

# CORRELAZIONI BIOMECCANICO-RADIOLOGICHE NEL RIASSORBIMENTO OSSEO PERIMPLANTARE. STUDIO COMPARATIVO SU 47 SOGGETTI.

## BIOMECHANICAL AND RADIOLOGICAL CORRELATIONS OF THE RESORPTION OF THE ALVEOLAR BONE. A COMPARATIVE STUDY ON 47 SUBJECTS.

Paolo Diotallevi\*, Enrico Moglioni\*\*, Eugenio Pezzuti\*\*\*, Antonio Pierazzini (†) \*\*,  
Marco E. Pasqualini\*\*, Pierluigi Floris\*\*

\*Scuola Medica Ospedaliera - Roma e Regione Lazio

\*\*Accademia Italiana di Stomatologia Implantoprotesica (AIS)

\*\*\*Università degli Studi di Roma Tor Vergata, Facoltà di Ingegneria

### PAROLE CHIAVE

Cono di riassorbimento periimplantare, carico immediato, impianti monofasici a spira larga, radiologia implantologica.

### RIASSUNTO

**Scopo del lavoro.** Lo studio si propone di effettuare un confronto radiologico alla media distanza di tempo tra i risultati della tecnica di riabilitazione implantologica orale bifasica e quelli della tecnica a carico immediato con impianti monostrutturali emergenti, con particolare riferimento al fenomeno del riassorbimento conoide dell'osso alveolare pericervicale.

**Materiali e metodi.** Sono stati reclutati 47 pazienti in classe ossea D2-D3: un gruppo di 21 soggetti, portatori complessivamente di 61 impianti bifasici, riabilitati con tecnica chirurgica a carico differito, un secondo gruppo di 26 pazienti, riabilitati a carico immediato, nei quali sono stati inseriti 218 impianti monostrutturali emergenti.

**Risultati.** A distanza di 18-24 mesi il cono di riassorbimento osseo è comparso in 16 casi del primo gruppo (76 per cento) e in 6 casi (23 per cento) nel secondo gruppo.

**Conclusioni.** La notevole differenza dei risultati tra i due gruppi trova spiegazione nella diversa distribuzione delle sollecitazioni, nella immediata funzionalizzazione e nella migliore stabilità primaria, tipiche del carico immediato con viti autofilettanti, aghi e barra elettrosaldata. Nei controlli eseguiti a media distanza di tempo si è pertanto evidenziata tra le due tecniche una differente risposta del substrato osseo periimplantare, migliore nel carico immediato, correlabile ai diversi presupposti biomeccanici.

### ABSTRACT

**Aim of the work.** The aim of this work is the radiographic comparison of middle-term results obtained with two-step implant surgery and those of immediate loading technique, with particular attention to alveolar bone resorption.

**Materials and methods.** A sample of 47 patients with D2-D3 bone type was splitted in: a first group of 21 subjects, who received a total of 61 bifasic implants, underwent delayed loading surgical technique, and a second group of 26 patients, who received a total of 218 monostructure systems, underwent immediate loading surgical technique.

**Results.** After 18-24 months bone resorption was detected in 16 subjects (76 per cent) of the first group (delayed loading technique) and in 6 cases (23 per cent) of the second group (immediate loading).

**Conclusions.** The remarkable difference between the two groups can be the result of the different stress distribution, of the immediate loading and of the best primary stability that are connected to to immediate loading technique with self tapping screws. Middle-term radiographic controls showed a different bone answer related to the different biomechanical conditions.

### KEY WORDS

Peri-implantbone resorption, immediate loading, one-step, wide thread dental implants, implant radiographs.

## INTRODUZIONE

Nel 1977 lo svedese Brånemark definì il fenomeno biologico denominato “osteointegrazione” come il contatto diretto della superficie dell’impianto con il tessuto osseo vitale senza interposizione di tessuto connettivale (1). Tale integrazione, secondo l’autore, può e deve essere ottenuta soltanto ed esclusivamente a condizione che l’impianto non venga sottoposto subito al carico masticatorio. In ragione di ciò gli impianti classicamente utilizzati sono costituiti da una struttura a due segmenti: la fixture, che rappresenta la porzione endossea, inserita in un primo intervento chirurgico e lasciata in quiete funzionale per un periodo di 4-6 mesi, e l’abutment, o moncone emergente, avvitato alla fixture per dare sostegno alla protesi, dopo il suddetto periodo di quiete. In seguito ai passaggi descritti gli impianti vengono completati con la protesi e funzionalizzati (fig. 1A). Su questi principi si basa la tecnica bifasica o del carico differito, il cui fondamento è appunto l’ampio intervallo di tempo che intercorre tra il posizionamento della fixture nel sito osseo e il caricamento masticatorio dell’impianto, che avviene dopo 4-6 mesi.

Un’alternativa di estremo interesse è quella del carico immediato, tecnica con quasi un secolo di storia che attualmente si sta prepotentemente riaffermando (1). Questa metodica presuppone l’inserimento di impianti a struttura unica che emergono dall’osso per sostenere im-

mediatamente le protesi, subito dopo il primo e unico intervento chirurgico: nella tecnica del carico immediato, la stabilità secondaria deve quindi seguire immediatamente quella primaria, nella stessa giornata. L’integrazione implantare, nel carico immediato, è infatti consentita dall’immediato avvio della normale attività funzionale, durante la quale agiscono sinergicamente i muscoli masticatori, il buccinatore, l’orbicolare della labbra, i muscoli del pavimento orale, i sopraioidei, la lingua (2, 3, 4). È soprattutto quest’ultima a sollecitare gli impianti emergenti appena inseriti, causando dei micromovimenti implantari che possono impedire una corretta guarigione ossea. Le viti emergenti vengono pertanto unite mediante una barra elettrosaldata: questo presidio, oltre a ridurre i micromovimenti, si oppone alle forze di svitamento e solidarizza gli impianti, i quali perdono la loro individualità meccanica partecipando a una struttura unitaria in grado di resistere meglio al carico funzionale (fig. 1B). Ulteriore stabilità dell’insieme è ottenuta anche tramite il “bicorticalismo”, tecnica che consiste nell’ancoraggio della punta dell’impianto alla corticale ossea distale.

Nel carico immediato gli impianti sono diversi da quelli utilizzati nella tecnica bifasica: sono impianti a struttura unica che grazie alla loro morfologia permettono di sfruttare a pieno quei siti ossei non utilizzati nell’implantologia a due fasi, come il pilastro canino, il tuber, il processo

ptergoideo (5).

Recentemente è stata proposta da alcuni la riabilitazione orale mediante impianti a due componenti, non autofilettanti, solidarizzati mediante una barra e funzionalizzati in tempi brevi (6). Allo stato attuale non appare in alcun modo giustificata l’introduzione su vasta scala di tale protocollo chirurgico, cui si è voluto impropriamente dare il nome di carico immediato: la sua applicazione infatti è per lo più limitata alla regione interforaminale inferiore e comunque a pochi casi selezionati.

Una delle osservazioni tipiche, nei controlli radiologici eseguiti dopo l’introduzione di un impianto, è il riassorbimento dell’osso periimplantare, che inizia dal margine alveolare, presentando molto spesso morfologia conoide. Questo fenomeno, per essere considerato fisiologico, non deve superare i 2 mm nel primo anno dopo l’intervento e successivamente 0,2 mm ogni anno. Un eccessivo riassorbimento può condurre alla perdita o alla rottura dell’impianto stesso, per incremento del braccio di leva. Oltre ad alcune teorie classiche, che individuano nell’infezione batterica la causa principale del riassorbimento osseo, attualmente appare molto più accreditata l’ipotesi del fattore biomeccanico quale momento eziologico prevalente.

In recenti studi vari autori, attraverso analisi condotte mediante l’utilizzo di modelli ad elementi finiti, hanno affermato che, a differenza dell’implantologia bifasica, nella chirurgia a carico immediato il



Fig. 1A: aspetto radiologico degli impianti bifasici.

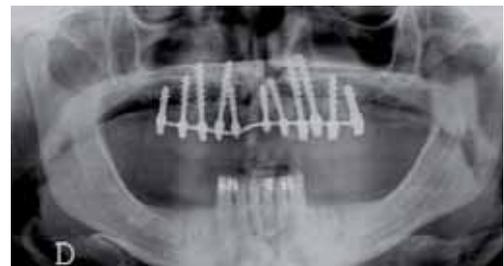


Fig. 1B: tecnica a carico immediato; la barra elettrosaldata viene applicata con lo scopo di solidarizzare gli impianti appena inseriti e di stabilizzarli l'insieme.

riassorbimento conoide periimplantare è ridotto o assente, per una migliore distribuzione delle sollecitazioni intorno all'impianto ed in particolare per livelli minori di tensioni all'interfaccia osso-impianto in corrispondenza della zona pericervicale (1, 7).

Scopo del presente lavoro è quello di proporre, per la prima volta, un confronto radiologico tra le due tecniche nei controlli a medio termine, supportato dalle analisi biomeccaniche, con particolare riferimento al fenomeno del riassorbimento osseo conoide.

## MATERIALI E METODI

Per questo studio sono stati considerati tutti i pazienti, parzialmente o totalmente edentuli, riabilitati con le due diverse tecniche implantoprotesiche, giunti alla nostra osservazione nel periodo settembre 2003-marzo 2004.

Previo rilascio del consenso informato da parte degli interessati, sono stati inseriti tutti i soggetti che presentavano, nella valutazione radiografica preimplantare, una qualità ossea buona o discreta ai fini chirurgici, cioè quelli con osso spongioso mascellare di densità compresa tra 600 e 1000 UH (classe ossea D2-D3).

Si tratta di 47 soggetti, 30 maschi e 17 femmine, età media 52 anni suddivisi in due gruppi:

- ▶ il primo gruppo comprende 21 soggetti (14 maschi e 7 femmine, età media 54 anni) portatori complessivamente di 61 impianti, riabilitati con tecnica chirurgica classica a carico differito;
- ▶ il secondo gruppo include 26 pazienti (16 maschi e 10 femmine, età media 51 anni) riabilitati a carico immediato, con viti autofilettanti o aghi di diametro di nocciolo inferiore a 3 mm, solidarizzati con barra elettrosaldata, per un totale di 218 impianti monostrutturali posizionati in sostituzione di due o più elementi nativi limitrofi assenti.

Ogni paziente è stato controllato radiologicamente presso un servizio accreditato con il servizio sanitario pubblico, mediante una ortopantomografia digitale postoperatoria e, successivamente, con un'altra ortopantomografia delle arcate dentarie a 18-24 mesi dall'intervento. Il secondo controllo è stato finalizzato all'in-

dividuazione di un eventuale riassorbimento osseo periimplantare e alla valutazione della sua entità, considerando i 2,2 mm come massimo valore accettabile in funzione del tempo trascorso dall'atto operatorio. In 12 casi, nei quali l'entità del riassorbimento conoide è stata considerata dubbia, lo studio è stato completato mediante controllo TC spirale delle arcate con riformattazioni panoramiche e parasagittali, secondo il protocollo ormai consolidato (8).

Tutti gli esami radiologici sono stati interpretati indipendentemente da due radiologi, perfezionati nel campo della diagnostica odontostomatologica, che hanno posto particolare attenzione alla morfologia dell'osso periimplantare.

Al fine di valutare la risposta a differenti condizioni di carico degli impianti, sono stati sviluppati modelli ad elementi finiti degli stessi, basati sui casi reali oggetto di studio nel presente lavoro. In particolare, i modelli sviluppati riproducono le caratteristiche geometriche delle viti. Il loro posizionamento nella struttura ossea è stato estrapolato dalle immagini disponibili. In dettaglio, si è valutato il comportamento di un impianto singolo e quello di impianti collegati mediante barra elettrosaldata. Oltre a simulazioni basate sui carichi derivanti dalla masticazione, sono state condotte anche simulazioni per valutare la risposta degli impianti a gradienti di temperatura. Infine, tutte le analisi sono state condotte simulando differenti livelli di osteointegrazione.

## RISULTATI

Nel primo gruppo abbiamo rilevato il cono di riassorbimento osseo in 16 casi, complessivamente 41 impianti, corrispondenti al 76% dei soggetti e al 68% degli impianti posizionati (fig. 2). Il riassorbimento osseo ha superato i limiti considerati accettabili in 7 soggetti, in tutto 12 impianti (figg. 3A e 3B).

Nel secondo gruppo il riassorbimento è stato notato in 6 casi, complessivamente in 37 impianti, pari al 23% dei casi e al 17% degli impianti posizionati. In un solo soggetto il riassorbimento ha superato i limiti considerati accettabili, coinvolgendo nello stesso individuo ben 13 impianti (fig. 4).

Dal punto di vista statistico tali differenze risultano tutte significative. Sia che confrontiamo le percentuali rispetto al numero di soggetti, sia che le confrontiamo rispetto al numero di impianti, la presenza del cono di riassorbimento è significativamente diversa nei due gruppi. La statistica test vale infatti 3,628 nel primo caso e 7,729 nel secondo; nel primo caso il p-value vale 0,0001 mentre nel secondo caso vale 0,0000 (il test condotto si basa sulla standardizzazione della differenza tra le frequenze relative di riassorbimento osseo nei due gruppi). La statistica test ha una distribuzione asintotica Normale standard. Generalmente si conviene di considerare significative le differenze di proporzione nei due gruppi ogni volta che il p-value corri-



Fig. 2: tecnica bifasica, controllo a distanza di 2 anni dall'intervento: cono di riassorbimento "fisiologico" (freccia bianca).

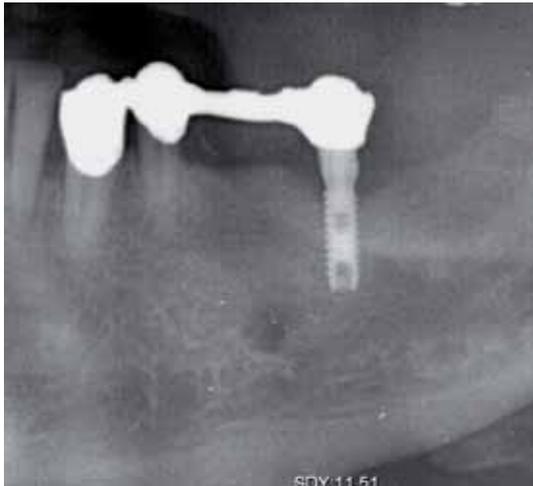


Fig. 3A e3B: tecnica bifasica, controlli a 2 anni dall'intervento: il cono di riassorbimento supera i limiti fisiologici.



Fig. 4: riabilitazione a carico immediato: presenza di riassorbimento grave e diffuso del processo alveolare con coinvolgimento di tutti gli impianti inseriti.

spondente risulta inferiore a 0,05). Per quanto riguarda le analisi biomeccaniche effettuate, i risultati indicano che le sollecitazioni massime si verificano in ogni caso nella zona del colletto implantare (fig. 5A, freccia nera) e che, rispetto agli impianti bifasici, nei presidi monolitici a carico immediato una parte del carico agente su un impianto, viene trasferita dalla barra elettrosaldata agli impianti limitrofi (fig. 5B) ed anche, nel caso di impianto bicorticalizzato, alla corticale distale, con riduzione delle sollecitazioni sul colletto del singolo impianto caricato (figg. 6A e 6B).  
Va infine segnalata, oltre alla già citata zona di sollecitazione pericervicale, una zona di sollecitazione che si estende intorno alla punta dell'impianto (fig. 5A, freccia bianca), che definiamo "secondaria" perché caratterizzata da stati tensionali piuttosto bassi (0,3-1 Mpa).

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La ortopantomografia, eseguita correttamente e con tecnica digitale, si è rivelata una indagine perfettamente in grado di evidenziare alterazioni dell'osso periimplantare, anche iniziali, mentre la TC ha un ruolo fondamentale in fase di programmazione chirurgica (8, 9).  
In generale, dal presente studio non emerge alcun dato contrastante con quanto estrapolato dalla nostra revisione bibliografica (1, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). I nostri risultati indicano che, nei controlli a distanza, nella riabilitazione a carico immediato, la retrazione ossea conoide è radiologicamente evidente in appena 1/4 dei pazienti ed è pertanto molto meno frequente rispetto alla tecnica a carico differito, ove compare in 3/4 dei soggetti. Il divario è correlabile principalmente con la distribuzione delle sollecitazioni nell'in-

terfaccia osso-impianto. Le analisi condotte evidenziano infatti come questa zona sia critica, verificandosi intorno ad essa i valori massimi di sollecitazione. Tale fenomeno, morfologicamente assimilabile in prima approssimazione ad un conoide, è alla base del cono di riassorbimento che si osserva a distanza di tempo in tale zona (fig. 5A, freccia scura).  
Negli impianti monostrutturali a carico immediato, le analisi svolte hanno evidenziato come una parte del carico agente sull'impianto venga trasferita dalla barra agli impianti limitrofi (fig. 5B). La diretta conseguenza di tale trasferimento è una diminuzione dei valori massimi delle sollecitazioni nella zona del colletto periimplantare e dell'osso circostante all'impianto su cui agisce il carico. Inoltre, la barra impedisce moti relativi fra impianto ed osso fungendo sostanzialmente da sistema antisvitamento. Nel caso di im-

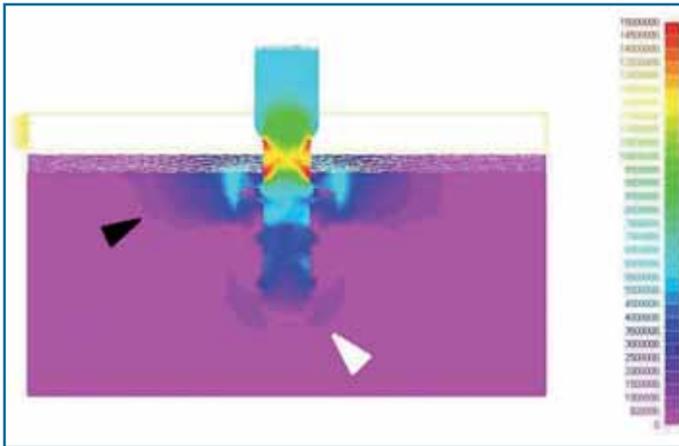


Fig. 5A: modelli ad elementi finiti: caratteristica zona critica pericervicale di trasmissione delle sollecitazioni e zona secondaria intorno alla punta.

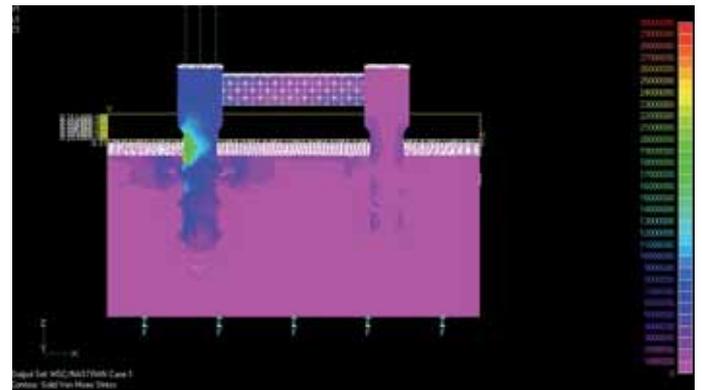


Fig. 5B: tali zone presentano una estensione minore nel carico immediato, per una parziale distribuzione delle sollecitazioni attraverso la barra elettrosaldata.

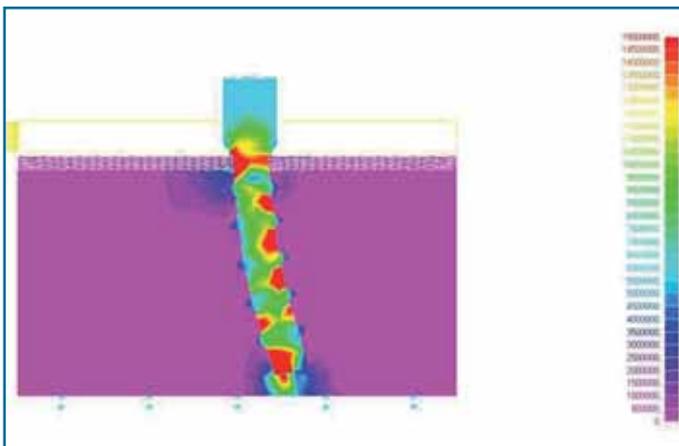


Fig. 6A: con l'ancoraggio della punta dell'impianto alla corticale distale, o bicorticalismo, una parte delle sollecitazioni viene assorbita dalla corticale stessa e l'estensione delle sollecitazioni intorno al colletto diminuisce.



Fig. 6B: negli impianti posizionati correttamente con questa tecnica e solidarizzati non c'è riassorbimento osseo: controllo TC a distanza di 20 mesi, ricostruzione "cross".

pianti bicorticalizzati, inoltre, la situazione risulta essere ancora più favorevole, in quanto il carico viene assorbito anche dalla corticale distale, diminuendo ulteriormente il valore delle sollecitazioni massime nella zona critica (figg. 6A e 6B). A tale effetto è in gran parte imputabile l'assenza del cono di riassorbimento negli impianti posizionati con la suddetta tecnica e solidarizzati.

Tutti i pazienti del secondo gruppo sono stati riabilitati con la tecnica del carico immediato propriamente detta, cioè mediante posizionamento di elementi monostrutturali, caratterizzati da diametro di nocciolo inferiore rispetto agli impianti

classici, ma da spire più ampie, atte a garantire una migliore stabilità primaria, presupposto della immediata funzionalizzazione e conseguentemente del pronto avvio dei fenomeni osteoriparativi (fig. 7). Nel caso degli impianti ad ago, privi di spire, ai fini della stabilizzazione è fondamentale il ruolo del bicorticalismo. Sulla base dei fenomeni biomeccanici studiati, riteniamo lecito ipotizzare che i vantaggi sopra descritti vengano persi caricando subito dopo l'intervento impianti diversi da quelli monostrutturali emergenti, come ad esempio impianti a due componenti, secondo la tecnica recentemente proposta da alcuni autori

(6). Questi impianti hanno infatti spire meno ampie e morfologia non compatibile con il bicorticalismo. Per tale motivo, in attesa di una unanime convalida clinica, la tecnica non è stata inserita nel presente studio.

Coerentemente con quanto già noto, e cioè che gli impianti solidarizzati e immediatamente caricati, se inseriti a regola d'arte, non esibiscono il riassorbimento conoide, nel secondo gruppo i segni radiologici di retrazione ossea sono stati osservati in un numero di soggetti molto limitato, ma con la tendenza a coinvolgere più impianti contemporaneamente nello stesso individuo. Il fenomeno potrebbe quindi essere



Fig. 7: nella riabilitazione a carico immediato la stabilità primaria è ottenuta anche mediante l'utilizzo di viti con spire ampie e diametro di nocciolo sottile.

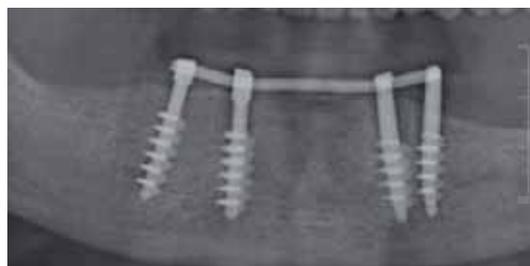


Fig. 8: riabilitazione a carico immediato, controllo a 18 mesi.

correlato non già alla caratteristiche specifiche strutturali degli impianti monostrutturali, ma piuttosto all'errore umano. Questo fattore può incidere non solo all'atto chirurgico, ma anche in fase di progettazione e di applicazione di sovrastrutture protesiche. Va poi considerato che, mediamente, esiste una maggiore esperienza chirurgica da parte degli operatori che praticano il carico immediato con impianti monostrutturali emergenti, trattandosi di una tecnica che presuppone una manualità chirurgica consolidata (fig. 8).

Infine, per quanto riguarda la zona secondaria di sollecitazione da noi rilevata intorno alla punta dell'impianto, desideriamo citare uno studio molto recente, con il quale si è constatato, attraverso modelli biomeccanici ad elementi finiti, come la sua estensione aumenti proporzionalmente all'approfondirsi del cono di riassorbimento. La conseguenza ipotizzabile a distanza di tempo potrebbe essere il progressivo coinvolgimento di strutture anatomiche inizialmente non interessate in fase operatoria, ad esempio il nervo alveolare inferiore (17).

In conclusione, possiamo affermare che il complesso insieme dei fenomeni biomeccanici descritti rappresenta certamente il fattore patogenetico principale nella formazione e nella evoluzione del riassorbimento conoide, correlandosi perfettamente con i rilievi radiologici. Non escludiamo comunque che alla genesi

del riassorbimento possano contribuire secondariamente anche altri fattori, come l'esperienza dell'operatore, il diametro degli impianti, la densità dell'osso, la eventuale sovrapposizione di germi. La regressione dell'osso periimplantare è statisticamente meno frequente nei soggetti riabilitati con tecnica a carico immediato.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) Moglioni E, Diotallevi P, Pierazzini A, Pezzuti E, Laganà G. L'implantologia orale oggi. Protocolli chirurgici, cenni storici, diagnostica per immagini e note di biomeccanica. Bollettino Scuola Medica Ospedaliera 2005;25:4-9.
- 2) Cerro P, Diotallevi P, Fanucci E, Metastasio F, Fanucci A. L'ecografia nello studio della fase orale della deglutizione. Radiol Med 1990;79: 59-64.
- 3) Fanucci A, Cerro P, Diotallevi P, Fanucci E, Metastasio F. Lo studio dinamico della deglutizione oro-faringea. Radiol Med 1991; 81:276-85.
- 4) Fanucci A, Cerro P, Diotallevi P, Letto F, Metastasio F. La visualizzazione ecografica del bolo linguale. Radiol Med 1992;83:74-5.
- 5) Rossi F, Pasqualini ME, Mangini F, Manenti P. Carico immediato di impianti monofasici in mascellare superiore. Dental Cadmos 2005;4:65-9.
- 6) Chiapasco M, Gatti C. Osteointegrazione e carico immediato. Milano: Ed. Masson; 2002.
- 7) Lorenzon G, Bignardi C, Zanetti EM, Pertusio R. Analisi biomeccanica dei sistemi implantari. Dental Cadmos 2003;71(10):63-86.
- 8) Preda L, Rodriguez Baena R, La Fianza A, Dore R, Di Maggio EM, Schifino MR et al. La Tomografia Computerizzata nell'Implantologia. Aspetti tecnici e metodologici. Radiol Med 1999;98:447-53.

- 9) Camera A, Pasqualini U. Impianti endossei: istologia comparata della zona del colletto in un dente naturale, due monconi di Linkow e tre viti di Tramonte. Associazione Italiana Impianti Alloplastici 1972:3.
- 10) Tarnow DP. Immediate loading of threaded implant at stage 1 surgery in edentulous arches: ten consecutive case reports with 1 to 5 year data. Int J Oral Maxillofac Implants 1997;12:319-24.
- 11) Ledermann PD, Schenk R, Buser D. Osteointegrazione di lunga durata di viti TPS collegate da barra, caricate immediatamente, dopo 12 anni di funzione: rapporto istologico di un caso di un paziente di 95 anni. Int J Periodontics Restorative Dent 1998;18:553-63.
- 12) Weber HP, Buser D, Donath K, Fiorellini JP, Doppaladi V, Paquette DV et al. Comparison of healed tissues adjacent to submergent and non emergent unloaded titanium dental implants. Clin Oral Implants Res 1996;7(1):11-9.
- 13) Adell R. Uno studio di 15 anni su impianti osteointegrati nel trattamento delle arcate edentule. Int J Oral Surg 1981;10:387-416.
- 14) Camera A, Pasqualini ME, Tramonte SU. Istologia comparata dei tessuti della zona del colletto di un dente naturale e di tre viti di Tramonte. Doctor Os 2005 Nov-Dic;16(9) Suppl.
- 15) Zerosi C. Comunicazione sull'istologia dei tessuti intorno a monconi implantari. X Meeting Internazionale Impianti e Trapianti Dentali. Bologna; 1980.
- 16) Tramonte SM. L'impianto endosseo a vite autofilettante. Riv Eur Implant 1979;1:25-9.
- 17) Diotallevi P, Moglioni E, Pezzuti E, Rastelli E, Floris PL. Alterazioni radiologiche del canale mandibolare e aspetti biomeccanici correlati. Bollettino Scuola Medica Ospedaliera 2006;26:2-6.

Gli autori ringraziano la professoressa Silvia Terzi, Ordinario di Scienze Statistiche presso la Università di Roma Tre, che ha contribuito al presente lavoro analizzandone statisticamente i risultati.