

IL TRATTAMENTO DELLE PERDITE DI SOSTANZA OSSEA POST-TRAUMATICHE DELL'AVAMBRACCIO MEDIANTE IL PERONE VASCOLARIZZATO

R. ADANI, L. DELCROIX¹, M. INNOCENTI¹, I. MARCOCCIO, L. TARALLO, M. CERUSO¹

Dipartimento delle Emergenze-Urgenze - Sezione di Ortopedia e Traumatologia,
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

¹Unità di Chirurgia della Mano e Microchirurgia Ricostruttiva, CTO, Firenze

Reconstruction of large post-traumatic skeletal defects of the forearm by vascularized free fibular graft.

SUMMARY

Purpose: *The most common application of vascularized bone grafts has been in the reconstruction of the lower extremity. However the indications for vascularized bone grafts in the upper extremity have been expanded, as this technique become more widely appreciated. The aim of this study is to report the experience acquired in the treatment of post-traumatic bone losses of the forearm with the use of a vascularized fibular graft. Materials and Methods:* *Between 1993-2000 twelve patients (6 men and 6 women) who had segmental bone defects following trauma of the forearm were managed with vascularized fibular grafts. The average age was 39 years (range: 16-65 years). The reconstructed sites were the radius in eight patients and the ulna in four. The length of the bone defect ranged from 6 to 13 cm. In four cases the fibular graft was taken as a vascular osteoseptocutaneous fibular graft. For the fixation of the grafted fibula, plates were used in ten cases, screws and Kirschner wires in two. In these two cases an external skeletal fixator was used for immobilization of the extremity. Results:* *The follow-up period ranged from 93 to 10 months. Eleven grafts were successful. There were no cases with fractures of the grafted bone, but non-union occurred at the proximal site in one case and only one patient required additional bone graft. No patient had evidence of resorption of the graft or symptoms referable to the donor leg. No recurrence of local infection was encountered in the presence of previous osteomyelitis. The mean period needed to obtain a radiographic bone union was 4,8 months (range 2,5 to 8 months). Conclusions:* *The use of the fibula grafts allows, through the transfer of a segment of diaphyseal bone that is structurally similar to the radius and to the ulna, the reconstruction of most skeletal defects in the forearm. The vascularized fibular graft is indicated in patients with intractable nonunions where conventional bone grafting has failed or with large bone defects (in excess of 6 cm) in the radius or ulna. Riv Chir Mano 2003; 40: 89-100*

KEY WORDS

Forearm, skeletal defects, osteomyelitis, pseudoarthrosis, vascularized fibular graft

RIASSUNTO

Scopo: *Gli innesti ossei vascolarizzati sono stati inizialmente utilizzati nelle ricostruzioni dell'arto inferiore. I buoni risultati ottenuti hanno consentito di estendere le indicazioni al loro impiego a livello dell'arto superiore. Scopo di questo lavoro è riportare l'esperienza maturata nelle perdite di sostanza ossea post-traumatiche dell'avambraccio mediante l'impiego del perone vascolarizzato. Materiali e Metodi:* *Nel periodo compreso tra il 1993-2000, 12 pazienti con ampie perdite di sostanza ossea di origine post-traumatica dell'avambraccio, sono stati trattati mediante il perone vascolarizzato. Si è trattato di 6 uomini e 6 donne, con un'età media di 39 anni, compresa tra 16 e 65 anni. Il radio è stato ricostruito in otto casi e l'ulna in quattro; la lunghezza del difetto osseo è stata compresa tra 6 e 13 cm. In 4 casi il perone è stato prelevato in associazione al lembo septocutaneo. La sintesi del perone è stata effettuata in 10 casi mediante placche e solo in due pazienti si è utilizzata una sintesi con fili e viti in associazione con il fissatore esterno. Risultati:* *Undici pazienti (un caso è stato caratterizzato dall'insuccesso) sono*

Arrived: 23 April 2003

Accepted: 3 June 2003

Correspondence: Dr. Roberto Adani, Clinica Ortopedica e Traumatologica - Policlinico - Largo del Pozzo, 71 - 41100 Modena
Tel. 059-4222549 - Fax 059-4224313 - E-mail: adani.roberto@unimo.it

stati controllati ad una distanza compresa tra 93 e 10 mesi dall'intervento chirurgico. In nessun paziente si sono verificate delle fratture secondarie, in un caso è stato necessario effettuare un successivo innesto osseo al fine di ottenere la totale consolidazione. In un solo paziente non si è ottenuta la "completa integrazione" del perone causa la non consolidazione in sede prossimale dell'innesto. Non si sono riscontrate recidive dei processi infettivi nei pazienti con preesistenti focolai osteomielitici. Il tempo medio di consolidazione è stato di 4,8 mesi (compreso tra 2,5 e 8 mesi).

Conclusioni: *L'impiego del perone vascolarizzato consente, trasferendo un segmento di osso diafisario strutturalmente simile al radio e all'ulna, di ricostruire ampie perdite di sostanza ossea a carico dell'avambraccio. Riteniamo il perone vascolarizzato indicato in casi selezionati, in cui gli interventi convenzionali non abbiano avuto successo, e soprattutto in situazioni con perdite di sostanza ossea a carico del radio e dell'ulna superiori a 6 cm.*

PAROLE CHIAVE

Avambraccio, perdite di sostanza ossea, osteomielite, pseudoartrosi, perone vascolarizzato

INTRODUZIONE

Sono trascorsi quasi trent'anni dalla comparsa in letteratura del perone vascolarizzato (1) e attualmente si tratta di una tecnica consolidata e ampiamente diffusa nella pratica clinica.

L'uso del VFG (Vascularized Fibular Graft) nella chirurgia ricostruttiva dell'arto superiore è stato introdotto verso la fine degli anni 70 (2) e per parecchio tempo il suo utilizzo, nelle ricostruzioni post-traumatiche dell'avambraccio, è stato riservato a casi clinici isolati (3-8).

Nel 1984 Dell (9) ne descrive l'impiego nel trattamento delle pseudoartrosi infette dell'avambraccio, riportandone 4 casi.

Si deve attendere il 1991 per trovare in letteratura (10) una casistica significativa (10 casi) di pseudoartrosi e perdite di sostanza ossea interessanti il radio o l'ulna trattati mediante VFG.

Si tratta della maggior casistica attualmente riportata, nonostante siano stati pubblicati, anche recentemente, articoli riguardanti l'argomento (11-15).

Scopo di questo lavoro è riportare l'esperienza maturata nel trattamento delle perdite di sostanza ossea post-traumatiche dell'avambraccio mediante l'impiego del perone vascolarizzato.

MATERIALI E METODI

Nel periodo compreso tra il 1993 e il 2000, 12 pazienti (6 di sesso maschile e altrettanti di sesso femminile) sono stati trattati per ricostruire ampie

perdite di sostanza ossea, di origine post-traumatica, a livello dell'avambraccio, utilizzando il perone vascolarizzato.

L'età media è stata di 39 anni, compresa tra 16 e 65 anni.

La causa iniziale (Tab. 1) è stata in due pazienti una frattura isolata del radio (in un caso esposta), in uno una frattura isolata dell'ulna e in otto una frattura biossea d'avambraccio (in cinque casi esposta); in un paziente la causa scatenante è stata conseguente ad un errato intervento correttivo per morbo di Madelung.

La sintesi iniziale è stata effettuata mediante placche in otto pazienti, con fili di Kirschner (K.) in due (in uno in associazione con l'apparecchio gessato), con fissatore esterno in uno ed infine, nel caso n. 4, dopo aver effettuato l'osteotomia al radio per morbo di Madelung, si è utilizzato una sintesi con viti e cerchiaggio.

Tutti i pazienti erano stati precedentemente sottoposti a ripetuti interventi chirurgici, nel tentativo di risolvere la mancata consolidazione o per bonificare il focolaio infettivo; il numero è variato da 3 a 6, con una media di 4 interventi a paziente.

Durante queste fasi del trattamento, si è riscontrato nella maggior parte dei casi un processo osteomielitico (10 su 12).

Il tempo intercorso dall'evento traumatico iniziale al trattamento ricostruttivo è variato da un massimo di 96 mesi ad un minimo di 5 mesi con una media di 39 mesi.

Il radio è stato ricostruito in 8 casi e l'ulna in 4; il difetto osseo è risultato compreso tra 6 e 13 cm con una media di 8,4 cm (Tab. 2) (Fig. 1).

Tabella 1. *Valutazione pre-operatoria*

Caso	Età	Sesso	Lesione iniziale	Trattamento iniziale	N. Interventi effettuati	Infezione
1	49	F	Frattura radio	Sintesi con placca	5	si
2	65	M	Frattura radio e ulna	Sintesi con placche	6	si
3	16	M	Frattura radio e ulna esposta	Sintesi con placche	3	si
4	24	M	Intervento correttivo per m. di Madelung	Osteotomia ed innesto osseo	3	si
5	37	F	Frattura radio e ulna	Sintesi con placche	4	si
6	52	F	Frattura ulna	Sintesi con placca	3	no
7	59	F	Frattura radio e ulna esposta	Sintesi con placche	4	si
8	30	F	Frattura radio e ulna	Sintesi con placche	3	si
9	30	M	Frattura radio e ulna esposta con perdita di sostanza ossea	Sintesi con fili	3	no
10	31	F	Frattura radio e ulna esposta	Sintesi con placche	6	si
11	24	M	Frattura radio esposta	Apparecchio gessato e filo di K	3	si
12	55	M	Frattura radio e ulna esposta	Sintesi con FEA	5	si

Tabella 2. *Valutazione operatoria*

Caso	Tempo intercorso dal trauma iniziale (mesi)	Localizzazione difetto osseo	Gap osseo (cm)	Lembo osteocutaneo	Tipo di sintesi		Interventi secondari
					Prox	Dist	
1	96	Radio	8	no	Placca a ponte da ricostruzione		—
2	50	Ulna	7	no	Placca a ponte LCDCP		—
3	19	Ulna	12	no	LCDCP	LCDCP	—
4	10	Radio	6	no	Placca a ponte LCDCP		Innesto osseo e sintesi con nuova placca da polso distale
5	90	Ulna	10	no	LCP	LCP	—
6	26	Ulna	6	no	Placca a ponte LCDCP		—
7	36	Radio	7,5	no	LCP	LCP	—
8	60	Radio	9	si	Vite (ECS)	Vite (fiss. ECS)	Innesto osseo prossimale
9	7	Radio	13	si	Fili + cambre (fiss. ECS)	Vite (ECS)	Tenolisi flessori al polso
10	48	Radio	8	si	LCDCP	LCDCP	Insuccesso
11	24	Radio	8	si	Placca AO	Placca AO	—
12	12	Radio	7	no	Infibulato col radio distale + fili	LCDCP	—



Figura 1. Particolare del difetto osseo a carico del radio.

In 3 pazienti il perone è stato prelevato come lembo osteocutaneo (Fig. 2) al fine di ricostruire la normale fisionomia dell'avambraccio, in un caso (caso n. 11) il lembo è stato impiegato come "monitor" al fine di avere un'indicazione riguardante la pervietà delle anastomosi vascolari.

L'osteosintesi del perone si è ottenuta utilizzando le placche nella maggior parte dei casi (10 pazienti): placche a ponte LCDCP, placche da ricostruzione, placche LCDCP, placche AO, placche LCP; in due casi si sono impiegate sintesi con fili di K e viti in associazione con fissatori esterni tipo Ilizarov.

Le anastomosi vascolari sono state effettuate sia sull'arteria radiale che sull'arteria ulnare (in termino-terminale o termino-laterale), in due casi l'arteria peroniera è stata utilizzata per ricostruire l'arteria radiale eseguendo le anastomosi vascolari sia prossimalmente che distalmente (Fig. 3).

RISULTATI

Sono stati controllati 11 pazienti in cui la metodica ha avuto successo (Tab. 3) ad una distanza compresa tra 93 e 10 mesi dall'intervento chirurgico iniziale.

In due casi sono stati necessari degli interventi supplementari per ottenere la consolidazione dell'innesto osseo.

Nel caso n. 4, causa la mobilizzazione delle viti distali, si è reso necessario un secondo intervento al fine di rimuovere il mezzo di sintesi sostituendolo con una nuova placca in associazione ad un innesto osseo.

Nel caso n. 8, a distanza di 4 mesi dall'intervento ricostruttivo, dopo aver ottenuto la consolidazione distale, si è preferito effettuare un innesto osseo spongioso a livello prossimale per accelerarne la consolidazione.

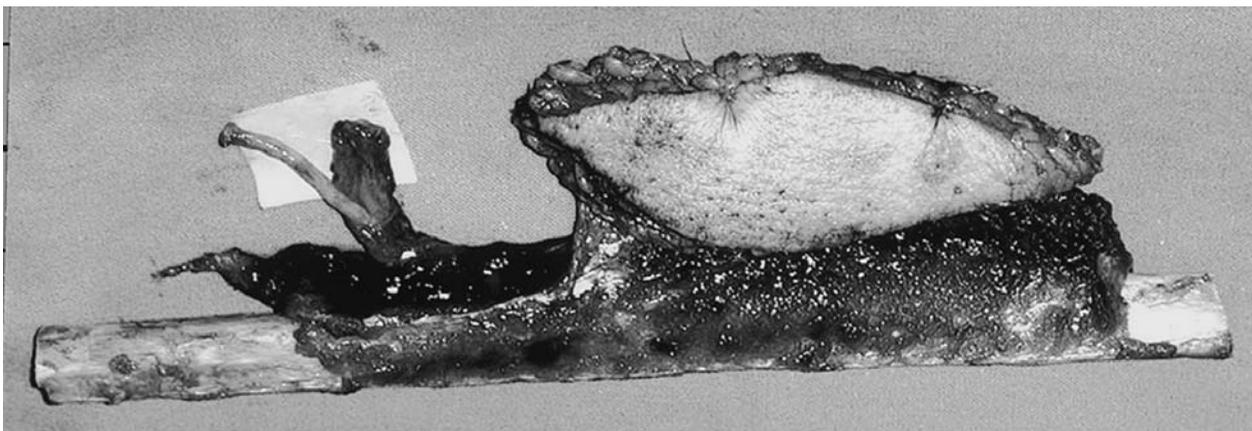


Figura 2. *Prelievo del perone come lembo osteocutaneo.*

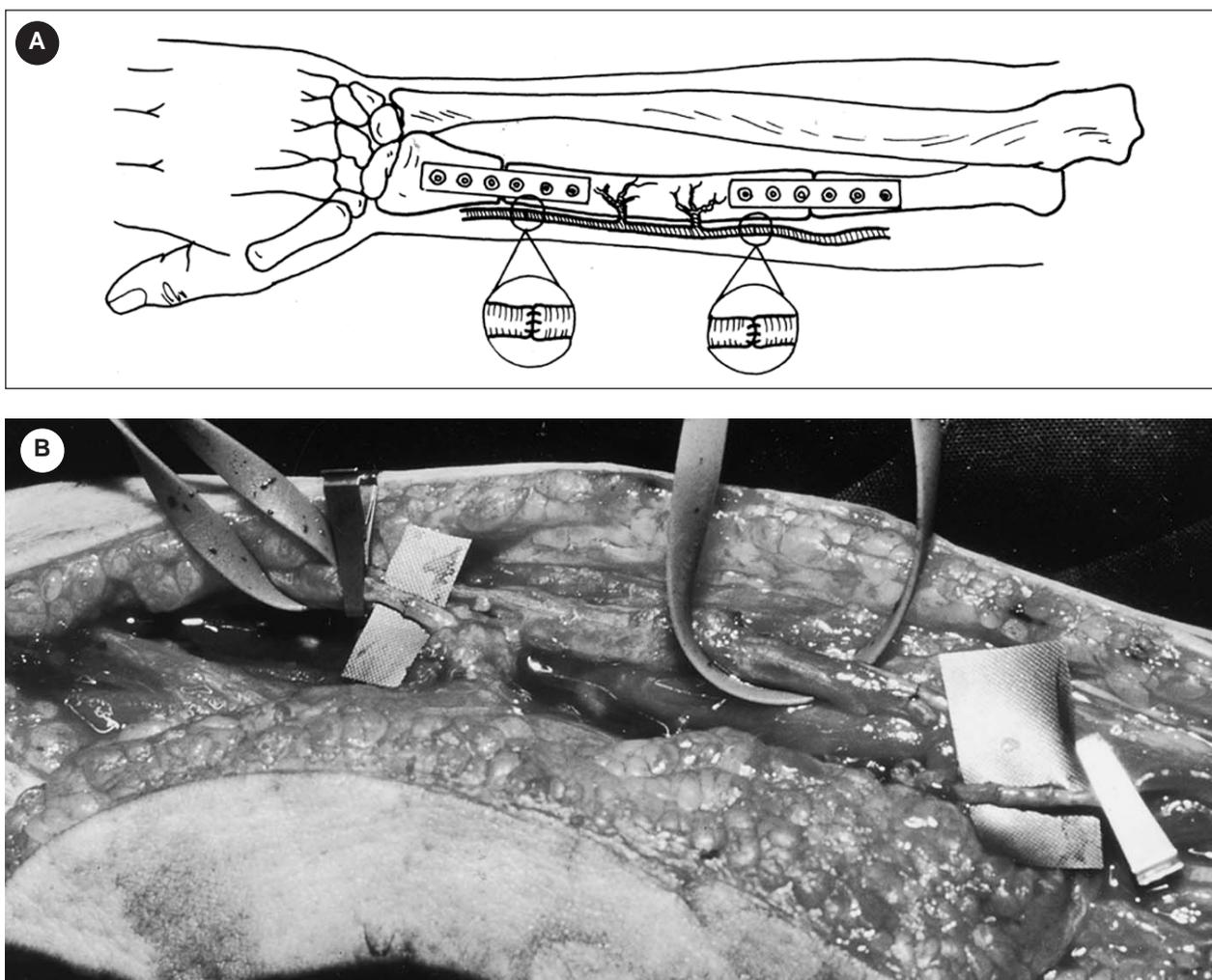


Figura 3. *A) Schema della ricostruzione dell'arteria radiale mediante l'arteria peroniera. B) Particolare intra-operatorio delle anastomosi vascolari tra l'arteria radiale e l'arteria del perone, prossimalmente e distalmente.*

Tabella 3. Valutazione post-operatoria

Caso	Consolidazione Prox	Consolidazione Dist	Tempo di consolidazione (mesi)	Valutazione clinica (secondo Tang)	Valutazione radiografica (secondo Tang)
1	si	si	4	ottima	ottima
2	no	si (4,5 mesi)	no	buona	cattiva
3	si	si	5	ottima	ottima
4	si	si	7	buona	discreta
5	si	si	4	ottima	ottima
6	si	si	3,5	ottima	ottima
7	si	si	7	buona	buona
8	si	si	8	buona	discreta
9	si	si	3	ottima	ottima
11	si	si	2,5	ottima	ottima
12	si	si	4	discreta	ottima

Il caso n. 2 ha presentato una situazione analoga al precedente: dopo 4 mesi e mezzo si è ottenuto la consolidazione distale in assenza di quella prossimale; il paziente ha però rifiutato ulteriori interventi chirurgici, essendo l'arto libero da alcun tipo di sintomatologia dolorosa e utilizzabile in modo pressoché completo nella normale vita quotidiana, tale situazione si è mantenuta stabile nel tempo (Fig. 4).

In tutti gli altri pazienti si è ottenuta la consolidazione del perone, sia a livello prossimale che distale, in un tempo medio di 4,8 mesi (min 2,5 mesi – max 8 mesi).

I pazienti sono stati esaminati secondo il sistema proposto da Tang (11) che considera due criteri di valutazione: clinico e radiologico.

La valutazione clinica è suddivisa in ottima, buona, discreta e cattiva.

- Ottima: capacità di svolgere l'attività lavorativa o di studio normale.
- Buona: capacità di svolgere le attività della vita quotidiana senza difficoltà a livello della parte ricostruita.

- Discreta: capacità di svolgere le attività della vita quotidiana in maniera incompleta con talvolta difficoltà.
- Cattiva: incapacità a svolgere le normali attività della vita quotidiana, o con un significativo accorciamento dell'arto, o con dolore a livello della zona sede dell'intervento chirurgico. La valutazione radiografica è anch'essa divisa in ottima, buona, discreta e cattiva.

- Ottima: guarigione entro 6 mesi senza ulteriori interventi chirurgici.
- Buona: guarigione entro 1 anno senza interventi chirurgici.
- Discreta: guarigione dopo 1 anno o dopo nuovi interventi chirurgici.
- Cattiva: mancata consolidazione dopo ripetuti interventi chirurgici.

Attraverso l'utilizzo del sistema proposto da Tang, si sono ottenuti i seguenti risultati: valutazione clinica ottima in 6 pazienti, buona in 4, discreta in 1, cattiva in nessuno; valutazione radiografica ottima in 7 pazienti, buona in 1, discreta in 2, cattiva in 1.



Figura 4. *Caso clinico n. 2. A) Grave processo infettivo a carico dell'ulna. B) Ricostruzione con perone vascolarizzato mediante placca a ponte. C) Controllo radiografico con evidente mancata consolidazione a livello prossimale in assenza di alcun problema clinico (valutazione clinica: buona, valutazione radiografica: cattiva).*

DISCUSSIONE

Le ampie perdite di sostanza ossea a carico del radio e/o dell'ulna possono essere trattate mediante differenti metodiche chirurgiche.

L'innesto osseo, solitamente corticospongioso prelevato dall'ala iliaca, è in genere utilizzato per difetti ossei non superiori a 5-6 cm, in presenza di una buona vascolarizzazione tissutale e soprattutto in assenza di possibili residui di processi infettivi (16-18).

L'impiego del perone come innesto osseo non vascolarizzato (non vascularized fibular autograft) ha fornito interessanti risultati (19, 20); tuttavia si tratta di una metodica richiedente un prolungato periodo di immobilizzazione e un tempo di consolidazione compreso tra 6 e 11 mesi (18).

Inoltre il suo impiego, al pari degli innesti ossei convenzionali, è controindicato in presenza di processi infettivi non completamente risolti (12, 13).

L'utilizzo degli allograft nelle ricostruzioni ossee dell'avambraccio è al momento limitato alla chirur-

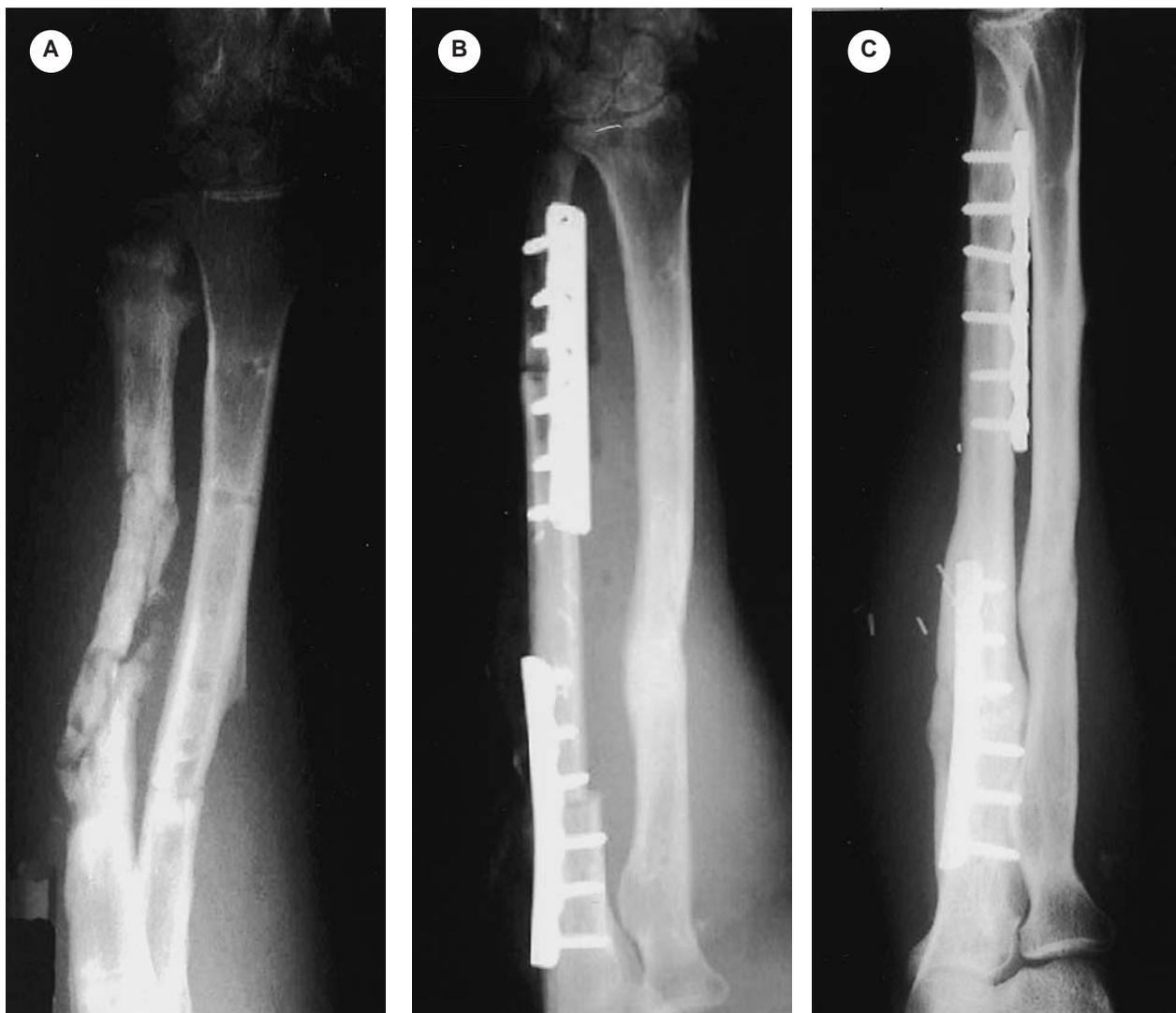


Figura 5. *Caso clinico n. 3. A) Esiti di frattura del radio ed ulna esposta in pazienti con concomitante sindrome compartimentale trattata inizialmente in altra sede con mezzi di sintesi interni e successiva rimozione. B) Dopo bonifica del focolaio infettivo ulnare, la ricostruzione viene effettuata con perone vascolarizzato sintetizzato con placche. C) Controllo radiografico.*

gia oncologica (21, 22); il suo utilizzo nella traumatologia e in territori a scarsa vascolarizzazione o pseudoinfetti non ha trovato al momento una applicazione clinica, soprattutto quando il gap osseo è diafisario.

La creazione di “one bone forearm” ottenibile trasferendo il radio distale sull’ulna prossimale sacrificando completamente la pronosupinazione; il suo impiego è indicato nei gravi traumi dell’avambraccio coinvolgenti sia il radio che l’ulna e con concomitante grave danno o perdita funzionale della radio-ulnare distale (23, 24).

Infine l’uso dei fissatori esterni secondo la tecnica descritta da Ilizarov, sia in distrazione osteogenetica che con il trasporto osseo (25, 26), ha trovato largo impiego nelle perdite ossee dell’arto inferiore ma scarso utilizzo a livello dell’arto superiore dove al momento il suo impiego è limitato ad alcune deformità congenite e a particolari situazioni post traumatiche con contemporanea perdita ossea di radio ed ulna (27). Inoltre il difetto osseo non deve essere, mediamente, superiore a 3 cm e il fissatore esterno è mantenuto per circa 4 mesi, al fine di ottenere un allungamento dell’ordine di 4 cm.

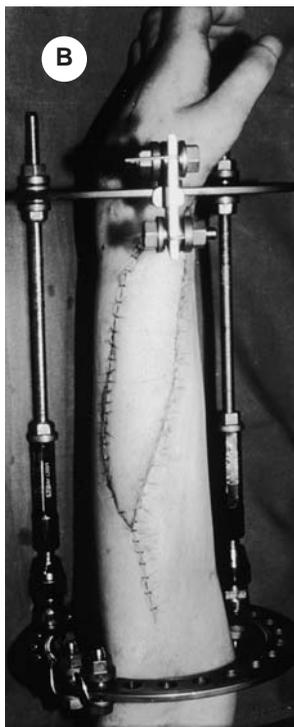


Figura 6. Caso clinico n. 9

A) Sub-amputazione di mano con ampia perdita di sostanza ossea al radio. B, C) Ricostruzione con lembo osteocutaneo di perone e sintesi "a minima" in associazione con fissatore esterno. D) Controllo radiografico.

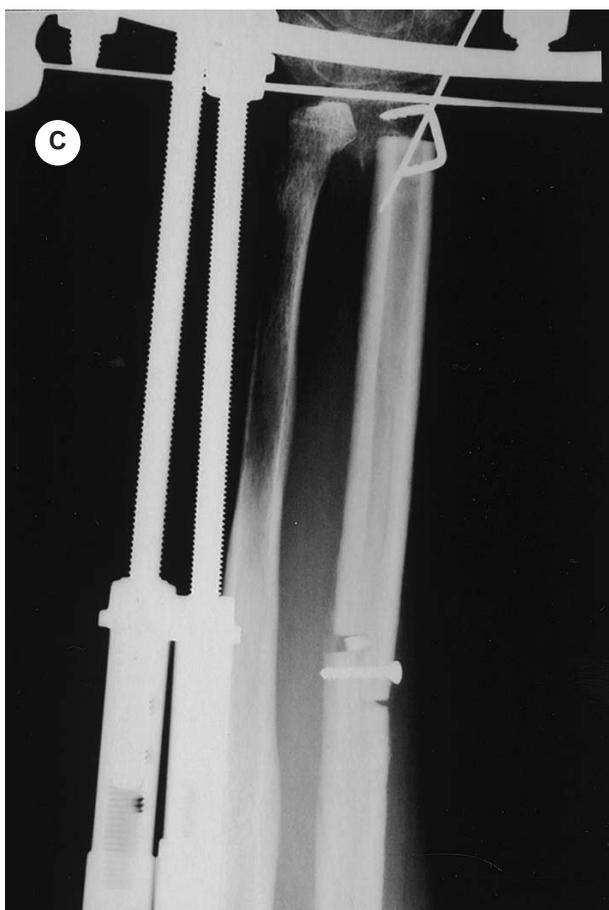




Figura 7. Caso clinico n. 11. A) Esiti di frattura esposta di radio. Dopo ripetuti interventi chirurgici si evidenzia riassorbimento pressoché completo dell'innesto osseo "convenzionale". B) Ricostruzione con perone vascolarizzato e sintesi con placche. C) Controllo radiografico. D, E) Controllo clinico: conservata la pronosupinazione.

Il trattamento delle ampie perdite di sostanza ossea post-traumatiche dell'avambraccio è pertanto di non facile soluzione, soprattutto se sono presenti pseudoartrosi infette, sequestri ossei e/o evidenti instabilità scheletriche (9).

Nella nostra casistica lo si può evincere dal fatto che la maggior parte dei pazienti avevano subito una media di 4 interventi, in un periodo di 39 mesi prima di venire trattati mediante il VFG.

Abbiamo utilizzato il perone vascolarizzato, al pari di altri autori (10, 12, 13, 15), per difetti ossei superiori a 6 cm, con un valore medio di 8,4 cm dando la preferenza, quando possibile, a sintesi stabili con placche piuttosto che sintesi "a minima" (Fig. 5). Risulta difficile, visto il ristretto numero di casi disponibili, correlare il tempo di consolidazione con il tipo di sintesi ossea impiegata. L'utilizzo di una sintesi "a minima" ha infatti richiesto nel ca-

so n. 8, un elevato tempo di consolidazione con inoltre la necessità di un secondo innesto osseo; con il medesimo tipo di sintesi, nel caso n. 9, si è avuta la consolidazione in tre mesi, un tempo inferiore al valore medio ottenuto nella casistica (Fig. 6). La sintesi stabile mediante la placca consente di "tollerare" l'eventuale insuccesso parziale, come nel caso n. 2, caratterizzato dall'assenza di una consolidazione prossimale; situazione di non facile gestione con una sintesi a minima.

Il tempo di consolidazione medio è stato di 4,8 mesi, valore paragonabile a quello di altre casistiche (10, 11, 15) che hanno utilizzato il VFG.

Il solo caso di insuccesso (n. 10) è da attribuire ad una concomitante trombosi venosa ed arteriosa dei vasi anastomosizzati che, nonostante le ripetute revisioni chirurgiche ed il tentativo di salvataggio con innesti venosi, ha condotto verso la perdita completa del lembo osteocutaneo.

In tutti gli altri casi in cui il perone è stato prelevato in associazione con il lembo peroneale, non si sono riscontrate sofferenze cutanee.

La tecnica utilizzata (28-30) ha consentito di ricostruire in un solo tempo il deficit scheletrico e la superficie cutanea dell'avambraccio in precarie condizioni.

I risultati ottenuti (Tab. 3) confermano la validità della metodica: 10 pazienti su 11 sono infatti tornati ad una normale attività. La possibilità di preservare, anche se in parte, la pronosupinazione (31) (Fig. 7), ha sicuramente, insieme alla riacquistata stabilità scheletrica, facilitato tale reinserimento.

In nessuno dei nostri pazienti si sono verificate fratture secondarie, a conferma del fatto che queste comparirebbero con maggior frequenza a livello dell'arto inferiore o quando non si utilizza una sintesi stabile (32).

In conclusione, riteniamo che si possano utilizzare diverse tecniche e diverse sedi di prelievo per le ricostruzioni delle perdite di sostanza ossea dell'avambraccio (15); tuttavia l'utilizzo del perone vascolarizzato presenta alcune caratteristiche che si adattano in maniera ottimale alla ricostruzione ossea di questa regione anatomica. Il perone possiede la forma e il diametro simile alle ossa dell'avambraccio, si tratta di un prelievo caratterizzato da

una anatomia costante e da un peduncolo vascolare di buon calibro, la morbilità in sede di prelievo è limitata e la lunghezza disponibile è significativa per qualsiasi tipo di difetto osseo.

Inoltre, al pari degli altri innesti ossei vascolarizzati, il VFG consente di effettuare la ricostruzione in un solo tempo chirurgico, possiede un'elevata resistenza ai processi infettivi a causa della sua vascolarizzazione autonoma e inoltre grazie alla possibilità di prelevarlo come lembo osteocutaneo, permette di ricostruire una eventuale perdita a carico dei tessuti molli.

Per tali motivi, riteniamo che l'utilizzo di questa tecnica rappresenti una valida metodica nel trattamento delle perdite di sostanza ossea dell'avambraccio caratterizzate da un gap osseo superiore ai 6 cm e in cui le tecniche disponibili "tradizionali" non hanno garantito il successo previsto.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori desiderano ringraziare il Dott. G. Pancaldi dell'Unità di Chirurgia della Mano, Azienda Ospedaliera Policlinico di Modena, per il prezioso aiuto fornito nei casi 8 e 9 nell'applicazione del fissatore esterno ECS.

BIBLIOGRAFIA

1. Taylor GI, Miller GDH, Ham FJ. The free vascularized bone graft: a clinical extension of microvascular techniques. *Plast Reconstr Surg* 1975; 55: 533-44.
2. Weiland AJ, Kleinert HE, Kutz JE, Daniel RK. Free vascularized bone grafts in surgery of the upper extremity. *J Hand Surg* 1979; 4: 129-43.
3. Hurst LC, Mirza MA, Spellman W. Vascularized fibular graft for infected loss of the ulna: case report. *J Hand Surg* 1982; 7A: 498-501.
4. Wood MB. Upper extremity reconstruction by vascularized bone transfers: results and complications. *J Hand Surg* 1987; 12A: 422-7.
5. Jones NF, Swartz WM, Mears DC, Jupiter JB, Grossman A. The "double barrel" free vascularized bone graft. *Plast Reconstr Surg* 1988; 81: 378-85.
6. Koshima I, Higaki H, Soeda S. Combined vascularized fibula and peroneal composite-flap transfer for severe heat-press injury of the forearm. *Plast Reconstr Surg* 1991; 88: 338-41.

7. Chuang DC, Chen HC, Wei FC, Noordhoff MS. Compound functioning free muscle flap transplantation (lateral half of soleus, fibula, and skin flap). *Plast Reconstr Surg* 1992; 89: 335-9.
8. Santanelli F, Latini C, Leanza L, Scuderi N. Combined radius and ulna reconstruction with a free fibula transfer. *Br J Plast Surg* 1996; 49: 178-82.
9. Dell PC, Sheppard JE. Vascularized bone grafts in the treatment of infected forearm nonunions. *J Hand Surg* 1984; 9A: 653-8.
10. Olekas J, Guobys A. Vascularized bone transfer for defects and pseudoarthrosis of forearm bones. *J Hand Surg* 1991; 16A: 406-8.
11. Tang C-H. Reconstruction of the bones and joints of the upper extremity by vascularized free fibular graft: report of 46 cases. *J Reconst Microsurg* 1992; 8: 285-92.
12. Mattar R, Azze RJ, Castro Ferreira M, Starck R, Cane-do AC. Vascularized fibular graft for management of severe osteomyelitis of the upper extremity. *Microsurg* 1994; 15: 22-7.
13. Jupiter JB, Gerhard HJ, Guerrero JA, Nunley J, Levin LS. Treatment of segmental defects of the radius with use of the vascularized osteoseptocutaneous fibular autogenous graft. *J Bone Joint Surg* 1997; 79A: 542-50.
14. Yajima H, Tamai S, Ono H, Kizaki K. Vascularized bone grafts to the upper extremities. *Plast Reconstr Surg* 1998; 101: 727-35.
15. Yajima H, Tamai S, Ono H, Kizaki K, Yamauchi T. Free vascularized fibula grafts in surgery of the upper limb. *J Reconstr Microsurg* 1999; 15: 515-21.
16. Brunelli GA, Vigasio A, Brunelli GR. Microvascular fibular grafts in skeleton reconstruction. *Clin Orthop* 1995; 314: 241-6.
17. Minami A, Kutsumi K, Takeda N, Kaneda K. Vascularized fibular graft for bone reconstruction of the extremities after tumor resection in limb-saving procedures. *Microsurg* 1995; 16: 56-64.
18. Stevanovic M, Gutow AP, Sharpe F. The management of bone defects of the forearm after trauma. *Hand Clinics* 1999; 15: 299-318.
19. Al Zahrani S, Harding MG, Kremli M, Khan FA, Ikram A, Takroni T. Free fibular graft still has a place in the treatment of bone defects. *Injury* 1993; 24: 551-4.
20. Moroni A, Rollo G, Guzzardella M, Zinghi G. Surgical treatment of isolated forearm nonunion with segmental bone loss. *Injury* 1997; 28: 497-504.
21. Mankin HJ, Gebhardt M, Tomford WW. The use of frozen cadaveric allografts in the management of patients with bone tumors of the extremities. *Orthop Clin North Am* 1987; 18: 275-89.
22. Kocher M, Gebhardt M, Mankin H. Reconstruction of the distal aspect of the radius with the use of an osteoarticular allograft after excision of a skeletal tumor. *J Bone J Surg* 1998; 80A: 407-19.
23. Peterson CA, Maki S, Wood MB. Clinical results of the one-bone forearm. *J Hand Surg* 1995; 20A: 609-18.
24. Bessy H, Leemrijse T, Cadot B, Touam C, Oberlin C. La reconstruction des pertes de substance osseuse de l'avant-bras par cubitalisation du radius (one bone forearm). *Ann Chir Main* 1996; 15: 199-211.
25. Villa A, Paley D, Catagni MA, Bell D, Cattaneo R. Lengthening of the forearm by the Ilizarov technique. *Clin Orthop* 1990; 250: 125-37.
26. Esser R. Treatment of a bone defect of the forearm by bone transport- A case report. *Clin Orthop* 1996; 326: 221-4.
27. Emará KM. Ilizarov technique in management of non united fracture of both bones of the forearm. *J Orthopaed Traumatol* 2002; 3: 177-80.
28. Chen ZW, Yan W. The study and clinical application of the osteocutaneous flap of fibula. *Microsurg* 1983; 4: 11-6.
29. Yoshimura M, Shimamura K, Iwai Y, Yamauchi, Veno T. Free vascularized fibular transplant. A new method for monitoring circulation of the grafted fibula. *J Bone J Surg* 1983; 65A: 1295-301.
30. Wei FC, Chen HC, Chuang CC, Noordhoff MS. Fibular osteosepto-cutaneous flap: anatomic study and clinical application. *Plast Reconstr Surg* 1986; 78: 191-6.
31. De Boer H, Wood MB. Bone changes in the vascularized fibular graft. *J Bone J Surg* 1989; 71B: 374-8.
32. Kumar VP, Satku K, Helm R, Pho RWH. Radial reconstruction in segmental defects of both forearm bones. *J Bone J Surg* 1988; 70B: 815-7.