

TRATTAMENTO DELLA PSEUDOARTROSI DI ULNA CON PLACCA LCP, INNESTO DA CRESTA ILIACA E PRP.

L. TARALLO¹, R. ADANI², E. MORANDINI², R. MUGNAI¹, F. CATANI¹

¹Clinica Ortopedica e Traumatologica, Azienda Ospedaliera Universitaria Policlinico Modena, Largo del Pozzo 71, Modena

²U. O. C. Chirurgia della Mano, Azienda Ospedaliera Universitaria Integrata Verona, Policlinico GB Rossi, Piazzale LA Scurio 10, Verona

Treatment of the ulna non-unions using LCP plate, iliac bone crest grafting and autologous platelet rich plasma. SUMMARY

Introduction: Few reports have been published to help in guiding the treatment of diaphyseal forearm non-unions and in particular regarding isolated ulna non-unions. Aim of this work is to report our experience in the treatment of diaphyseal ulna non-union. **Methods:** Clinical study of a series of ten patients treated between 2004 and 2009 for non-unions of the ulna. The patients have been treated with osteosynthesis using a dynamic compression plate and biological enhancement of the consolidation using bone graft and autologous platelet injection. The follow-up consisted of clinical and radiographic assessment. Functional scores used were the Visual Analogue Scale (VAS) for pain and the Disability Assessment for the Shoulder and Hand (DASH) questionnaire. **Results:** The mean time of follow-up was 21 months. Considering both clinical and radiological criteria, bony union was achieved in 9/10 cases on average time of 4 months. According to the system of Anderson, 5 patients provided an excellent result, 2 a satisfactory result, 2 an unsatisfactory result and 1 treatment resulted in failure. At follow-up, the mean VAS score for pain in the upper limb was 1 (range, 0–4) at rest and 2 (range, 0–7) during activities. The physical function and symptoms of the upper limb, evaluated with the DASH questionnaire, scored 17 points. **Conclusions:** In conclusion, at a mean 21 months follow-up, there was high success regarding both forearm alignment, clinical and functional results. The use of three combined methods provides high success regarding both radiological and clinical results, even if we have no information on the prevalent efficacy of one particular method.

Riv Chir Mano 2013; 1: 54-61

KEY WORDS

Ulna non-union, Bone grafting, Autologous Platelet Rich Plasma, LCP plate, Plate fixation

RIASSUNTO

Introduzione: Pochi sono i lavori pubblicati in letteratura riguardanti il trattamento delle pseudoartrosi di avambraccio e in particolare quelli sulle pseudoartrosi isolate di ulna. Scopo del presente lavoro è riportare l'esperienza acquisita nel trattamento delle pseudoartrosi diafisarie isolate di ulna. **Materiali e Metodi:** Dieci pazienti sono stati trattati dal 2004 al 2009 per pseudoartrosi isolata di ulna. Si è sempre utilizzata un'osteosintesi con placca a compressione dinamica associata all'impiego di potenziatori biologici della consolidazione quali l'innesto osseo e il concentrato piastrinico filtrato, entrambi autologhi. Il follow-up è stato sia clinico che radiografico. I pazienti sono stati valutati utilizzando la Visual Analogue Scale (VAS) il Disability Assessment for the Shoulder and Hand (DASH). **Risultati:** Il follow-up medio è stato di 21 mesi. La consolidazione ossea, utilizzando criteri sia clinici che radiografici, è stata ottenuta in 9 casi su 10, ad una media di circa 4 mesi. Secondo il sistema di valutazione di Anderson, 5 pazienti hanno ottenuto un risultato eccellente, 2 soddisfacente, 2 insoddisfacente e un solo caso è stato caratterizzato da insuccesso. Al follow-up il VAS score medio per il dolore dell'arto superiore è stato di 1 a riposo (ran-

ge, 0-4) e di 2 (range, 0-7) durante l'attività. La funzionalità valutata con il questionario DASH ha espresso un punteggio medio di 17. **Conclusioni:** I risultati ottenuti hanno evidenziato un'alta percentuale di risultati positivi. L'associazione simultanea delle tecniche presentate ha determinato l'alto numero dei buoni risultati, pur non avendo espresso informazioni specifiche riguardo la prevalenza dell'efficacia medica di questa metodica sulle altre presenti in letteratura.

PAROLE CHIAVE

Pseudoartrosi ulna, Innesto osseo, PRP, Placca LCP, Osteosintesi

INTRODUZIONE

Poco è disponibile in letteratura in merito al trattamento delle pseudoartrosi diafisarie di avambraccio (1,2) e in particolare riguardo alla pseudoartrosi isolata di ulna (3). Le pseudoartrosi di avambraccio sono generalmente associate a un trauma complesso, a insufficiente riduzione iniziale della frattura, a complicanze quali l'infezioni o a una precoce mobilizzazione dell'arto interessato (4). Il tasso d'incidenza delle pseudoartrosi di ulna, riportato in letteratura, varia dal 2 al 10% (5,6). Le fratture diafisarie di avambraccio differiscono da tutte le altre fratture diafisarie per la stretta relazione anatomica tra radio e ulna e per i loro movimenti reciproci (1) tanto che queste lesioni possono essere considerate alla stregua di fratture articolari (1). La pronazione e la supinazione dell'avambraccio avvengono a livello dell'articolazione radio-omeroale distale, radio-ulnare prossimale e distale. Il fallimento nel ricostruire i fisiologici rapporti anatomici tra radio e ulna si manifesterà sulle articolazioni prossimali e distali dell'avambraccio con conseguente deficit funzionale (1). La forma, la lunghezza e la distanza tra radio e l'ulna influenzano, anch'esse, la funzionalità del polso. Per questo motivo un intervento chirurgico deve garantire una buona stabilità ossea, stimolarne la riparazione e ricostituire la fisiologica morfologia di entrambe le ossa dell'avambraccio. Solo rispettando questi concetti sarà possibile garantire la normale flessione-estensione del gomito, la pronazione, la supinazione e la forza di presa. Nella maggior parte dei casi il trattamento si basa sulla combinazione di una sintesi stabile

ottenuta con una placca e l'utilizzo di elementi strutturali non vascolarizzati quali gli innesti di osso autologo (7) o vascolarizzati (8,9). I secondi sono solitamente impiegati per difetti ossei di dimensioni maggiori di 6 cm. Il perone vascolarizzato, per forma e dimensioni, è quello che meglio si adatta alla ricostruzione delle ossa dell'avambraccio (9). Nel caso di pseudoartrosi atrofiche, l'utilizzo di potenziatori biologici è sicuramente utile per "migliorare" l'ambiente cellulare e molecolare della frattura (10). E' stato recentemente introdotto, al fine di favorire la guarigione della pseudoartrosi, il plasma autologo ricco di piastrine (PRP) sotto forma di piastrine attivate. Un gel piastrinico (PG) può essere considerato come una fonte autologa di fattori di crescita concentrati coinvolti nei processi riparativi tramite l'attivazione della proliferazione e della chemiotassi di cellule mesenchimali, osteoblasti e condrociti (11). Esistono pochi studi sull'utilità clinica dei PG nelle pseudoartrosi o nei ritardi di consolidazione di ossa lunghe, con risultati non sempre omogenei (12,13). In questo studio retrospettivo abbiamo valutato 10 pazienti con una pseudoartrosi isolata di ulna con un difetto osseo di massimo 5 cm trattati con innesto osseo corticospongioso da cresta iliaca, placca a compressione dinamica e iniezione di gel piastrinico autologo.

MATERIALI E METODI

In un periodo di 6 anni, dal 2004 al 2009, sono stati trattati 10 pazienti affetti da pseudoartrosi isolata di ulna. I criteri d'inclusione in que-

sto studio sono stati la presenza di una pseudoartrosi con un difetto osseo compreso tra 1 e 5 cm di lunghezza dovuta a una frattura di origine traumatica dell'ulna che non aveva evidenziato segni radiografici di guarigione dopo un minimo di sette mesi dal trauma. Sono stati esclusi dallo studio i pazienti con pseudoartrosi non traumatiche dell'ulna, con pseudoartrosi associate di radio, con pseudoartrosi infette o con deficit neurologici associati dell'arto superiore omolaterale. Sono stati selezionati 7 uomini e 3 donne con un'età media di 36.5 anni (range, 16-50 anni) (Tabella 1). Il difetto era localizzato all'avambraccio destro in 6 casi e in 4 a sinistra. Il trauma è stato in 5 pazienti motociclistico, in 4 una caduta accidentale e nel restante caso un trauma sportivo. Il trattamento iniziale è stato di una sintesi con placca e viti in 6 pazienti, un inchiodamento endomidollare in 2 e una immobilizzazione in apparecchio gessato in un solo paziente.

Il tempo medio trascorso tra la frattura iniziale e il trattamento della pseudoartrosi è stato di 11.5 mesi (range, 7-32 mesi).

TECNICA CHIRURGICA

Il sito di pseudoartrosi è stato raggiunto con un accesso posteriore diretto, con estrema cautela per evitare un eccessivo distacco delle strutture muscolari e del periostio. Si è sempre proceduto a una ampia rimozione del tessuto fibroso e dell'osso sclerotico dal sito di pseudo artrosi. I monconi ossei devono essere cruentati fino alla comparsa di tessuto osseo sano e ben vascolarizzato, la risposta riparativa è, infatti ulteriormente stimolata perforando le due estremità ossee sclerotiche. Il difetto osseo residuo deve essere misurato in modo da prelevare dalla cresta iliaca, generalmente contro-laterale un innesto corticospon-

Tabella 1. caratteristiche del paziente, tipo di trauma e parametri pre-operatori. ORIF: riduzione a cielo aperto e fissazione interna; IM incidente motociclistico.

Paziente	Età, Sesso	Fumatore	Trauma	Trauma iniziale e lato	Classificazione	Trattamento iniziale	Tempo intercorso (mesi)	Classificazione radiografica pseudoartrosi	Gap osseo (cm)
1	25 M	SI	IM	Monteggia, dx	Bado, dx	ORIF, tipo III	11 chiodo	Atrofica	3
2	35 M	NO	IM	Diafisaria radio-ulna, sx	A1	Gesso	7	Atrofica	3.5
3	16 M	NO	Caduta	Diafisaria radio-ulna, sx	A3	ORIF, Placca	9	Atrofica	2.5
4	47 F	SI	Caduta	Monteggia, dx	Bado , tipo III	ORIF, chiodo	8	Atrofica	5
5	34 M	SI	IM	Diafisaria radio-ulna, sx	A3	ORIF, Placca	32	Atrofica	4.5
6	31 M	SI	IM	Monteggia, dx	Bado , tipo IV	ORIF, Placca	7	Atrofica	3.5
7	36 M	NO	IM	Diafisaria radio-ulna, dx	B3	ORIF, Placca	15	Atrofica	3
8	50 F	NO	Caduta	Diafisaria ulna, dx	B1	ORIF, Placca	7	Ipertrofica	-
9	63 F	NO	Caduta	Diafisaria radio-ulna, sx	B3	ORIF, Placca	8	Atrofica	2.5
10	28 M	NO	Sport	Diafisaria radio-ulna, sx	B3	ORIF, Placca	7	Atrofica	2

gioso della lunghezza corretta. Abbiamo utilizzato la tecnica di Nicoll modificata da Davey e Simonis (14) che consiste nel “creare” un difetto osseo di forma trapezoidale. L’innesto osseo dopo essere stato accuratamente modellato, è posizionato all’interno del difetto osseo. (Fig 1). Il vantaggio di questa tecnica consiste nell’aumen-

tare l’area di contatto osseo e permette all’innesto di adattarsi nella posizione corretta. La sintesi ossea è stata effettuata con una placca da 3.5 mm a compressione dinamica (LC-DCP, Synthes, Paoli, PA) con una media di 10 fori (range 7-12 fori), con 3 viti corticali da ogni lato della pseudoartrosi (Fig 1). La superficie corticale dell’in-

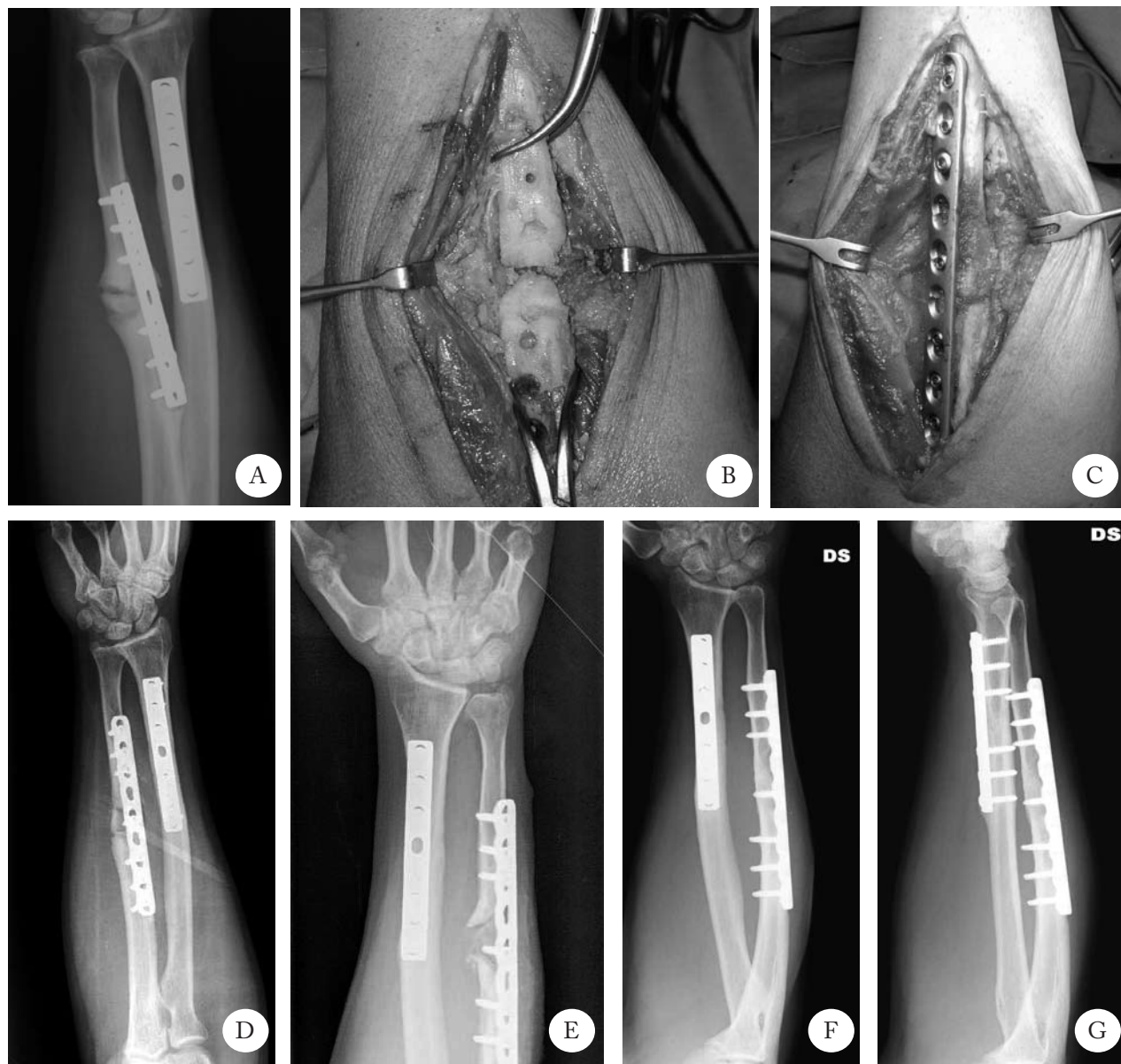


Figura 1. A) Aspetto radiografico di pseudoartrosi atrofica. B, C) Quadro intraoperatorio, dopo pulizia chirurgica con rimozione del focolaio di pseudoartrosi e creazione di un difetto osseo di forma trapezoidale, seguendo la tecnica di Nicoll modificata. Apposizione di un innesto cortico spongioso e sintesi con placca LCP. D, E) Controllo rx postoperatorio. F, G) controllo rx a distanza a consolidazione avvenuta.

nesto è solitamente posizionata dal lato opposto rispetto alla placca, al fine di garantire una compressione quanto mai stabile. La corretta lunghezza e l'asse sono quindi ripristinati grazie a controlli scopici intraoperatori eseguiti nelle tre proiezioni: AP, laterale e obliqua. L'arto è inizialmente immobilizzato in apparecchio gessato per 20-30 giorni con gomito flessa a 90° e avambraccio in rotazione intermedia.

Prima della dimissione tutti i pazienti sono stati istruiti a muovere le dita dell'arto operato (flessione ed estensione) per un minimo di 10 minuti ogni ora fino alla rimozione dell'apparecchio gessato per favorire una buona circolazione, mantenere il tono muscolare e prevenire un'osteopenia da disuso dell'arto superiore.

Due giorni prima dell'intervento sono prelevati dal paziente 450 cc di sangue venoso e posizionati in contenitori dedicati contenenti citrato/citrico e acido/dextrose. I contenitori sono quindi centrifugati per 20 minuti a 180 giri ottenendo 3 strati: quello inferiore composto da globuli rossi, l'intermedio da globuli bianchi e quello superiore da plasma. Lo strato di plasma viene poi ulteriormente centrifugato per 15 minuti a 580 giri per ottenere 2 parti: quella superiore (80%) costituita da plasma povero di piastrine (PPP) e la porzione inferiore (20%) da plasma ricco di piastrine (PRP). Il PPP viene mescolato a calcio gluconato per preparare trombina autologa, ottenuta eliminando la parte coagulata. Il giorno dell'intervento, il PRP viene attivato addizionandolo con la trombina autologa e il calcio gluconato ottenendo in questo modo il gel piastrinico (PG) pronto per essere iniettato nel sito di pseudoartrosi (Fig 2).

Il planning preoperatorio include Rx di avambraccio, polso e gomito, sia in proiezione antero-posteriore che laterale. I risultati clinici e radiografici sono stati valutati con una media di 21 mesi di *follow-up* dopo l'intervento chirurgico, con un range compreso tra 7 e 40 mesi.

I parametri di valutazione radiografica di guarigione della pseudoartrosi sono stati tre: la chiusura del sito fratturativo con un ponte osseo (callo o formazione di osso trabecolare), la consolidazione della frattura a livello delle corticali e in-

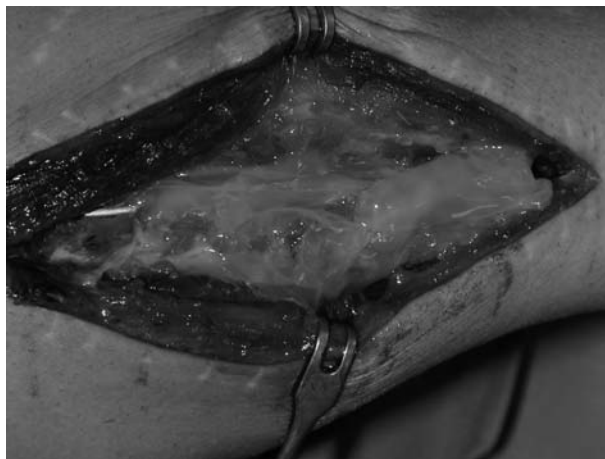


Figura 2. *Aspetto intraoperatorio di pseudoartrosi di ulna trattata con placca LCP, innesto osseo autologo e "copertura" con PRP.*

fine la scomparsa della linea fratturativa (o in alternativa la continuità delle corticali).

Abbiamo considerato il rimodellamento dell'innesto in base, a criteri radiografici e clinici. I criteri radiografici consistono nella presenza di un callo osseo in almeno tre delle quattro corticali grazie all'integrazione dell'innesto evidenziabile con esami Rx e in alcuni casi con TAC. I criteri clinici includono invece la capacità del paziente di portare pesi con l'arto interessato, di svolgere le attività quotidiane e infine la presenza di dolore nel sito fratturativo durante la palpazione e la valutazione clinica.

La funzionalità dell'avambraccio è stata valutata con il sistema di Anderson (15), secondo il quale è da considerarsi *eccellente* una consolidazione con meno del 10° di perdita di mobilità di gomito o polso e meno del 25% di rotazione dell'avambraccio, *soddisfacente* una frattura consolidata con una perdita di mobilità di polso e gomito inferiore al 20% e una rotazione dell'avambraccio inferiore al 50%. E' valutata come *insoddisfacente* una frattura consolidata con più di 30° di perdita di ROM di polso o gomito e più del 50% di perdita di rotazione dell'avambraccio; sono invece *insuccessi* la persistenza della pseudoartrosi o di una osteomielite cronica.

Il dolore a livello dell'avambraccio è stato valutato con la scala Visual Analogue Scale (VAS) con

un punteggio da 0 a 10 dove 0 rappresenta la completa assenza di dolore e 10 rappresenta il massimo del dolore. La disabilità dell'arto superiore è stata invece valutata con il Disabilities of Arm, Shoulder, Hand (DASH) che consiste in un questionario di 30 domande atte a valutare la funzionalità fisica e sociale e la sintomatologia. I risultati ottenuti variano da 0 a 100, dove un punteggio elevato sta ad evidenziare una severa disabilità (16).

RISULTATI

Secondo la classificazione di Weber e di Cech (17), 9 casi sono stati identificati come pseudoartrosi atrofici e solo una come ipertrofica (Tabella 1). Un paziente ha richiesto una successiva revisione chirurgica per rottura della placca LCP due mesi dopo il primo intervento; dopo 40 mesi l'innesto aveva riempito completamente il gap osseo e si era completamente integrato nella sua porzione prossimale ma non a livello distale. Non si sono inoltre evidenziati casi di complicanze a livello del sito donatore, a parte il dolore nei primi giorni postoperatori, scomparso spontaneamente e senza interferire con la deambulazione e le attività quotidiane.

Il *follow-up* medio dei pazienti è stato di 21 mesi (range, 7-40 mesi) (Tabella 2). Secondo cri-

teri radiografici e clinici l'innesto si è rimodellato in una media di 4.11 mesi (Tabella 2). In particolare in 6 casi, con un gap osseo medio di 2.25 cm (range, 2- 3.5 cm) il tempo medio di guarigione è stato di 3.67 mesi (range, 3- 5 mesi), mentre nei restanti 3 pazienti, con un difetto medio di 4.33 (range, 3.5- 5 cm) il tempo medio di guarigione è stato di 5 mesi (range, 5-6 mesi). L'ulna è sempre guarita con meno di 10° di angolazione.

Il ROM post-operatorio medio in tutti i pazienti è stato di 135° (range, 125°-145°) di flessione del gomito con una perdita di flessione media di 2° (range, 0°-2°). La pronazione è stata in media di 69° (range, 54°-78°) e la supinazione di 74° (range 63°-85°). Al polso il range medio di flessione è stato di 69° (range, 56°-80°) e d'estensione di 65° (range, 50°-70°) (Fig 1). Secondo il sistema di Anderson 5 pazienti hanno avuto un risultato eccellente, 2 soddisfacente, 2 insoddisfacente e uno è stato un insuccesso.

Il VAS score medio per il dolore è stato di 1 (range, 0-4) a riposo e di 2 (range, 0-7) durante l'attività. La funzionalità e la sintomatologia dell'arto superiore, valutate con il questionario DASH, sono state di 17 punti (range, 0-36.7) (Tabella 2). I pazienti sono tornati alle proprie attività professionali in media 4 mesi dopo l'intervento. Pazienti giovani e attivi hanno ri-

Tabella 2. Parametri post-operatori. F.U. follow-up; DASH disability of arm, shoulder and hand

Paziente	F.U. (mesi)	Tempo guarigione (mesi)	Rientro lavoro (mesi)	Attività sportiva (mesi)	Dolore riposo (VAS)	Dolore attività (VAS)	Gomito Flessione/ Estensione	Polso Flessione / Estensione	Avambraccio Pronazione/ Supinazione	Risultati (Anderson)	DASH
1	40	-	8	36	5	7	128/12	60/64	77/65	Fallimento	36.7
2	7	3	4	4	0	0	140/2	74/68	72/80	Eccellente	4.2
3	8	3	-	3	0	0	125/0	68/64	70/72	Soddisfacente	26.7
4	17	5	5	-	0	3	137/0	57/62	60/66	Insoddisfacente	25
5	7	4	3	5	0	2	135/0	80/68	69/72	Eccellente	12.1
6	29	6	4	6	2	4	130/5	56/50	54/63	Insoddisfacente	29.2
7	24	4	5	3	0	0	143/0	72/70	78/85	Eccellente	0
8	32	4	2	-	0	1	138/0	77/70	74/78	Eccellente	6.9
9	20	5	-	-	2	3	127/4	70/63	65/80	Soddisfacente	20.8
10	26	3	4	4	0	2	145/0	74/68	75/78	Eccellente	8.6

preso le proprie attività sportive da 3 a 36 mesi dopo l'intervento.

Solo un paziente (caso n°1) ha evidenziato al controllo clinico la persistenza del focolaio di pseudoartrosi distalmente all'innesto osseo, con però una buona motilità sia dell'avambraccio che del polso dovuta alla stabilità fornita dal sistema LCP. Al momento il paziente ha rifiutato successivi interventi chirurgici.

DISCUSSIONE

Gli scopi del trattamento chirurgico di una pseudoartrosi isolata di ulna sono quindi quelli di ripristinare l'allineamento e la lunghezza per ricostituire i rapporti tra le ossa dell'avambraccio e la loro funzione in termini di flessione-estensione di gomito e polso, pronazione e supinazione. L'utilizzo associato di placche di stabilizzazione e d'innesto d'osso autologo garantisce la restituzione dell'allineamento e della lunghezza mediante un assemblaggio solido che consenta la precoce mobilizzazione dell'avambraccio. Nicoll è stato uno dei primi autori a descrivere l'utilizzo d'innesti ossei corticospongiosi nel trattamento delle pseudoartrosi di avambraccio (18), tecnica che poi è stata ampiamente ripresa da altri (2,6,7). L'innesto osseo più utilizzato è quello autologo (11) prelevabile da differenti distretti anatomici. La cresta iliaca risulta a tutt'oggi la più utilizzata per la sua ricchezza in cellule staminali e in fattori di crescita, per la ridotta morbidità del sito donatore, per la quantità d'osso disponibile e per la facilità di prelievo (19). In questo studio l'uso d'innesto osseo corticospongioso da cresta iliaca associato a una placca a compressione dinamica e all'iniezione di gel piastrinico autologo hanno dimostrato essere una tecnica chirurgica efficace per il trattamento delle pseudoartrosi isolate, acquisite e asettiche d'ulna.

Considerando sia i risultati clinici che radiografici, la guarigione della frattura è avvenuta in 9 pazienti su 10 a una media di 4.11 mesi dall'intervento, con un tempo di guarigione più lungo per pazienti con gap ossei maggiori. Riteniamo

che la capacità di ottenere la guarigione dipenda più dalla vitalità dei monconi ossei che non dalla lunghezza dell'innesto, anche se quest'ultimo può influenzare il tempo di consolidazione. Il ROM medio è comparabile con i risultati riportati in studi simili (2,3,20).

La consolidazione ossea è stata ottenuta dopo una media di 4 mesi, in accordo con i tempi di consolidazione riportati nella letteratura attuale senza utilizzo di PG (3,19). Questa osservazione supporta l'ipotesi secondo la quale la supplementazione isolata di PG non sia efficace nel ridurre il tempo di guarigione della pseudoartrosi di ossa lunghe, sebbene si debba prestare cautela nell'interpretare questi risultati per via della mancanza di un gruppo di controllo, per l'esiguo numero di pazienti trattati e per la presenza di altre variabili, come la tecnica chirurgica e la tecnica di preparazione del PG. Risultati incerti riguardo l'uso di PG sono stati riportati sia in trattamenti chirurgici di pseudoartrosi al rachide che alle ossa lunghe (13), anche se risultati positivi sono apparsi sia per la chirurgia orale che per quella maxillo-facciale (22). Nella popolazione studiata il livello medio di dolore, misurato con la scala VAS è risultato simile a quello riportato da Faldini et al. (6). Nonostante ciò, riguardando la letteratura a disposizione, non abbiamo trovato alcuno studio che abbia utilizzato il DASH score per quantificare la disabilità dell'arto superiore in seguito ad un trattamento per pseudoartrosi di ulna. Alcuni recenti studi sul trattamento delle fratture diafisarie di radio e/o ulna (23,24) hanno riportato DASH score medi e ROM comparabili con quelli ottenuti nel nostro studio. Malgrado l'effetto del fumo di sigaretta sulle pseudoartrosi di avambraccio non sia conosciuto, Chen et al. (25) hanno dimostrato come in osteotomie di accorciamento di ulna, i fumatori abbiano una guarigione ritardata di circa 3 mesi rispetto ai soggetti non fumatori. Nel nostro studio l'abitudine al fumo sembrerebbe influenzare il processo di guarigione, essendo infatti avvenuta in un fumatore l'unica mancata guarigione. Gli altri 3 fumatori della popolazione analizzata hanno avuto un tempo medio di guarigione maggiore rispetto ai non fumatori.

Il risultato in questo studio è che l'innesto di osso corticospongioso, la placca a compressione dinamica e il gel piastrinico sono una procedura valida per il trattamento di pseudoartrosi acquisite isolate, asettiche di ulna. Futuri studi controllati usando questo gruppo di pazienti, ma con un campione più ampio, sono auspicabili per comparare questo tipo d'approccio con le altre tecniche presenti in letteratura.

BIBLIOGRAFIA

1. Richard MJ, Ruch DS, Aldridge JM III. Malunions and nonunions of the forearm. *Hand Clin* 2007;23:235-243
2. Ring D, Allende C, Jafarnia K, Allende BT, Jupiter JB. Ununited diaphyseal forearm fractures with segmental defects: plate fixation and autogenous cancellous bone-grafting. *J Bone Joint Surg (Am)* 2004; 86:2440-2445
3. Ring D, Jupiter JB, Gulotta L. Atrophic nonunions of the proximal ulna. *Clin Orthop Relat Res* 2003; 409:268-274
4. Chapman MW, Gordon JE, Zissimos AG. Compression plate fixation of acute fractures of the diaphyses of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg (Am)* 1989; 71:159-169
5. Wey SY, Born CT, Abene A, Ong A, Hayda R, DeLong WG Jr. Diaphyseal forearm fractures treated with and without bone graft. *J Trauma* 1999; 6:1045-1048
6. Faldini C, Pagkrati S, Nanni M, Menachem S, Giannini S. Aseptic forearm non-unions treated by plate and opposite fibular autograft strut. *Clin Orthop Relat Res* 2009;467: 2125-2134
7. Enneking WF, Eady JL, Burchardt H. Autogenous cortical bone grafts in the reconstruction of segmental skeletal defects. *J Bone Joint Surg (Am)* 1980;62:1039-1058
8. Adani R, Delcroix L, Innocenti M, Marcoccio I, Tarallo L, Celli A, Ceruso M. Reconstruction of large posttraumatic skeletal defects of the forearm by vascularized free fibular graft. *Microsurgery* 2004;24:423-429
9. Adani R, Delcroix L, Tarallo L, Baccarani A, Innocenti M. Reconstruction of posttraumatic bone defects of the humerus with vascularized fibular graft. *J Shoulder Elbow Surg* 2008;17: 578-584
10. Panagiotis M. Classification of non-union. *Injury* 2005;36: S30-S37
11. 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;84:1032-1044
12. Kanthan SR, Kavitha G, Addi S, Choon DS, Kamarul T. Platelet-rich plasma (PRP) enhances bone healing in non-united critical-sized defects: A preliminary study involving rabbit model. *Injury* 2011; 42:782-789
13. Calori GM, Tagliabue L, Gala L, D'Imporzano M, Peretti G, Albisetti W. Application of rhBMP-7 and platelet-rich plasma in the treatment of long bone non-unions: a prospective randomised clinical study on 120 patients. *Injury* 2008; 39:1391-1402
14. Davey PA, Simonis RB. Modification of the Nicoll bone grafting technique for non-union of the radius and/or ulna. *J Bone Joint Surg (Br)* 2002; 84:30-33
15. Anderson LD. Compression plate fixation and the effect of different types of internal fixation on fracture healing. *J Bone Joint Surg (Am)* 1965; 47:191-208
16. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand) (corrected). The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med* 1996; 29:602-608
17. Weber BG, Cech O. In pseudoarthrosis: pathology, biomechanics, therapy, results. Hans Huber Medical Publisher, Berne 1976, pp 13-43
18. Nicoll EA (1956) The treatment of the gaps in long bones by cancellous insert grafts. *J Bone Joint Surg (Br)* 1956;1:70-82
19. Sen MK, Miclau T. Autologous iliac crest bone graft: should it still be the gold standard for treating non-unions. *Injury* 2007;38:S75-S80
20. Kloen P, Wiggers JK, Buijze GA (2010) Treatment of diaphyseal non-unions of the ulna and radius. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130:1439-144521
21. Carreon LY, Glassman SD, Anekstein Y, Puno RM. Platelet gel (AGF) fails to increase fusion rates in instrumented posterolateral fusions. *Spine* 2005; 30:E243-E246
22. Marx RE (2004) Platelet-rich plasma: evidence to support its use. *J Oral Maxillofac Surg* 2004; 62:489-496
23. Siebenlist S, Torsiglieri T, Kraus T, Burghardt RD, Stöckle U, Lucke M (2010) Comminuted fractures of the proximal ulna—Preliminary results with an anatomically preshaped locking compression plate (LCP) system. *Injury* 2010; 41:1306-1311
24. Henle P, Ortlieb K, Kuminack K, Mueller CA, Suedkamp NP. Problems of bridging plate fixation for the treatment of forearm shaft fractures with the locking compression plate. *Arch Orthop Trauma Surg* 2011;131:85-91
25. Chen F, Osterman AL, Mahoney K. Smoking and bony union after ulna-shortening osteotomy. *Am J Orthop* 2001;30:486-489