

Bone grafts in sports traumatology Innesti ossei in traumatologia sportiva

V. C. FRANCAVILLA, V. TRIOLO, R. SUTERA, A. QUATTROCCHI, A. IOVANE, G. FRANCAVILLA

Unit of Sports Medicine, University of Palermo, Palermo, Italy

SUMMARY

The purpose of this paper is to verify whether the enormous advances that are spoken of in the field of bone grafts, micro-surgery and tissue engineering really do exist and whether they can be used in sports traumatology to obtain faster cure, but above all to obtain, in the field of previously untreatable bone lesion repair, an acceptable consolidation with a good revival of physical activity. In this trial we briefly describe the different types of grafts with their respective advantages and disadvantages; an analysis is then presented of the effectiveness of grafts in 9 sporting patients suffering from injuries with loss of bone substance and assessed 3, 6 and 9 months after the operation.

KEY WORDS: Exercise - Athletic injuries - Microsurgery.

RIASSUNTO

In questo lavoro si è pensato di verificare se gli enormi progressi di cui si parla nell'ambito degli innesti ossei, della microchirurgia e dell'ingegneria tessutale esistano realmente e se dunque possano essere utilizzati nella traumatologia sportiva per ottenere una più rapida guarigione, ma soprattutto per ottenere nell'ambito delle riparazioni di lesioni ossee prima non trattabili un'accettabile consolidazione con una buona ripresa dell'attività fisica. In questo trial vengono descritti brevemente i diversi tipi di innesti con relativi vantaggi e svantaggi, poi viene proposta un'analisi misurata sull'efficacia degli innesti in 9 pazienti sportivi affetti da lesioni con perdita di sostanza ossea e valutati dopo 3, 6 e 9 mesi dall'intervento.

PAROLE CHIAVE: *Esercizio fisico - Traumi sportivi - Microchirurgia.*

A bone graft is a transfer of bone tissue to a site in which there has been a loss of substance. The bone graft can be obtained from the same patient, an autologous or autograft, from another individual of the same species, a homologous or allograft, or from an individual of a different species, a heterologous or xenograft.¹

Today the most commonly used graft is the autologous graft although there is an increase in demand for homologous and heterologous grafts. For the latter two complications such as the transmission of infectious diseases, the lack

L'innesto osseo è un trasferimento di tessuto osseo in una sede in cui vi è stata una perdita di sostanza ossea. L'innesto osseo può essere ottenuto dallo stesso paziente, autologo o "autograft", da altro individuo della stessa specie, omologo o "allograft", da individuo di specie diversa, eterologo o "xenograft" ¹.

Oggi l'innesto più utilizzato è quello autologo, anche se aumentano le richieste per gli innesti omologhi ed eterologhi. Per questi ultimi due vi sono delle complicanze come la trasmissione di malattie infettive, la mancanza di istocompatibilità e la vascolarizzazione inefficiente ².

of histocompatibility and inefficient vascularisation may be observed.²

In recent times tissue engineering has also made progress, proposing materials that are more and more bone-like to associate with stem cells and growth factors. These materials which have proved absolutely adaptable to various bone repair situations tend to be increasingly used owing to the scarcity of homologous grafts and the clearly limited availability of autologous grafts.

The success of any graft technique depends on adequate revascularisation of the recipient site. Any circumstance that reduces the blood flow of the recipient site (ischaemia of the recipient site for the first operation, trauma, radiation, infections, excessive mobility of the fracture site) will reduce the possibility of successfully incorporating the graft. Basic knowledge of the anatomy and vascularisation of bone as well as the physiological consolidation process are fundamental if the use of bone grafts in clinical practice is to be fully understood.

On the subject of bone tissue

Bone is not an inert tissue but undergoes constant remodelling in response to various biomechanical stimuli and it is profusely vascularised. Bone consists of intercellular substance and cells: osteoblasts and osteoclasts.³

Osteoblasts synthesise bone matrix proteins and activate the mineralisation process while osteoclasts are the cells responsible for resorption and behave like macrophages. The intercellular substance consists of collagen fibres, amorphous substance and mineral salts. The amorphous substance consists of polymers of hyaluronic acid, water and a few electrolytes. The mineral constituents of the intercellular substance are represented by calcium, phosphorus, sodium, chlorine and fluorine, they are arranged in hydroxyapatite crystals that lie adjacent to collagen fibres. In lamellar bone the lamellae are organised into structures called osteons where we find the Haversian canal with lamellae arranged around it concentrically.

In terms of macrostructure we distinguish between spongy and compact bone tissue.

The outer surface of bone is lined by a fibrous membrane, the periosteum, made up of an external layer rich in fibrous sheathes and an internal layer that abounds in fibroblasts, osteoblasts and osteoprogenitor cells.

Bone is vascularised through the nutrient ar-

Anche l'ingegneria tissutale negli ultimi tempi ha avuto molti progressi proponendo materiali sempre più simili all'osso da associare con cellule staminali e fattori di crescita. Questi materiali che si sono dimostrati assolutamente adattabili in diversi quadri di riparazione ossea tendono ad essere sempre più utilizzati a causa della scarsità dei trapianti omologhi e della disponibilità forzosamente limitata dei trapianti autologhi.

Il successo di qualsiasi tecnica di innesto dipende dall'adeguata rivascolarizzazione del sito ricevente. Qualsiasi circostanza che riduca il flusso ematico del sito ricevente (ischemia del sito ricevente per il primo intervento, trauma, radiazioni, infezioni, eccessiva mobilità del sito di frattura) diminuirà le possibilità di successo dell'incorporazione dell'innesto. È fondamentale una conoscenza di base dell'anatomia e della vascolarizzazione dell'osso, nonché del fisiologico processo di consolidazione per poter comprendere l'utilizzo degli innesti ossei nella pratica clinica.

In tema di tessuto osseo

L'osso non è un tessuto inerte ma è un tessuto in continuo rimodellamento in risposta a svariati stimoli biomeccanici ed è riccamente vascolarizzato. L'osso è costituito da sostanza intercellulare e da cellule: osteoblasti e osteoclasti³.

Gli osteoblasti sintetizzano le proteine della matrice ossea ed attivano il processo di mineralizzazione mentre gli osteoclasti sono le cellule responsabili del riassorbimento che si comportano come macrofagi. La sostanza intercellulare è costituita da fibre collagene, sostanza amorfa e sali minerali. La sostanza amorfa è costituita da polimeri di acido ialuronico, acqua e pochi elettroliti. I costituenti minerali della sostanza intercellulare sono rappresentati da calcio, fosforo, sodio, cloro e fluoro, essi si dispongono in cristalli di idrossiapatite che si dispongono a ridosso delle fibre collagene. Nell'osso lamellare le lamelle si organizzano in strutture dette "osteoni", in cui troviamo il canale di Havers e le lamelle disposte intorno in maniera concentrica.

Come macrostruttura distinguiamo il tessuto osseo spugnoso e il tessuto osseo compatto.

La superficie esterna dell'osso è ricoperta da una membrana di natura fibrosa, il periostio, formato da uno strato esterno, ricco di fasci fibrosi, e uno strato interno, ricco di fibroblasti, osteoblasti e cellule osteoprogenitrici.

L'osso viene vascolarizzato attraverso l'arteria

tery, the periosteal vessels of the diaphysis and the metaphyseal-epiphyseal periosteal vessels.

Aim of the paper

The aim is to assess the different types of grafts with their advantages and disadvantages, to verify the effectiveness of grafts in sports people with bone lesions or breakages that are hard to consolidate, but above all the aim is to attempt to evaluate whether such patients can return to sporting activity in relatively short times following these invasive surgical procedures.

We are aware that bone grafts, whether they are autologous, homologous, vascularised or non-vascularised are divided into: spongy, cortical and cortical spongy; the type of choice is related to the immediate restoral of physiological blood flow so as to permit the survival of the graft cell.¹

The grafting of spongy fresh autologous and, to a lesser extent, cortical bone (Figure 1) remains the gold standard as it possesses the best osteoconductive and osteogenetic properties and is therefore moderately osteoinductive. Autologous cortical spongy grafts are rapidly revascularised and are also without immunogenicity so there is no risk of transmitting infection. These grafts are taken from the iliac crest, from the ribs or from other sites.

The use of autologous bone has a number of disadvantages: the availability of tissue is inevitably limited; in cases in which the operation has to be repeated it is often not possible to obtain material from the same donor site; complications related to the longer operation times and the comorbidity of the sampling zone, with

nutritizia, i vasi periostei della diafisi e i vasi periostei metafisi – epifisari.

Scopo del lavoro

Si intende valutare i diversi tipi di innesti con i loro vantaggi e svantaggi, di verificare l'efficacia degli innesti negli sportivi con lesioni ossee o fratture difficilmente consolidabili, ma soprattutto si cercherà di valutare se questi pazienti sportivi in seguito a queste procedure chirurgiche invasive possano in tempi relativamente brevi ritornare a praticare la loro attività sportiva.

Noi sappiamo che gli innesti ossei sia che siano autologhi, omologhi, vascularizzati e non vascularizzati si distinguono in: spugnosi, corticali e cortico-spugnosi; il tipo di scelta è collegato a un immediato ripristino del fisiologico flusso sanguigno in modo da consentire la sopravvivenza della cellula dell'innesto¹.

L'innesto di osso autologo fresco spugnoso (Figura 1) e, in grado minore, corticale rappresenta tuttora il "gold standard", in quanto possiede le migliori proprietà osteoconduttive ed osteogeniche, è moderatamente osteoinduttivo. Gli innesti cortico-spugnosi autologhi vengono rapidamente rivascularizzati ed inoltre sono privi di immunogenicità e del rischio di trasmissione di infezioni. Questi innesti sono prelevati dalla cresta iliaca, dalle coste o da altre sedi.

Ma il prelievo autologo comporta alcuni svantaggi: la disponibilità di tessuto è forzatamente limitata; in caso di reintervento, spesso non è possibile ottenere materiale dalla stessa sede donatrice; complicanze legate all'allungamento dei tempi di intervento e alla comorbilità della zona di prelievo, con conseguente aumento del

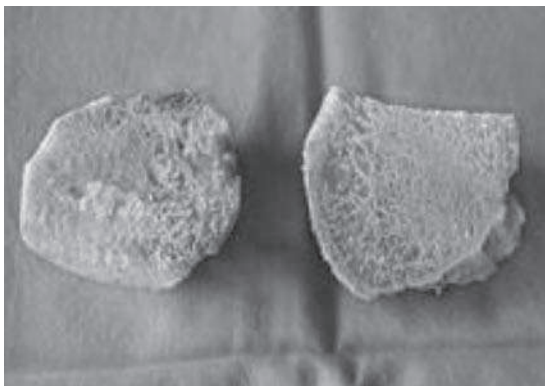


Figure 1.—Spongy autologous bone graft.
Figura 1. — *Innesto osseo autologo spugnoso.*



Figure 2.—Homologous bone graft.
Figura 2. — *Innesto osseo omologo.*

consequent increase in bleeding, pain and risk of infection at the donor site; increase in hospitalisation time and costs⁴.

A homologous bone graft taken from a cadaver (Figure 2) has the advantage that there is a ready supply of graft material in adequate quantities in various forms and dimensions, morbidity related to autologous material can be avoided and surgical times reduced.

On the other hand the disadvantages are: the need for processing (potentially pathogenic for the transmission of infectious diseases), the high costs and the absence of osteogenic activity.⁵

Many experimental studies have shown that non-vascularised bone grafts are more effective when they are associated with platelet gel rich in growth factors and bone marrow stem cells.⁶ Bone marrow injection helps the cure because of the osteogenic effects of the osteoblastic mesenchymal cells and the osteoinductive effects of cytokines and growth factors.⁷

Our series also shows that the use of this technique brings cures and consolidations in patients who had been refractory to previous therapies.

An analysis of the literature shows that great success has been achieved with vascularised grafts (vascularised fibula, iliac crest, distal radius),⁸ because they keep the bone tissue live in the new site by reducing necrosis; so they have faster consolidation, they retain bone characteristics (strength, durability and elasticity), there is a better response to stresses (in fact the incidence of stress fractures is reduced), cure is good even in adverse circumstances (irradiated tissues, adherences, avascular bone).⁹ This technique is, however, confined to specialist microsurgery and reconstructive surgery centres and it is only indicated in serious post-traumatic or tumoral post-resection losses of bone substance.¹⁰

Bone substitutes, substances designed to be structurally similar to human bone, are increasingly used today. They are synthesised in the laboratory or obtained from processes using animal or vegetable products. They possess excellent osteoconductive capacities. They are often used as scaffolds enriched by growth factors and stem cells.¹¹ These materials, which have proved to be absolutely suitable for various types of "bone repairs", will tend to come more and more into use owing to the scarcity of homologous transplants and the inevitably limited supply of autologous grafts.

*sanguinamento, dolore e rischio di infezione della sede donatrice; incremento del tempo di ospedalizzazione e dei costi*⁴.

L'innesto osseo omologo prelevato da cadavere (Figura 2) presenta come vantaggi la pronta disponibilità di innesti in quantità adeguate in varie forme e dimensioni, la possibilità di evitare la morbilità connessa con il prelievo autologo e la riduzione dei tempi chirurgici.

*Gli svantaggi invece sono: la necessità di processazione (sono potenzialmente patogeni per la trasmissione di malattie infettive), i costi elevati e l'assenza di attività osteogenica*⁵.

*Molti studi sperimentali hanno dimostrato come gli innesti ossei non vascolarizzati hanno una migliore efficacia quando sono associati a gel piastrinico ricco di fattori di crescita e alle cellule staminali midollari*⁶. *L'iniezione di midollo favorisce la guarigione per gli effetti osteogenici delle cellule mesenchimali osteoblastiche e per gli effetti osteoinduttivi delle citochine e dei fattori di crescita*⁷.

Anche la nostra casistica dimostra come l'utilizzo di questa tecnica permette di ottenere guarigioni e consolidazioni in pazienti refrattari alle precedenti terapie.

*Dall'analisi di alcuni dati bibliografici esaminati emerge che grandi successi si sono ottenuti con gli innesti vascolarizzati (perone vascolarizzato, cresta iliaca, radio distale)*⁸, *in quanto mantengono il tessuto osseo vivo nel nuovo alloggio riducendone la necrosi; dunque hanno una più rapida consolidazione, mantengono le caratteristiche dell'osso (resistenza, durezza ed elasticità), si ha una migliore risposta agli stress (infatti l'incidenza di fratture da stress è ridotta), si ha una buona guarigione anche in circostanze avverse (tessuti irradiati, adherenze, osso avascolare)*⁹. *Questa tecnica però è riservata a centri specialistici di microchirurgia e chirurgia ricostruttiva, è indicata solo nelle gravi perdite di sostanza ossea post-traumatica o post-resezione tumorale*¹⁰.

*Oggi sempre più utilizzati sono i sostituti ossei, sostanze che intendono essere strutturalmente simili all'osso umano. Sono sintetizzati in laboratorio oppure sono ottenuti con lavorazioni da prodotti animali o vegetali. Hanno ottime capacità osteoconduttive. Spesso sono utilizzati come scaffold arricchiti da fattori di crescita e cellule staminali*¹¹. *Questi materiali che si sono dimostrati assolutamente adattabili in diversi tipi di "riparazioni ossee" tenderanno ad essere sempre più utilizzati a causa della scarsità dei trapianti omologhi e della disponibilità forzosamente limitata dei trapianti autologhi.*

Materials e methods

This research was carried out at our University's Department of Sports Medicine between January 2010 and March 2011 on 9 sports patients who gave us their consent. They had previously been treated mainly with non-vascularised autologous bone grafts, bone substitutes, stem cells, growth factor rich platelet gel. The following patients suffering from various conditions were assessed: 4 patients with scaphoid pseudarthrosis (2 boxers, 1 basketball player, 1 girl volleyball player); 2 patients with diaphyseal pseudarthrosis (1 cyclist with tibial diaphyseal pseudarthrosis and 1 pollvaulter with humeral diaphyseal pseudarthrosis); 2 patients with tibial plateau fractures (1 cyclist and 1 footballer); 1 motocyclist with a tibial fracture and loss of bone substance.

The 9 patients were followed up after the graft, the immediate results and those at 3, 6 and 9 months after the operation being assessed in outpatient examinations.

The 4 patients suffering from scaphoid pseudarthrosis were treated with the Matti-Russe operation using a graft taken from the distal epiphysis of the radius. Long-term results were good with good consolidation after about 2 months of immobilisation in a cast brace, and functional recovery was good in agreement with the results described in the literature. In outpatient examinations the patients reported a reduction in both spontaneous and movement pain and a reduction in functional limitations; X-ray controls showed the formation of progressive bone callus.

The 2 patients with diaphyseal pseudarthrosis were treated with autologous grafts and growth factors; the operation consisted of freshening the pseudarthrosis focus, freeing the marrow cavity, carrying out decortication, filling the pseudarthrosis focus with bone fragments and growth factors and, finally, stabilising everything with a plate; a compression dressing or cast brace was then prepared; over time bone callus formed to the point of achieving good bone stability. The cyclist with diaphyseal pseudarthrosis of the tibia required a few cycles of magnetotherapy to speed up the ossification process, the patient with humeral pseudarthrosis on the other hand developed elbow stiffness which was resolved with shock waves cycles. Outpatient controls showed the clinical and radiographic improvement of the lesion.

Materiali e metodi

La nostra ricerca è stata effettuata presso il Dipartimento di Medicina dello Sport della nostra università dal gennaio 2010 al marzo 2011 su 9 pazienti sportivi, che hanno dato il loro consenso, trattati precedentemente principalmente con innesti ossei autologhi non vascolarizzati, sostituti ossei, cellule staminali, gel piastrinici ricchi di fattori di crescita. Sono stati valutati i seguenti pazienti affetti da diverse patologie: 4 pazienti con pseudoartrosi di scafoide (2 pugili, 1 giocatore di basket, 1 giocatrice di pallavolo); 2 pazienti con pseudoartrosi diafisaria (1 ciclista con pseudoartrosi di di diafisi di tibia e 1 atleta di salto con l'asta con pseudoartrosi di diafisi di omero); 2 pazienti con fratture di piatto tibiale (1 ciclista e 1 giocatore di calcio); 1 motociclista con frattura di tibia con perdita di sostanza ossea.

I 9 pazienti sono stati seguiti dopo l'intervento di innesto, valutando i risultati immediati e a distanza di 3, 6 e 9 mesi tramite le visite ambulatoriali.

I 4 pazienti affetti da pseudoartrosi di scafoide sono stati trattati con intervento di Matti-Russe con innesto prelevato dalla epifisi distale di radio. I risultati a distanza sono stati buoni con una buona consolidazione dopo circa 2 mesi di immobilizzazione con apparecchio gessato, e una buona ripresa funzionale, in accordo ai risultati descritti nella letteratura. Ai controlli ambulatoriali i pazienti riferivano una diminuzione del dolore sia spontaneo che ai movimenti e una diminuzione della limitazione funzionali; anche i controlli Rx-grafici hanno mostrato la formazione di callo osseo progressiva.

I 2 pazienti con pseudoartrosi diafisaria sono stati trattati con innesti autologhi e fattori di crescita; l'intervento è consistito nella cruentazione del focolo di pseudoartrosi, nel liberare il canale midollare, eseguire la decorticazione, riempire il focolo di pseudoartrosi con frammenti ossei e fattori di crescita e infine stabilizzare tutto con una placca; poi è stata confezionata una fasciatura compressiva o un apparecchio gessato; col tempo si è avuta la formazione di un callo osseo fino ad una buona stabilità dell'osso. Il ciclista con pseudoartrosi diafisaria di tibia ha necessitato di alcuni cicli di magnetoterapia per accelerare il processo di ossificazione, il paziente con pseudoartrosi di omero invece ha sviluppato una rigidità al gomito risoltasi con alcuni cicli di onde d'urto. Ai controlli ambulatoriale si è valutata il miglioramento sia clinico che radiografico della lesione.

I 2 pazienti con fratture di piatto tibiale sono

The 2 patients with tibial plateau fractures were treated surgically by elevating the tibial plateau to restore the joint surface, and replacing the elevation-derived loss of spongy bone with bone substitute, everything being then stabilised with plates or pins. After the operation the thigh and foot were immobilised for 30-35 days. Results were good with good consolidation and good functional recovery. Later controls evidenced the full functional recovery of the two patients with absence of pain and no movement limitation.

The patient with post-traumatic fracture and loss of bone substance was treated with bone substitute and osteosynthesis with plate and pins. In this case too the bone substitute was used to fill the bone gap and good bone continuity was restored. The controls made it possible to note a very slight formation of bone callus at 3 months, more visible at 6 months and almost complete at 9 months; in this case the recovery was slower and loading gradual and progressive.

The results were therefore satisfactory with good consolidation and good recovery of physical activity. The patients had to carry out intense physiotherapy and motor re-education before resuming sporting activity.

Conclusion

Bone grafts are commonly used today and represent a widely accepted surgical technique, especially for those bone lesions that are hard to consolidate.

We have assessed various types of bone grafts, each of which presented positive effects and, on occasion, disadvantages.

We have seen that graft effectiveness depends on the right choice of graft on the basis of patient condition, the seriousness of the loss of bone substance and the characteristics of the recipient site.

It has also been shown that bone grafts are very useful in sports traumas because they offer a good cure in lesions that are difficult to consolidate with traditional techniques, in spite of the fact that recovery times remain long.

The objective for the future is to improve surgical techniques, reduce complications and improve results, accelerating consolidation times and endeavouring to restore normal patient activities in the shortest time possible.

stati trattati chirurgicamente con risollevarlo del piatto tibiale per ripristinare la superficie articolare, e riempimento della perdita di spongiosa, che ne derivava dal sollevamento, con sostituto osseo, il tutto è stato poi stabilizzato con placche o viti. Dopo l'intervento è stata fatta un'immobilizzazione femoro-podolica per 30-35 giorni. I risultati sono stati buoni con una buona consolidazione e una buona ripresa funzionale. I controlli successivi hanno permesso di valutare il pieno recupero funzionale dei due pazienti con assenza di dolore e limitazione dei movimenti.

Il paziente con frattura post-traumatiche con perdita di sostanza ossea è stato trattato sostituto osseo e osteosintesi con placca e viti. Anche in questo caso il sostituto ha riempito il gap ripristinando una buona continuità ossea. I controlli hanno permesso di valutare una lievissima formazione di callo osseo a 3 mesi, più visibile a 6 mesi e quasi completa a 9 mesi; in questo caso la ripresa è stata più lenta e il carico è stato graduale e progressivo.

I risultati dunque si sono dimostrati soddisfacenti con una buona consolidazione e una buona ripresa dell'attività fisica. I pazienti hanno dovuto effettuare una intensa fisioterapia e rieducazione motoria prima di poter riprendere l'attività sportiva.

Conclusioni

Gli innesti ossei sono oggi molto usati e rappresentano una metodica chirurgica ampiamente accettata soprattutto per quelle lesioni ossee difficilmente consolidabili.

Abbiamo visionato e valutato diversi tipi di innesti ossei, ognuno dei quali presenta effetti positivi e a volte svantaggi.

Abbiamo visto come l'efficacia dell'innesto dipenda dalla giusta scelta dell'innesto in base alle condizioni del paziente, alla gravità della perdita di sostanza ossea e alle caratteristiche del sito ricevente.

È stato inoltre dimostrato come gli innesti ossei sono molto utili nei traumi degli sportivi in quanto permettono una buona guarigione in lesioni difficilmente consolidabili con le tecniche tradizionali, nonostante i tempi di recupero rimangono ancora lunghi.

Obiettivo per il futuro è quello di migliorare le tecniche chirurgiche, diminuire le complicanze e migliorare i risultati, accelerando i tempi della consolidazione e cercando di ripristinare le normali attività del paziente nel più breve tempo possibile.

References/Bibliografia

- 1) Finkemeier CG. Bone-grafting and bone-graft substitutes. *J Bone Joint Surg (American)* 2002;84:454-64.
- 2) Causero A, Beltrame A, Campailla E. Introduzione e generalità sui trapianti omoplastici nella chirurgia ricostruttiva del ginocchio. *G.I.O.T* 2005;S566-S573.
- 3) Balboni G *et al.* Anatomia Umana; volume 1, Edi-ermes, terza edizione 2000; cap 2: 21-7.
- 4) Linee guida, ad uso delle banche di tessuto muscolo-scheletrico, per la valutazione dell'appropriatezza della richiesta di osso umano, dei suoi derivati sostituiti; componenti del gruppo di lavoro: Fornasari P.M. (coordinatore) e coll.; Istituto Ortopedico Rizzoli Bologna.
- 5) Hebal e Reddi. Bone graft and bone substitute, Saunders, 2004.
- 6) Quarto R, Mastrogiacomo M, Cancedda R, Kutepov SM, Mukhachev V, Lavroukov A *et al.* Repair of large bone defects with the use of autologous bone marrow stromal cells. *N Engl J Med* 2001;344:385-6.
- 7) Capanna R, De Biase P, Saccardi R *et al.* Combinazione tra scaffold, cellule staminali e fattori di crescita nell'ingegneria tissutale: dalla sperimentazione alla pratica clinica. *G.I.O.T.* 2006;32 (suppl.1):S22-S27.
- 8) Han Cs, Wood M. B, Bishiop AT, Cooney WP. Vascularized bone transfer. *J Bone J Surg* 1992;A:1441-9.
- 9) Wood MB, Gilbert A. Microvascular bone reconstruction, Martin Dunitz, 1997; cap 8: Bone allograft: 41-3.
- 10) Delcroix L, Ceruso M, Innocenti M *et al.* Il perone vascolarizzato in associazione con allograft nel trattamento delle reseziioni ossee degli arti per neoplasie maligne. *Riv Chir Mano Vol* 2008;38:63-8.
- 11) Boden SD. Osteoinductive bone graft substitutes: Burden of proof, American Academy of Orthopaedic Surgeons Bulletin; 2003.

Corresponding author: R. Sutura, DIBIMEL Sezione di Scienze Radiologiche, Via Pintacuda 15, Bagheria, Palermo, Italy.
E-mail: raffaello.sutura@alice.it