgico. Accanto a questi concetti restano di fondamentale importanza^{4,5} la misurazione dell'altezza del radio (solitamente intorno a 11 mm), il tilt volare o *palmar tilt* (valutabile sugli 11°) e infine l'inclinazione radiale o *radial tilt* (il cui valore normale è circa 22°). Questi parametri di normalità del radio distale seguono la così detta regola del "numero 11". La corretta valutazione del quadro radiografico, è pertanto uno strumento fondamentale per il chirurgo sia per lo studio e la classificazione della frattura di polso che per la valutazione del risultato intraoperatorio; l'errore nella valutazione radiografica porta il chirurgo a giudicare accettabile la riduzione della frattura che invece mostra un significativo grado di scomposizione dei frammenti con incongruenza della superficie articolare. Dal momento in cui si sono rese evidenti le difficoltà nel provare a pianificare e valutare il trattamento in base ai vari tipi di frattura, sono stati messi a punto numerosi sistemi di classificazione⁶⁻¹¹ nel tentativo di individuare e standardizzare il trattamento e predirne il risultato.

Non è sempre possibile identificare tutte le linee di frattura e le conseguenti dislocazioni dei frammenti sulla base delle sole radiografie standard; ulteriori esami come la TC che consente ricostruzioni elettroniche multiplanari¹²⁻¹⁵ sono di supporto al corretto inquadramento delle fratture (Fig. 1).

Per decenni il trattamento di scelta delle fratture di polso, sia articolari che extrarticolari, è stato la riduzione attraverso la manipolazione e la successiva immobilizzazione in gesso. Anche oggi il trattamento conservativo fornisce ottimi risultati, ma solo in casi di frattura riducibile e che rimanga stabile per almeno due settimane¹⁶. Il successivo impiego della sintesi percutanea eventualmente associata alla fissazione esterna ha contribuito al miglioramento della prognosi¹⁷. La riduzione e la sintesi cruenta diventano imperativi in quei casi di frattura instabile, caratterizzati dalla

perdita della riduzione dopo un tentativo di allineamento mediante la manipolazione e il confezionamento dell'apparecchio gessato¹⁸. Tra tutti i mezzi di sintesi che nell'ultimo decennio hanno risentito del notevole sviluppo tecnologico, i sistemi di fissazione interna (placche e viti) sono, probabilmente, quelli che maggiormente hanno modificato le loro caratteristiche.

La ricerca in questo campo si è rivolta allo studio di impianti resistenti, sempre più piccoli e soprattutto a "basso profilo" al fine di migliorare la stabilità e la biocompatibilità dell'interfaccia osso/metallo ma anche per dare supporto alla superficie articolare e

aumentarne l'efficacia nell'osso osteoporotico^{19 20}. L'evoluzione tecnologica si è sviluppata sull'introduzione di nuovi concetti: la teoria delle tre colonne rappresenta la novità più interessante. Rikli e Regazzoni²¹ propongono di scomporre il polso in 3 colonne. La colonna radiale è costituita dalla parte laterale dell'epifisi distale del radio con la fossetta per lo scafoide e il processo stiloideo, la colonna intermedia è formata dalla parte mediale del radio distale con la fossetta per l'osso semilunare e l'incisura sigmoidea e la colonna ulnare è costituita dall'epifisi distale dell'ulna, dalla fibrocartilagine triangolare e dall'articolazione radio-ulnare distale. La suddivisione del radio distale in due colonne è nata dalla necessità di trovare un compromesso tra l'anatomia e il mezzo di sintesi. Le classiche placche disponibili per la sintesi erano ingombranti, non modellate secondo la conformazione del radio, richiedendo la rimozione del tubercolo di Lister e spesso interferivano con il normale scorrimento dei tendini estensori causando rotture o sinoviti²². Sulla base di questi concetti sono state introdotte una serie di placche per ciascuna colonna (placche LCP di Synthes) in modo da fissarla e sostenerla, adattandosi soprattutto dorsalmente alla conformazione del radio distale, evitando la rimozione del tubercolo di Lister. In tal modo grazie al loro basso profilo, non disturbano lo scorrimento dei tendini estensori, e ne limitano le possibili rotture patologiche^{20 21 23}. L'applicazione delle placche dorsali deve però essere effettuata seguendo alcuni principi fondamentali. Nell'osteosintesi delle colonne radiali con accesso dorsale il risultato è condizionato dall'esecuzione della metodica sotto il costante ausilio del fluoroscopio: nella proiezione antero-posteriore la placca dorso ulnare deve essere proiettata quasi antero-posteriormente e quella dorso radiale quasi lateralmente e viceversa nella proiezione laterale²¹. Le viti delle placche non si devono pertanto incontrare ma mantenere una disposizione compresa tra 70 e 90° (Fig. 2).

Sono state utilizzate sia in fratture appartenenti al gruppo C1 che C2 della classificazione AO con evidente dislocazione dorsale dei frammenti. Le placche dorsali possono essere usate anche in associazione con la placca volare¹⁸ ricorrendo ad un doppio accesso; l'utilizzo è stato limitato a casi selezionati appartenenti al gruppo C2 o C3 della classificazione AO (Fig. 3). L'impiego della placca volare è quello maggiormente diffuso; si tratta di una placca disegnata con un angolo di 18° in modo da adattarsi alla struttura volare del radio (Fig. 4). I fori filettati distali hanno un'angolazione in senso prossimale di 5° rispetto alla placca,



Fig. 1. L'esame radiografico può talvolta sottostimare la reale gravità della frattura come evidenziato in questo caso dallo studio TC 3D dopo sottrazione del corpo.

questo richiede una posizione alquanto distale dell'impianto. La sua "posizione corretta" è a pochi millimetri dalla superficie articolare a livello dell'osso subcondrale, così da servire come supporto (Fig. 5).

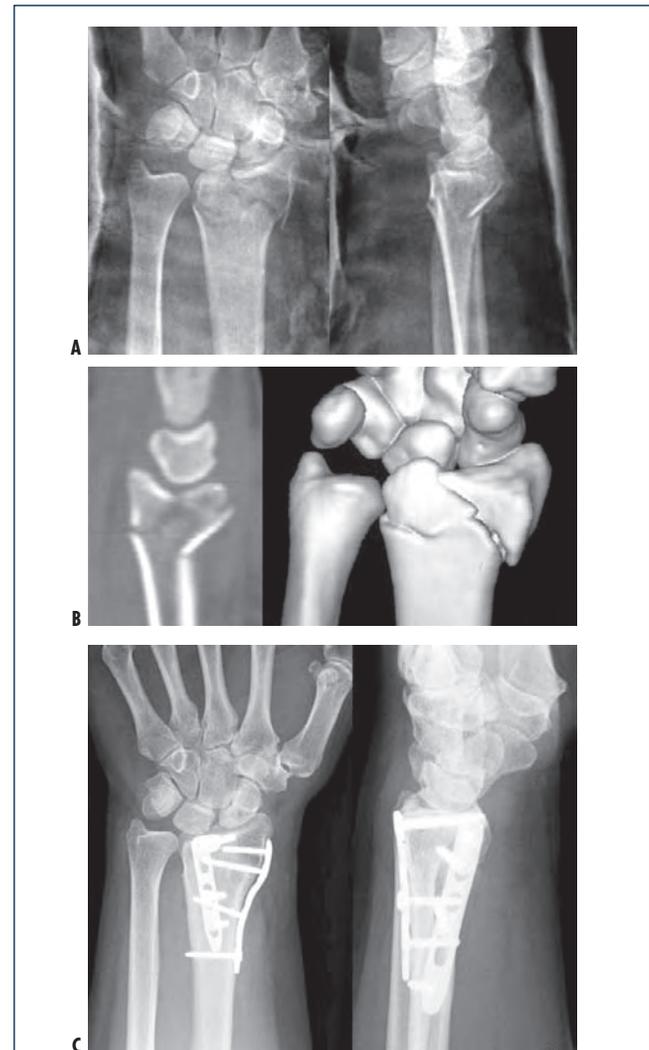


Fig. 2. Frattura tipo C2 inizialmente trattata con apparecchio gessato (a); studio TC in 2D e in 3D (b); controllo Rx a distanza dopo sintesi con 2 placche dorsali LCP (c).

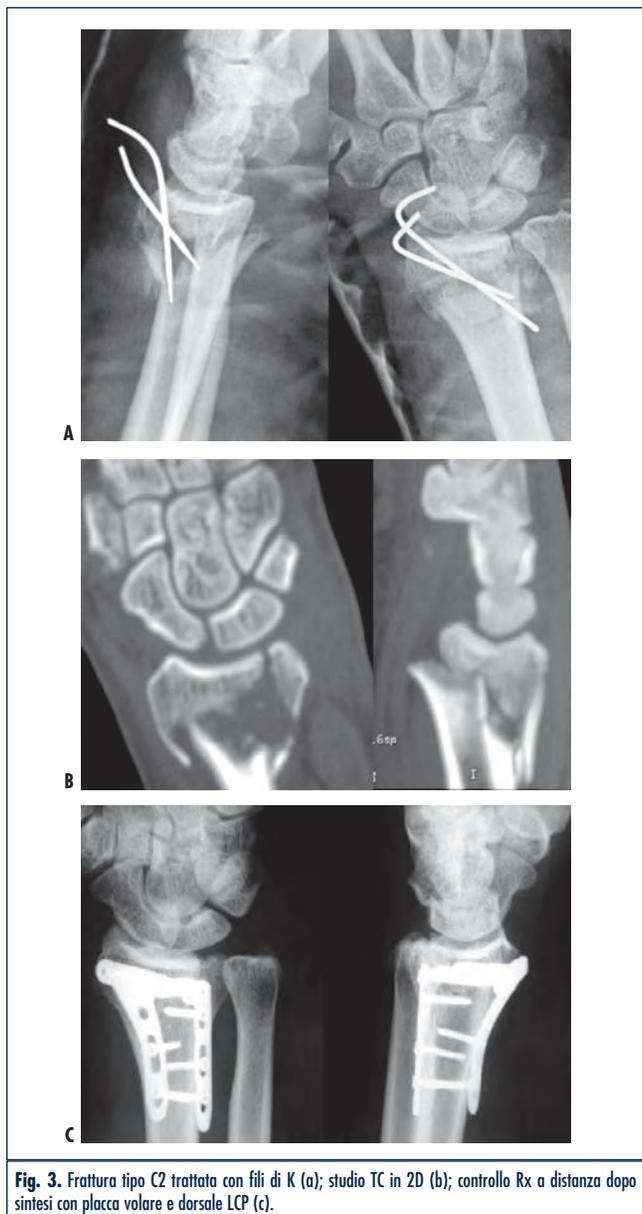


Fig. 3. Frattura tipo C2 trattata con fili di K (a); studio TC in 2D (b); controllo Rx a distanza dopo sintesi con placca volare e dorsale LCP (c).

L'indicazione ottimale è per la frattura di Barton volare (B3) e per le C a scomposizione volare. Queste placche ad angolo fisso sono caratterizzate dalla presenza di fori con filettatura per l'inserimento delle viti a stabilità angolare. Questo tipo d'impianto garantisce un supporto addizionale per la superficie articolare consentendo di eseguire una sintesi stabile anche sull'osso osteoporotico. Si tratta di impianti che funzionano come sistemi di neutralizzazione, forniscono un supporto all'osso subcondrale e la loro stabilità non dipende quindi dalla tenuta delle viti distali²⁰. Il possibile conflitto della placca volare LCP con i tendini flessori è un'evenienza rara²⁴, comparsa nella nostra esperienza in un solo caso con una rottura patologica a distanza del flessore lungo del pollice. Al fine di evitare queste possibili complicanze sono comparse sul mercato una serie di placche che meglio si adattano alla conformazione del radio distale (Stryker, Acumed, Medartis, Orthofix) mantenendo però nello stesso tempo le caratteristiche tecniche fondamentali delle placche con viti a stabilità angolare.

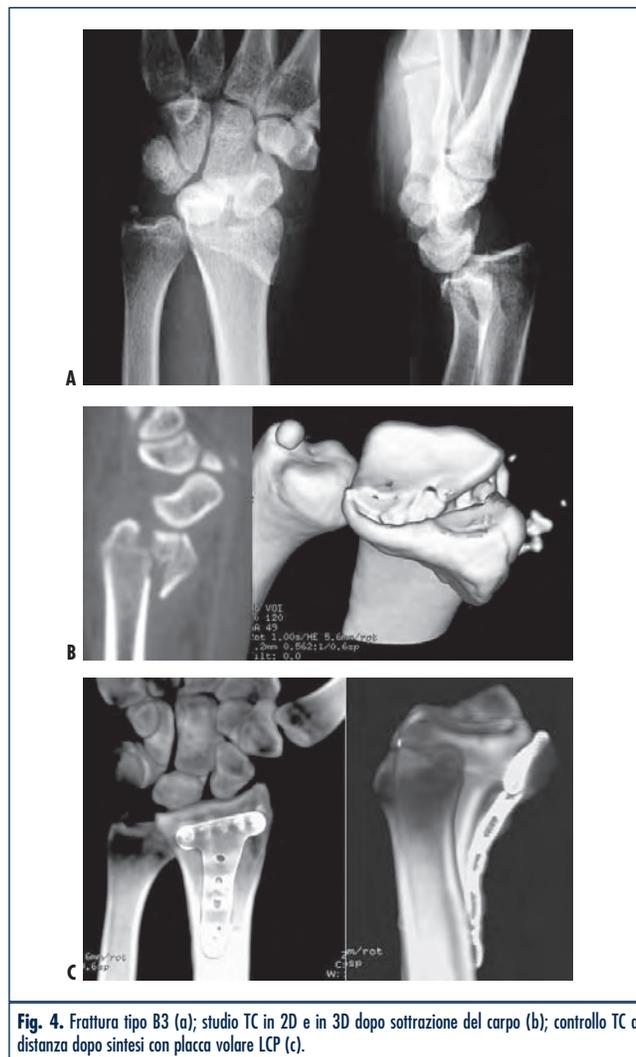


Fig. 4. Frattura tipo B3 (a); studio TC in 2D e in 3D dopo sottrazione del carpo (b); controllo TC a distanza dopo sintesi con placca volare LCP (c).

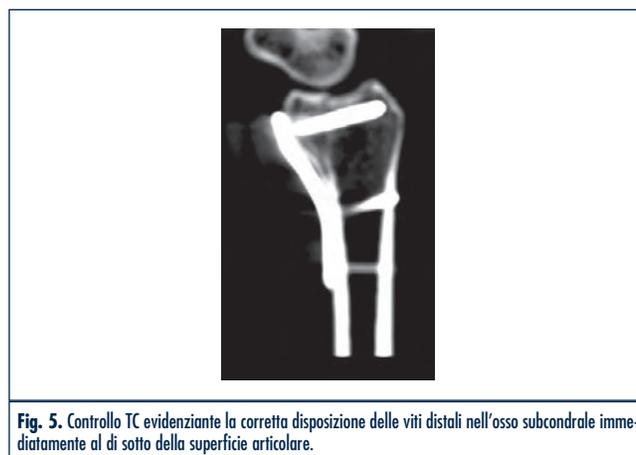


Fig. 5. Controllo TC evidenziante la corretta disposizione delle viti distali nell'osso subcondrale immediatamente al di sotto della superficie articolare.

La nostra esperienza sull'impiego di queste placche di "seconda generazione" è relativa all'uso della placca volare DVR della Hand Innovation. La sua forma contorna il margine distale del radio senza oltrepassare la così detta linea "spartiacque"²⁵⁻²⁷ nel tentativo di soddisfare due requisiti fondamentali: rispetto dei tendini flessori e sostegno del margine volare. Le viti distali sono disposte secondo una doppia fila con orientamento a ventaglio, inclinate di circa 12°

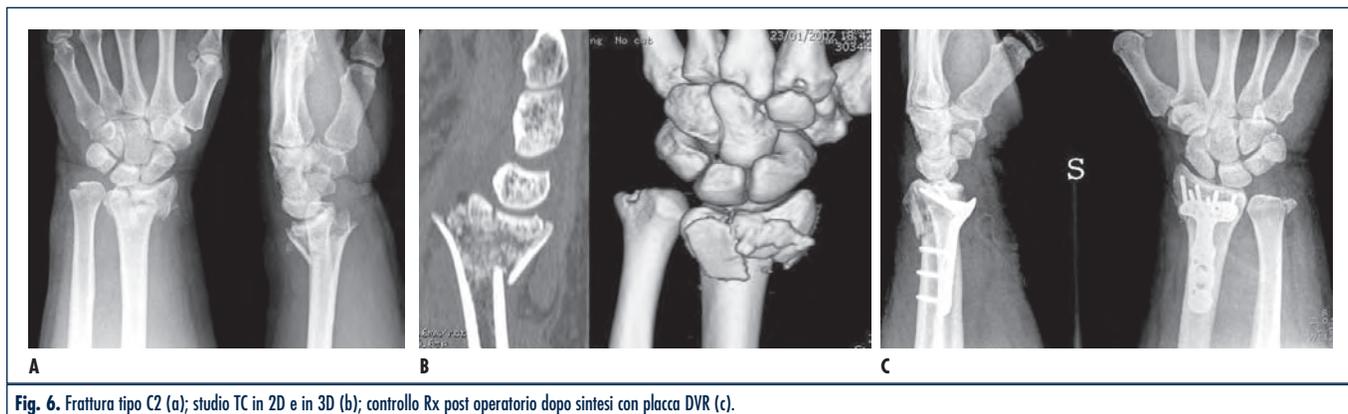


Fig. 6. Frattura tipo C2 (a); studio TC in 2D e in 3D (b); controllo Rx post operatorio dopo sintesi con placca DVR (c).

rispetto alla placca in senso distale²⁰. La doppia filiera di viti consente la creazione di un sostegno tridimensionale per l'osso subcondrale posto immediatamente al di sotto della superficie articolare. La doppia disposizione delle viti sul radio distale (in particolare quelle prossimali) consente, oltre alla sintesi della stiloide radiale, la possibilità di sintetizzare i frammenti dorsali evitando pertanto l'approccio dorsale con le relative problematiche (Fig. 6).

A tal fine Orbay propone rispetto alla via volare classica descritta da Henry un approccio allargato²⁸ che consente di raggiungere, in caso di fratture articolari a scomposizione dorsale, il dorso del radio distalmente.

Anche nell'uso di queste placche, come nelle precedenti LCP, consigliamo di fissare temporaneamente i diversi frammenti con fili di K. e di applicare la placca e le relative viti sotto l'ausilio del fluoroscopio. Non sempre al termine dell'intervento abbiamo proceduto alla rimozione dei fili di K. soprattutto nei casi di fratture comminute tipo C2 o C3; i fili sono poi rimossi dopo 3 settimane. Sia il sistema LCP che quello DVR si sono dimostrati affidabili sia nei soggetti giovani che negli anziani con osteoporosi diffusa²⁹. Il risultato finale è sempre condizionato sia dal tipo di frattura, che dall'esecuzione della tecnica chirurgica, indipendentemente dal mezzo di sintesi impiegato.

BIBIOGRAFIA

¹ Gellman H. *Fratture del radio distale*. In: Gellman H, ed. *Fratture del radio distale*. Roma: CIC 2002: 1-40.

² Cooney WP, Linscheid RL, Dobyns JH. *External pin fixation of unstable Colles fractures*. J Bone J Surg 1979;61A:840-5.

³ Fernandez DL. *Fractures of the distal radius: treatment rationale in 2003*. Riv Chir Mano 2004;41:5-10.

⁴ Abbaszadegan H, Jonsson U, Von Sivers K. *Prediction of instability of Colle's fractures*. Acta Orthop Scand 1989;60:646-50.

⁵ Medoff RJ. *Essential radiographic evaluation for distal radius fractures*. Hand Clin 2005;21:279-88.

⁶ Gartland JJ, Werley CW. *Evaluation of healed Colle's fracture*. J Bone J Surg 1951;33A:895-907.

⁷ Frykman G. *Fracture of the distal radius including sequelae: shoulder-hand-finger syndrome, disturbance in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function: a clinical and experimental study*. Acta Orthop Scand 1967;108(Suppl.):5-153.

⁸ Melone CP. *Distal radius fracture: patterns of articular fragmentation*. Orthop Clin North Am 1993;24:239-53.

⁹ Cooney WP. *Fractures of the distal radius: a modern treatment-based clas-*

sification. Orthop Clin North Am 1993;24:211-6.

¹⁰ Fernandez DL. *Fractures of the distal radius: operative treatment*. In: Heckman JD, ed. *Instructional Course Lectures 42*. AAOS, 1993: 73-88.

¹¹ Fernandez DL, Geissler WB. *Treatment of displaced articular fractures of the radius*. J Hand Surg 1991;16A:375-84.

¹² Freedman DM, Dowdle J, Glickel S, et al. *Tomography versus computed tomography for assessing step off in intrarticular distal radius fractures*. Clin Orthop 1999;361:199-204.

¹³ Dahlen HC, Franck WM, Sbauri G, et al. *Incorrect classification of extrarticular distal radius fractures by conventional x-ray comparison between biplanar radiologic diagnostic and CT assessment of fracture morphology*. Unfallchirurg 2004;107:491-8.

¹⁴ Katz MA, Beredjikian PK, Bozenika DJ, et al. *Computed tomography scanning of intrarticular distal radius fractures: does it influence treatment?* J Hand Surg 2001;26A:415-21.

¹⁵ Harness NG, Ring D, Zurakowski D, et al. *The influence of three-dimensional computed tomography reconstruction on the characterization and treatment of distal radius fractures*. J Bone J Surg 2006;88A:1315-23.

¹⁶ Fernandez DL. *Closed manipulation and casting of distal radius fractures*. Hand Clin 2005;21:307-16.

¹⁷ Jupiter JB, Lipton H. *The operative treatment of intrarticular fractures of the distal radius*. Clin Orthop 1993;292:48-61.

¹⁸ Ring D, Prommersberger K, Jupiter JB. *Combined dorsal and volar plate fixation of complex fractures of the distal part of the radius*. J Bone J Surg 2004;86A:1646-52.

¹⁹ Freeland AE, Lubert KT. *Biomechanics and biology of plate fixation of distal radius fractures*. Hand Clin 2005;21:329-39.

²⁰ Mugdal CS, Jupiter JB. *Plate and screw design in fractures of the hand and wrist*. Clin Orthop 2006;445:68-80.

²¹ Rikli DA, Regazzoni P. *Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function. A preliminary report of 20 cases*. J Bone J Surg 1996;78B:588-92.

²² Herron M, Faraj A, Craigen MAC. *Dorsal plating for displaced intra-articular fractures of the distal radius*. Injury 2003;34:497-502.

²³ Tavakolian JD, Jupiter JB. *Dorsal plating for distal radius fractures*. Hand Clin 2005;21:341-6.

²⁴ Drobetz H, Kutsha-Lissberg E. *Osteosynthesis of distal radius fractures with a volar locking screw plate system*. Int Orthop 2003;27:1-6.

²⁵ Orbay JL, Fernandez DL. *Volar fixation for dorsally displaced fractures of the distal radius: a preliminary report*. J Hand Surg 2002;27A:205-15.

²⁶ Orbay JL. *Volar plate fixation of the distal radius fractures*. Hand Clin 2005;21:347-54.

²⁷ Orbay JL, Touhami A. *Current concepts in volar fixed-angle fixation of unstable distal radius fractures*. Clin Orthop 2006;445:58-67.

²⁸ Orbay JL, Badia A, Infante A, et al. *The extended flexor carpi radialis approach: a new perspective for distal radius fracture*. Tech Hand Upper Extrem Surg 2001;5:204-11.

²⁹ Orbay JL, Fernandez DL. *Volar fixed angle plate fixation for unstable distal radius fractures in elderly patient*. J Hand Surg 2004;29A:96-102.

Le fratture articolari nell'età evolutiva

Intra-articular fractures in developmental age

G. Riccardi, D. Riccardi, P. Monorchio, G. Porpora, V. Riccio

RIASSUNTO

L'interessamento articolare nei bambini e negli adolescenti avviene nei traumi delle fisi e nelle fratture complesse delle metafisi che coinvolgono i piatti di accrescimento. La caratteristica più importante nei traumi scheletrici dell'età evolutiva è la presenza dei piatti di accrescimento e di uno spesso periostio. Il periostio nei bambini contribuisce notevolmente ad una rapida guarigione della frattura ed aiuta nella riduzione e nel mantenimento della riduzione di una frattura. È importante evidenziare che come nell'adulto le fratture intra-articolari richiedono una riduzione anatomica, allo stesso modo i traumi articolari dei bambini richiedono una riduzione perfetta. Infatti nelle lesioni intra-articolari nei bambini il ruolo del periostio nel mantenimento della riduzione non è più valido. L'interessamento intra-articolare nei traumi scheletrici dell'età evolutiva avviene soprattutto al gomito, al ginocchio ed al collo piede. In questo studio sono state riviste le fratture articolari trattate nel periodo 2004-2006 e gli autori precisano le basi del trattamento, le principali complicazioni ed i risultati.

Parole chiave: età evolutiva, fratture intra-articolari

SUMMARY

Intra-articular involvement in children and adolescents occurs in physeal injuries and in complex fractures of the metaphysis involving the growth plates. The most important characteristic in pediatric skeletal trauma is the presence of growth plates and the thick periosteum. The periosteum in children contributes considerably to rapid fracture healing and helps in the reduction and in the maintenance of reduction of fractures. It is important to emphasize that just as adult intra-articular fractures require anatomic reduction, so do pediatric articular injuries. In fact in pediatric intra-articular injuries the role of periosteum in the maintenance of reduction fails. The intra-articular involvement in pediatric skeletal trauma occurs above all at the elbow, knee, and ankle joints. In this study intra-articular fractures in children and adolescents treated in the authors' Department during 2004-2006 were reviewed. The authors assessed the basic principles for the treatment, the main complications and the outcomes.

Key words: developmental age, articular fractures

Dipartimento di Scienze Ortopediche, Traumatologiche, Riabilitative e Plastiche-Ricostruttive, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Seconda Università di Napoli

I più comuni tipi di fratture nell'età evolutiva sono: la deformazione plastica, la frattura da schiacciamento, la frattura a legno verde, la frattura completa, e la frattura delle cartilagini di accrescimento.

La più importante caratteristica anatomica dello scheletro in età pediatrica è senza dubbio la presenza delle cartilagini di accrescimento, di cui le epifisi costituiscono la porzione intra-articolare. Le apofisi invece sono extra-articolari, allo stesso modo in cui possono essere considerati i piatti di accrescimento.

Le fratture articolari nell'età evolutiva possono quindi essere divise in: fratture delle epifisi, e fratture metafiso-epifisarie, corrispondenti nella quasi totalità dei casi al tipo III ed al tipo IV della classificazione di Salter. Le fratture delle epifisi sono esclusivamente intra-articolari, mentre le fratture metafiso-epifisarie sono fratture la cui rima inizia nella metafisi, attraversa la fisi, e si continua nella epifisi: vi è cioè sia una componente extra-articolare, sia una componente articolare. Le fratture metafiso-epifisarie interessano quindi sia il piatto di accrescimento che l'epifisi e possono dar luogo a quadri fratturativi estremamente complessi o talora caratteristici di peculiari distretti anatomici, come la frattura triplanare a livello del collo piede.

La frattura intra-articolare nell'adulto richiede una ricostruzione anatomica perfetta, che è la condizione fondamentale per poter prospettare un recupero funzionale ottimale. Nel bambino, allo stesso modo, le fratture articolari debbono essere accuratamente ricostruite dal punto di vista anatomico, sia per un ottimale recupero funzionale, sia per il mantenimento della funzione delle cartilagini di accrescimento.

La complicanza maggiore delle fratture che coinvolgono le fisi è dovuta proprio alla possibilità di arresto parziale o totale dell'accrescimento del segmento scheletrico interessato dalla lesione fisaria. L'incidenza delle fratture articolari nell'età evolutiva è fortunatamente bassa, ma certamente significativa. Diméglio¹ nel 1999 riporta la percentuale delle fratture nelle varie sedi delle ossa lunghe. La zona metafisaria è colpita nel 45%, quella diafisaria nel 36%, e quella delle cartilagini di accrescimento nel 19%. Nella localizzazione fisaria riporta poi le percentuali a seconda della classificazione di Salter. Il tipo III ed il tipo IV di Salter sono rappresentati con una percentuale dell'8%. Complessivamente quindi le fratture articolari rappresentano il 16% delle fratture fisarie ed il 3% della totalità delle fratture.

I distretti anatomici più coinvolti da fratture articolari sono: gomito, ginocchio e collo piede. L'anca, ed in modo particolare il cotile, pur essendo una sede indubbiamente rara di localizzazione di traumi nell'età evolutiva, necessita anch'essa di una trattazione specifica per le importanti implicazioni funzionali che può comportare.

FRATTURE ARTICOLARI DI GOMITO

Tutte le fisi dell'omero distale e quelle prossimali di radio e ulna possono essere soggette a frattura, ciascuna con caratteristiche specifiche. La vulnerabilità delle varie fisi, come riportato da Beary e Wilkins², è strettamente legata a due fattori principali: l'età ed il meccanismo d'azione.

Nella nostra casistica, relativa agli anni 2004 e 2005, le fratture articolari di gomito rappresentano rispettivamente il 32,4% (144 su 444) ed il 44,3% (179 su 404) delle fratture di gomito, ed il 4,8% (144 su 2966) ed il 6,3% (179 su 2819) della totalità delle fratture.

Fratture del condilo laterale

Questo tipo di frattura venne descritta dettagliatamente da Stimson nel 1883, che ne distinse due caratteristici aspetti. Milch³ nel 1956 evidenziò ulteriormente le differenze tra i due tipi di frattura e denominò tipo I la frattura che origina nella metafisi ed attraversa sia la fisi che il centro di ossificazione del condilo laterale, in modo più o meno obliquo, e tipo II la frattura che origina in sede postero-laterale della metafisi, attraversa la fisi, e termina tra i centri di ossificazione laterale e mediale. Il tipo I di Milch è raro e corrisponde al tipo IV di Salter. Il tipo II è molto più comune e può assumere le caratteristiche sia del tipo II, che del tipo III di Salter. Nel 2004 le fratture del condilo laterale sono state 56 su 444 fratture di gomito, pari al 12,6%, mentre nel 2005 41 su 404, pari al 10,1%, con maggiore frequenza intorno ai 6 anni.

I meccanismi patogenetici della lesione sono due. La frattura per "avulsione" (*pull-off*) avviene per caduta sulla mano con gomito in estensione ed avambraccio in supinazione. Il gomito viene forzato in varo ed i muscoli epicondiloidei strappano il condilo laterale, mentre l'olecrano funge da guida alla linea di frattura verso l'apice della troclea. È il meccanismo con cui si verifica molto probabilmente il più comune tipo di frattura: il tipo II di Milch. La frattura per "compressione" (*push off*) avviene per caduta sul palmo della mano a gomito flesso. La testa del radio, spinta contro il condilo laterale, ne può provocare la frattura del nucleo epifisario con una forza di taglio.

Gli spostamenti della frattura sono distinti in tre stadi. Badelon⁴ nel 1988 ha posto l'attenzione sull'entità dello spostamento. Nello stadio I è inferiore a 2 mm e la superficie articolare può essere intatta per la tenuta della cartilagine articolare. Nello stadio II la frattura si estende alla superficie articolare e la traslazione laterale o inferiore è superiore a 2 mm. Nello stadio III il frammento è completamente ruotato e spostato lateralmente:

Il trattamento, nello stadio I, consiste nell'immobilizzazione in apparecchio gessato brachio-metacarpale, associato o meno alla stabilizzazione percutanea con filo. Nello

stadio II la stabilizzazione è sempre necessaria, con uno o due fili. Essa può essere fatta a cielo chiuso, se si riesce a ridurre lo spostamento con manovre incruente, oppure a cielo aperto. Nello stadio III la riduzione è cruenta (Fig. 1a).

Le complicanze precoci sono dovute a spostamento secondario in gesso e necessitano di una riduzione chirurgica. Le complicanze tardive sono la formazione di uno sperone sovracondiloideo, legato al sollevamento del periostio; la deviazione assiale in varo, che è la deformità più frequente anche se raramente grave, e può essere legata ad un difetto di riduzione o ad un disturbo di crescita del condilo laterale; e raramente la pseudoartrosi, che è la più grave ed è sempre la conseguenza di un errato trattamento.

Fratture del capitello omerale

Sono fratture estremamente rare, riportate in letteratura solo con casi sporadici. Può essere interessata una porzione più o meno estesa del *capitulum humeri* o può trattarsi di un semplice distacco osteocondrale. La terapia è chirurgica, con escissione o sintesi del frammento.

Fratture del condilo mediale

È una frattura rara, con incidenza intorno all'1%, e maggiore frequenza nell'età pre-pubertaria. Nella nostra casistica, nel triennio 2004-2006, abbiamo osservato 3 casi di frattura della troclea.

La linea di frattura può attraversare l'apice della troclea, oppure la doccia capitello-trocleare. Il meccanismo di frattura può essere duplice. La frattura può avvenire per caduta diretta sul gomito flesso: in questo caso l'olecrano funge da cuneo nei riguardi della troclea. Un altro meccanismo è la caduta sul palmo della mano a gomito esteso: la sollecitazione in valgo causa la frattura per un meccanismo di avulsione.

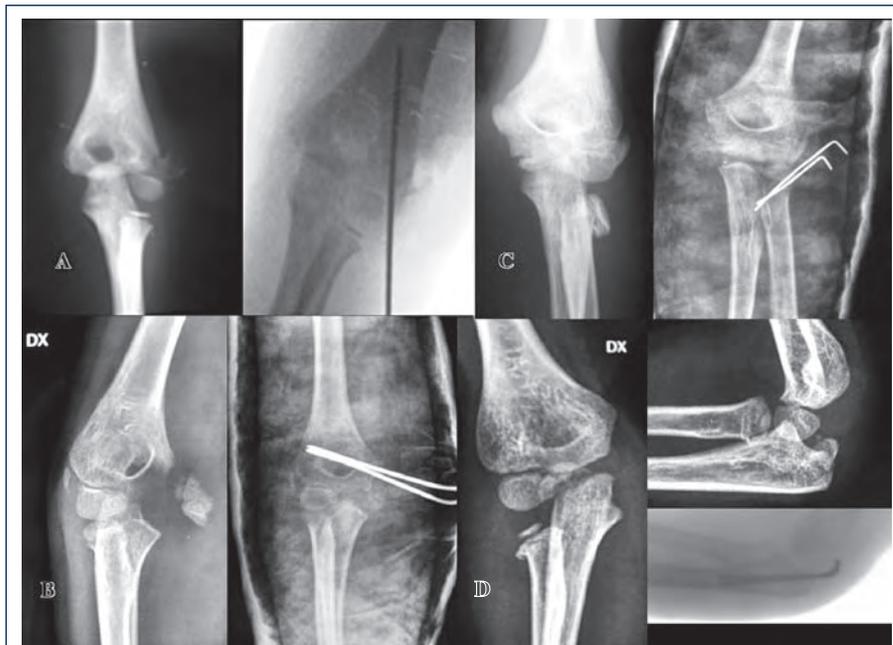


Fig. 1. Frattura del condilo laterale tipo II di Milch con spostamento superiore a 2 mm. Riduzione e sintesi percutanea (a); frattura della troclea con frammento completamente ruotato. Riduzione cruenta e stabilizzazione con due fili (b); frattura del capitello radiale con inclinazione superiore a 80°. Riduzione cruenta e sintesi con due fili (c); rara frattura del nucleo di ossificazione dell'olecrano con scomposizione del frammento e frattura associata del capitello radiale, stadio I di Metaizeau. Riduzione cruenta della sola frattura del nucleo olecrano e sintesi con filo (d).

Bensahel ⁵ ha distinto gli spostamenti in tre stadi. Nello stadio I la frattura non è scomposta. Nello stadio II si ha uno spostamento mediale e prossimale del frammento, senza rotazione. Nello stadio III il frammento è completamente ruotato.

Il trattamento è chirurgico negli stadi II e III, con riduzione a cielo aperto e sintesi con due fili (Fig. 1b).

Fratture sopra ed intercondiloidea

La frattura condiloidea a T della paletta omerale è rara nell'età evolutiva. La linea di frattura parte dalla troclea e si prolunga fino alla fossetta coronoidea, separando i condili laterale e mediale con un tratto a forma di T o di Y. Il meccanismo più comune è la caduta a gomito flesso. L'olecrano funge da cuneo al centro della depressione della troclea. I frammenti condilari si spostano anteriormente alla diafisi. Sono fratture che possono dar luogo a quadri anatomo-radiografici estremamente complessi per la comminuzione dei frammenti. Il trattamento è chirurgico, con doppia via di accesso e stabilizzazione con fili o viti, a seconda dell'età del paziente. Per questo tipo di frattura Ruiz ⁶ nel 2001 e successivamente Kanellopoulos ⁷ nel 2004 hanno proposto una tecnica di riduzione a cielo chiuso e stabilizzazione percutanea con fili. Nella nostra casistica abbiamo avuto due casi di fratture complesse che sono stati trattati con riduzione a cielo chiuso e stabilizzazione percutanea. I fili trasversi vengono usati per compattare i condili, quelli obliqui per stabilizzare i condili alla diafisi (Fig. 2a, b). I risultati sono stati buoni sia dal punto di vista radiografico che funzionale (Fig. 2c).

Fratture del capitello radiale

La particolarità anatomica dell'estremo prossimale del radio nell'età evolutiva è dovuta al fatto che la testa radiale ha la forma di un disco che comprende sia l'epifisi che la fisi, ed è posta sul collo, di cui circa 5 mm sono intra-articolari. L'incidenza di questo tipo di frattura è stata del 14,6% rispetto alle fratture di gomito per il 2004 (65 su 444), e del 20% per il 2005 (81 su 404), con maggiore frequenza intorno ai 10 anni.

Il meccanismo più frequente è quello di una caduta sul palmo della mano a gomito esteso. La forza in valgo, applicata sul capitello radiale, ne causa la frattura, con possibili associazioni lesionali (frattura dell'olecrano, lussazione del gomito, distacco dell'epitroclea). La gravità dello spostamento è notevolmente variabile. La classificazione proposta da Metaizeau ⁸ nel

1990 è utile anche ai fini prognostici e terapeutici. Essa distingue quattro stadi:

- stadio 1: traslazione laterale inferiore a 3 mm e/o inclinazione di meno di 20°;
- stadio 2: inclinazione da 20 a 45°;
- stadio 3: inclinazione da 45 a 80°;
- stadio 4: inclinazione superiore a 80°.

Per quanto riguarda il trattamento, le lesioni dello stadio 1 possono essere trattate con immobilizzazione gessata anche senza riduzione dello spostamento. Per tutti gli altri tipi di spostamento la riduzione è necessaria. Esiste una notevole diversità di opinione tra i vari autori sui metodi di riduzione (manuale, con l'aiuto di un filo per far leva sulla testa radiale, a cielo aperto) e sulla stabilizzazione della riduzione. Il metodo proposto da Metaizeau ⁹ nel 1980, con



Fig. 2. Due casi di fratture articolari complesse dell'estremità distale dell'omero, rare nell'età evolutiva. Caso 1. frattura pluriframmentaria a Y, ridotta a cielo chiuso e stabilizzata con fili percutanei (a); caso 2. Frattura pluriframmentaria a T, ridotta a cielo chiuso e stabilizzata con fili. L'ingresso dei fili dal lato ulnare è stato fatto con mini-incisione, per visualizzare il punto osseo di ingresso (b); follow-up a due anni con buon risultato clinico e radiografico (c).

filo intramidollare introdotto dalla metafisi distale del radio, è valido sia per ridurre che per stabilizzare la frattura. Noi riteniamo che bisogna sempre attuare un tentativo di riduzione a cielo chiuso, con l'aiuto eventuale di un filo per far leva sulla testa radiale, e stabilizzare la frattura con uno o due fili percutanei (Fig. 1c). Il filo di stabilizzazione della frattura non deve mai passare per il condilo omerale per il rischio di necrosi della testa per lesione del piccolo lembo perioste vascolarizzato. Per la riduzione cruenta le vie di accesso postero-esterne debbono essere preferite.

Fratture dell'olecrano

La metafisi prossimale dell'ulna, all'età circa di 7-8 anni, è già ossificata per il 75% dell'olecrano. In tale epoca compare il centro di ossificazione secondario, che può essere bipartito: il nucleo maggiore è situato all'apice dell'olecrano e viene considerato una apofisi, mentre un nucleo più piccolo, che si trova proprio al disotto della porzione prossimale della superficie articolare dell'olecrano, può essere considerato una epifisi articolare. Le fratture del nucleo di ossificazione dell'olecrano sono estremamente rare: Chambers¹⁰ nel 1996, in una revisione della letteratura, ne riporta circa 40 casi. Se la frattura è scomposta è indicata la riduzione a cielo aperto e la stabilizzazione con filo di Kirschner (Fig. 1d). Le fratture metafisarie dell'olecrano sono fratture articolari, e nella nostra casistica sono rappresentate, per il 2004, dal 5,1% delle fratture di gomito (23 su 444), mentre per il 2005, dall'11,6% (47 su 404), per circa il 30% sono associate a fratture del capitello radiale, e la maggiore frequenza si ha ad una età media di 9 anni. Il meccanismo di azione può essere molteplice: trauma diretto per caduta sul gomito flesso, trauma indiretto per caduta sul palmo della mano a gomito esteso e sollecitazione in varo, con possibilità di lussazione della testa del radio, o in valgo, con possibilità di associazioni fratturative del capitello radiale o dell'epitroclea.

La terapia è legata alla scomposizione della frattura ed alle lesioni associate. Quando la frattura è scomposta è indicata la riduzione cruenta e la sintesi con fili, viti, o cerchiaggio, in relazione all'età del paziente.

FRATTURE ARTICOLARI DI GINOCCHIO

Le fratture di ginocchio che interessano la superficie articolare sono legate a traumi ad alta energia, incidenti sportivi o traumi della strada, ed hanno un'incidenza bassa. Le fratture delle fisi femorali distali rappresentano l'1-6% delle fratture delle cartilagini di accrescimento e circa l'1% delle fratture nei bambini. Le fratture delle fisi prossimali di tibia hanno una incidenza ancora minore, con una percentuale inferiore all'1% delle fratture delle ossa lunghe. I tipi di frattura corrispondono al tipo III e IV di Salter.

Nel femore sono rappresentate dalla frattura unicondiloidea interna o esterna, e sono causate generalmente da traumi sportivi

con stress in valgo o più raramente in varo. Lo spostamento del frammento condilico è generalmente notevole, con rotazione dello stesso. Le fratture bicondiloidee, a T o ad Y, sono estremamente rare e sono legate a traumi ad alta energia (Fig. 3).

Nella tibia il tipo III di Salter corrisponde generalmente alla separazione della porzione laterale dell'epifisi, ed in genere lo spostamento è contenuto.

Per le fratture condiliche il trattamento è chirurgico, con riduzione a cielo aperto e fissazione con fili o viti, mentre per fratture dell'epifisi tibiale la fissazione percutanea con viti è il metodo di scelta (Fig. 4a, b).

Anche le fratture delle spine tibiali sono rare. Il meccanismo patogenetico è legato ad un trauma a ginocchio in iperestensione, associato ad una torsione tibiale. La classificazione più seguita è quella di Meyers e McKeever¹¹ basata sul grado di spostamento. Il tipo I è una frattura incompleta. Il tipo II è una frattura completa, con persistenza di una cerniera cartilaginea posteriore. Il tipo III è una frattura completa, con frammento attirato in alto, ed il trattamento in questo caso è chirurgico, per via artroscopica, con fissazione del frammento con filo o viti.

FRATTURE ARTICOLARI DI COLLO PIEDE

Le fratture distali delle fisi di tibia e perone sono molto frequenti, con una percentuale variabile dal 20% al 38% di tutte le fratture fisarie. Secondo Peterson¹² vengono come frequenza dopo le fratture fisarie delle falangi e del radio distale. Esse sono molto comuni nel periodo di età tra i 10 ed i 14 anni e la predominanza per il sesso maschile è netta (circa il 70%). Il meccanismo patogenetico più frequente è quello di un trauma indiretto. Il piede può essere forzato in varo o valgo, rotazione esterna o interna, in equino o in talo, con le varie associazioni possibili.

Le fratture articolari comprendono il tipo III e IV di Salter. Per quanto riguarda il tipo III si possono avere due varietà di frattura. La prima è la frattura del malleolo interno, con tratto di frattura



Fig. 3. Frattura bilaterale bicondiloidea a T dell'estremità inferiore di femore, complessa per la comminazione dei frammenti, da trauma ad alto impatto (caduta dall'alto). Riduzione cruenta e stabilizzazione con fili (a); follow-up a due anni con lieve angolazione in varo del femore sinistro e buon risultato funzionale (b).

ra verticale, interessante la fisi in senso antero-posteriore. La seconda è la frattura epifisaria esterna di Tillaux, molto più rara, che interessa il tratto esterno o antero-esterno dell'epifisi. La frattura verticale della fisi può però partire da qualsiasi tratto dell'epifisi.

Anche il tipo IV comprende due varietà di fratture. La prima è la frattura di McFarland, in cui la rima di frattura parte dall'epifisi, vicino al malleolo tibiale, attraversa la fisi e si prolunga nella metafisi, separando un frammento epifiso-metafisario interno. La seconda è la frattura triplana. Questo tipo di frattura, già segnalata da altri autori negli anni '50 del secolo scorso, è stata riconosciuta nella sua importanza dopo la descrizione del caso di Marmor¹³ nel 1970 di una frattura irriducibile, che chirurgicamente era composta da tre frammenti.

La frattura si manifesta nei tre piani dello spazio: un tratto di frattura epifisario è situato nel piano sagittale (in AP radiograficamente appare come un tipo III di Salter), mentre nel piano trasverso avviene la frattura-distacco della fisi, e nel piano frontale avviene la frattura della metafisi (in LL radiograficamente appaiono come un tipo II di Salter). In questo modo si evidenziano due frammenti. Se la zona epifisaria antero-esterna è interessata da un'altra linea di frattura nel piano frontale, un frammento epifisario tibiale esterno si mobilizza e la frattura diventa a tre frammenti. Quando la seconda linea di frattura epifisaria nel piano frontale si prolunga anche dal lato mediale si può avere una frattura a quattro frammenti.

Il trattamento di queste lesioni prevede la necessità di ridurre e stabilizzare con vite il frammento epifisario nelle lesioni di tipo III di Salter, cosa che può essere attuata generalmente per via percutanea. Nelle fratture triplane l'indicazione chirurgica a cielo aperto è data dall'irriducibilità delle lesioni, e la via di accesso dipende dallo studio radiografico della lesione che deve essere fatto con TC tridimensionale. Il rischio di epifisiodesi è notevole se la riduzione non è perfetta (Fig. 4c).

FRATTURE DELL'ACETABOLO

Le fratture del cotile sono notevolmente rare. Esse costituiscono il 5-10% delle fratture di bacino che, a loro volta, rappresentano meno del 5% delle fratture dell'età pediatrica. Sono provocate da traumi ad alta energia, incidenti della strada o cadute dall'alto. La peculiarità anatomica dell'acetabolo nell'età evolutiva, dove confluiscono le fisi delle tre ossa dell'emibacino, condiziona notevolmente l'inizio dell'approccio terapeutico. Come riferisce Smith¹⁴, nelle fratture pelviche è imperativo il controllo dell'emorragia, in quelle acetabolari la salvaguardia delle superfici articolari. I tipi di frattura differiscono in relazione all'età. Nel bambino piccolo i traumi della cartilagine a Y possono passare misconosciuti per l'assenza di spostamento iniziale. Dopo i 10 anni, con la chiusura delle fisi, possono



Fig. 4. Salter III dell'estremità inferiore del femore, con frammento del condilo esterno completamente ruotato. Riduzione cruenta e sintesi con fili (a); Salter III dell'estremità prossimale della tibia. Riduzione e sintesi percutanea con vite cannolata (b); arresto parziale dell'accrescimento dell'epifisi distale di tibia da esiti traumatici (c).

essere classificate come quelle dell'adulto secondo la classificazione di Letournel. Le fratture della parete posteriore sono le più frequenti, con associazione quasi sempre della lussazione posteriore della testa femorale. Le fratture della colonna posteriore sono rare, come pure quelle della parete e della colonna anteriore e quelle trasversali. Nel triennio 2004-2006 abbiamo trattato due fratture della colonna posteriore, una con trazione trans-scheletrica femorale e successivo gesso pelvi-pedidio, e l'altra con riduzione cruenta per via posteriore e sintesi con placca e viti (Fig. 5). I risultati a distanza sono buoni per le fratture ridotte chirurgicamente in modo perfetto, anche se la degenerazione artrosica precoce può verificarsi ugualmente, anche in presenza di una riduzione ottimale, come nel nostro caso (Fig. 5f), verosimilmente per il trauma condrale.

CONCLUSIONI

Le fratture articolari nell'età evolutiva costituiscono una entità nosologica a parte per le peculiarità specifiche che alcuni tipi di fratture rivestono in relazione a particolari distretti anatomici. Inoltre la particolarità funzionale delle fisi che vengono coinvolte condiziona notevolmente il risultato, molte volte indipendentemente dalla qualità della riduzione. L'arresto parziale o totale dell'accrescimento, per saldatura precoce delle fisi, porta a deviazioni angolari o ad eterometria degli arti colpiti. Basti pensare che i piatti di accrescimento del ginocchio, femorale distale e tibiale prossimale, contribuiscono per il 65% alla crescita in lunghezza dell'arto inferiore.

Per quanto riguarda il trattamento le fratture articolari, a differenza della maggior parte delle fratture del bambino che possono essere trattate incruentamente o con metodi di riduzione a cielo chiuso, richiedono più frequentemente una riduzione cruenta per la ricostruzione anatomica della lesione.

La valutazione dei risultati poi, come ha fatto rilevare Rodriguez-Merchan¹⁵, indipendentemente dalle variabili legate all'esaminato-

re, ed ai differenti metodi di classificazione e registrazione dei dati, è resa talvolta difficile proprio dal fatto che la quantificazione di una funzione articolare o di una disabilità nei bambini pone problemi particolari legati proprio all'età ed alla crescita.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Diméglio A. *Epidemiologia de las fracturas en el niño*. In: de Pablos J, Gonzales Herrand P, eds. *Apuntes de fracturas infantiles*. Madrid: Ediciones Ergon, S.A. 1999: 11.
- ² Beaty JH, Wilkins KE. *Fractures and dislocations of the elbow region*. In: Rockwood CA Jr, Wilkins KE, Beaty JH, eds. *Fractures in children*. Philadelphia-New York: Lippincott-Raven Publishers 1996: 751.
- ³ Milch H. *Fracture of external humeral condyle*. JAMA 1956;160:641-6.
- ⁴ Badelon O, Bensahel H, Mazda K, et al. *Lateral humeral condylar fractures in children. A report of 47 cases*. J Pediatr Orthop 1988;8:31-4.
- ⁵ Bensahel H, Csukonyi Z, Badelon O, et al. *Fractures of the medial condyle of the humerus in children*. J Pediatr Orthop 1986;6:430-3.
- ⁶ Ruiz AL, Kealey WD, Cowie HG. *Percutaneous pin fixation of intercondylar fractures in young children*. J Pediatr Orthop 2001;10B:211-3.
- ⁷ Kanellopoulos AD, Yiannakopoulos CK. *Closed reduction and percutaneous stabilization of pediatric T-condylar fractures of the humerus*. J Pediatr Orthop 2004;24:13-6.
- ⁸ Metaizeau J-P. *Les fractures du condyle radial*. In: Clavert J-M, Metaizeau J-P, eds. *Les fractures des membres chez l'enfant*. Montpellier: Sauramps Medical 1990: 233.
- ⁹ Metaizeau J-P, Prevot J, Schmitt M. *Reduction et fixation des fractures et décollement épiphysaires de la tete radiale par broche centromédullaire*. Rev Chir Orthop 1980;66:47-9.
- ¹⁰ Chambers HG, Wilkins KE. *Fractures of the proximal radius and ulna*. In: Rockwood CA Jr, Wilkins KE, Beaty JH, eds. *Fractures in children*. Philadelphia-New York: Lippincott-Raven Publishers 1996: 586.
- ¹¹ Meyers MH, McKeever FM. *Fracture of the intercondylar eminence of the tibia*. J Bone Joint Surg 1959;41A:209-22.
- ¹² Peterson H, Modhok R, Benson J, et al. *Physeal fractures: I. Epidemiology in Olmsted County, Minnesota, 1979-1988*. J Pediatr Orthop 1994;14:423.
- ¹³ Marmor L. *An unusual fracture of the tibial epiphysis*. COOR 1970;73:132.
- ¹⁴ Smith WR, Oakley M, Morgan SJ. *Current issues: pediatric pelvic fractures*. J Pediatr Orthop 2004;24:130-5.
- ¹⁵ Rodriguez-Merchan EC. *Pediatric skeletal trauma: a review and historical perspective*. Clin Orthop Relat Res 2005;432:8-13.

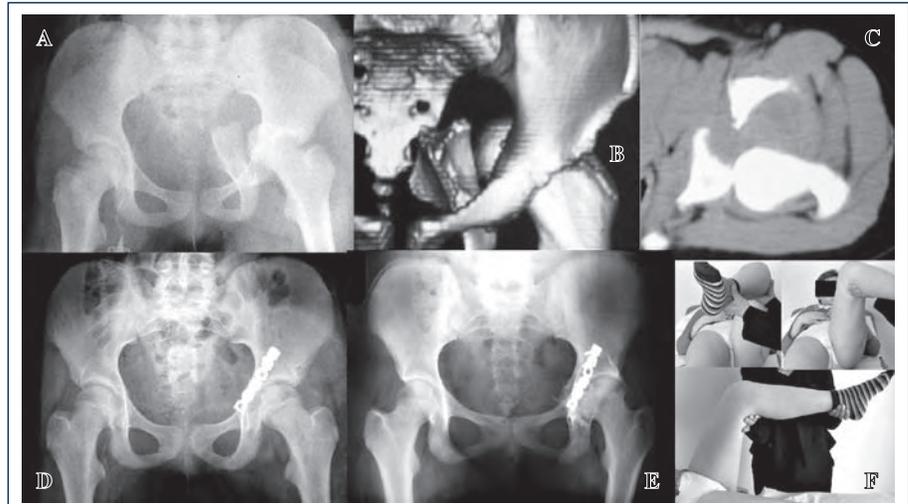


Fig. 5. C.K. anni 11. Frattura della colonna posteriore dell'acetabolo a sinistra (a); esame TC, con ricostruzione (b, c); controllo post-operatorio (d); follow-up a tre anni in cui si rileva iniziale degenerazione artrosica dell'articolazione (e); controllo clinico con buona escursione dei movimenti articolari (f).

Adani R.,	S335	Carulli C.,	S45
Aglietti P.,	S88	Caruso G.,	S255
Aldegheri R.,	S285	Casella F.,	S31
Alfonso C.,	S71	Castagna A.,	S124
Ambrosio L.,	S209	Castoldi F.,	S48
Amendola L.,	S289	Casula S.,	S155
Andreani L.,	S20	Catani F.,	S162
Antenucci R.,	S238	Causero A.,	S79
Antinolfi P.,	S238	Cavenago C.,	S42
Antonioli D.,	S139	Ceccarelli F.,	S183
Axelrad T.W.,	S262	Ceffa R.,	S13
		Celli A.,	S144, S322, S329
Baldini N.,	S1	Celli L.,	S144
Baluganti A.,	S280	Cenacchi A.,	S215
Barresi C.,	S31	Cerciello S.,	S91
Bartolozzi P.,	S177, S301	Cerulli G.,	S238
Bellini D.,	S91	Ceruso M.,	S151
Beltrame A.,	S79	Cherubino P.,	S66
Benazzo F.,	S102	Chiossi S.,	S223
Benedetti M.G.,	S183	Ciardullo A.,	S88
Berizzi A.,	S285	Cigala F.,	S60
Bevoni R.,	S243	Cillo M.,	S223
Bianchi A.,	S170	Civinini R.,	S45
Bianchi G.,	S250	Coari G.,	S233
Biggi F.,	S276	Colangeli M.,	S250
Biondi F.,	S28, S135	Colangeli S.,	S250
Bonicoli E.,	S280	Confalonieri N.,	S107
Bordini B.,	S135, S200	Corbella M.,	S26
Boriani L.,	S289	Costa A.,	S301
Boriani S.,	S289	Cuomo P.,	S88
Borrè S.,	S13		
Borroni M.,	S124	D'Angelo F.,	S66
Bottai V.,	S112	D'Antimo C.,	S276
Brizio L.,	S71	D'Arcangelo M.,	S297
Bruni D.,	S229	De Clerico M.,	S200
Bruzzone M.,	S48	De Fine M.,	S28, S135
Buda R.,	S215, S243	De Iure F.,	S289
Burani A.,	S233	De Paolis M.,	S96
Buzzi R.,	S88	De Santis R.,	S209
		Del Sasso L.,	S42
Cadossi M.,	S6	Delcogliano A.,	S223
Cadossi R.,	S255	Delcogliano M.,	S229
Calderoni P.P.,	S52	Delle Rose G.,	S124
Calori G.M.,	S198	Deriu L.,	S116
Calvosa G.,	S20, S297	Di Bella C.,	S250
Campi F.,	S131	Di Benedetto P.,	S79
Canali A.,	S329	Di Caprio F.,	S215
Cantini G.,	S280	Di Fabio S.,	S276
Caraffa A.,	S238	Di Motta D.,	S28, S52
Carraro A.,	S223	Diara A.,	S193

Digennaro V.,	S6, S243, S312	Macrì P.G.,	S190
Domini M.T.,	S329	Magnan B.,	S177
Donati D.,	S250	Malerba F.,	S170
Donelli F.M.,	S196	Manzotti A.,	S107
		Maradei L.,	S124
Einhorn T.A ,	S262	Marcacci M.,	S229
Errani C.,	S96	Marcheggiani Muccioli G.M.,	S229
		Marchetti S.,	S20
Fabbri N.,	S96	Marinelli A.,	S139
Fabbriciani C.,	S116, S223	Marino M.,	S301
Faldini A.,	S20, S297	Marra A.I.,	S198
Faldini C.,	S6, S183, S312	Martini A.,	S75
Falez F.,	S31	Masetti C.,	S52
Fauci F.,	S131	Massari L.,	S255
Favetti F.,	S31	Mazzotta C.,	S91
Filardo G.,	S229	Menghi A.,	S223
Fontana C.,	S75	Menosso P.,	S79
		Mercuri M.,	S96, S250
Galvani A.,	S52, S135	Merolla G.,	S131
Gambrioli P.L.,	S124	Miele F.,	S85
Gasparini G.,	S116	Milandri L.,	S233
Ghilardi M.,	S112	Milani R.,	S170
Ghisellini F.,	S13	Monorchio P.,	S339
Giacometti Ceroni R.,	S26	Montano A.,	S85
Giannini S.,	S6, S37, S162, S183, S215, S243, S312	Mordente G.,	S13
Giannotti S.,	S112	Morongin M.C.,	S322
Giardina F.,	S135	Moroni A.,	S6
Giron F.,	S88	Mosca M.,	S243
Giunti A.,	S1	Murena L.,	S66
Gloria A.,	S209		
Grandi G.,	S312	Nannerini M.,	S267
Grigolo B.,	S215	Nanni M.,	S312
Guarino V.,	S209	Nicolais L.,	S209
Guerra E.,	S139	Nicoletta F.,	S233
Guido G.,	S112		
Gusso M.I.,	S45	Odella F.,	S317
		Odella S.,	S317
Innocenti M.,	S45	Oransky M.,	S267
Izzo V.,	S116		
		Pagkrati S.,	S312
Kon E.,	S229	Pagnuzzato C.,	S26
		Paladini P.,	S131
Lamponi F.,	S267	Palmisani M.,	S289
Laus M.,	S71	Palmonari M.,	S55
Leardini A.,	S162	Panegrossi G.,	S31
Leo R.,	S317	Papalia M.,	S31
Leonetti D.,	S312	Paschetto D.,	S301
Lisanti M.,	S20, S280	Pavlidou M.,	S285
Logroscino C.A.,	S155	Pederzini L.,	S233
Loschi R.,	S144	Pfanner S.,	S151
		Pignatti G.,	S1

Pilla F.,	S28, S52	Tarallo L.,	S335
Piolanti N.,	S20	Tartarone M.,	S91
Piovani L.,	S102	Tassinari E.,	S52, S135
Pola E.,	S155	Toni A.,	S28, S52, S55, S135
Porcellini G.,	S131	Tortora M.,	S267
Porpora G.,	S339	Toscano A.,	S96
Postorino A.,	S306	Tosi M.,	S233
Prandini M.,	S233	Traina F.,	S28, S52, S135, S200
Pullen C.,	S107	Trevisani S.,	S276
		Tripodo A.,	S233
Ragone V.,	S107	Troiani F.,	S85
Randelli M.,	S124		
Riccardi D.,	S339	Vannini F.,	S6, S215, S243
Riccardi G.,	S339	Varotto D.,	S306
Riccio V.,	S339	Vasina P.G.,	S55
Rossi P.,	S48	Vicenzi G.,	S55
Rossi R.,	S48	Villano M.,	S45
Rossi S.,	S102	Vinci E.,	S124
Rotini R.,	S139	Viola G.,	S177
Rovesta C.,	S322	Volpe A.,	S306
Ruggieri P.,	S96		
		Zaffagnini S.,	S229
Sadile F.,	S60	Zagra L.,	S26
Samaila E.,	S177	Zanotti G.,	S75
Santaiti D.,	S91	Zappoli F.A.,	S71
Schiavone Panni A.,	S91	Zatti G.,	S66
Setti S.,	S255	Zottola V.,	S42
Sibelli P.,	S48		
Stacca F.,	S335		
Stea S.,	S200		
Stroppa S.,	S102		
Sudanese A.,	S28, S55		
Surace M.F.,	S66		

Finito di stampare nel mese di Ottobre 2007
presso le Industrie Grafiche della Pacini Editore S.p.A.
Via A. Gherardesca • 56121 Ospedaletto • Pisa
Telefono 050 313011 • Telefax 050 3130300
Internet: <http://www.pacineditore.it>

