



# Μετεξακτική επούλωση και διατήρηση της φατνιακής ακρολοφίας

## Postextraction wound healing and alveolar ridge preservation

Νίκος Μάρδας<sup>1\*</sup>, Μαρία Αρζουμανίδη<sup>2</sup>,  
Νικόλαος Δόνος<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Αναπληρωτής Καθηγητής, <sup>2</sup>Περιοδοντολόγος,

<sup>3</sup>Καθηγητής και Πρόεδρος,

\*Μονάδα Περιοδοντολογίας, UCL Οδοντιατρικό  
Ινστιτούτο Eastman, Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο

Nikos Mardas<sup>1\*</sup>, Maria Arzoumanidi<sup>2</sup>,  
Nikolaos Donos<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor, <sup>2</sup>Periodontist,

<sup>3</sup>Professor, Head & Chair, \*Periodontology Unit,  
UCL Eastman Dental Institute, London, UK

### Περίληψη

Στόχος αυτής της αφηγηματικής ανασκόπησης ήταν να παρουσιάσει κριτικά και να συζητήσει τη διαθέσιμη βιβλιογραφία αξιολογώντας τα ιστολογικά δεδομένα και τις μορφολογικές αλλαγές της φατνιακής ακρολοφίας που παρατηρούνται μετά από εξαγωγές δοντιών, καθώς και την αποτελεσματικότητα διαφόρων τεχνικών στη μετεξακτική διατήρηση των διαστάσεων της φατνιακής ακρολοφίας και στην προαγωγή του οστικού σχηματισμού στο μετεξακτικό φατνίο.

Οι επουλωτικές διαδικασίες μετά την οδοντική εξαγωγή περιλαμβάνουν το σχηματισμό και την ωρίμανση του αιματικού θρόμβου, τη σταδιακή αντικατάστασή του με μεταβατικό συνδετικό ιστό, το σχηματισμό δικτυωτού οστού με τη διαδικασία της εναλάτωσης και τη μετατροπή του σε ώριμο δικτυωτό πεταλιώδες οστό. Κλινικές μελέτες και πειράματα με ζώα υποδεικνύουν ότι η εξαγωγή ενός δοντιού οδηγεί συνήθως σε εκτεταμένη τρισδιάστατη οστική απορρόφηση της φατνιακής ακρολοφίας που μπορεί να αποτελέσει σημαντικό πρόβλημα για την κατασκευή συμβατικών ή επιεμφυτευματικών αποκαταστάσεων.

Αρκετές τεχνικές και υλικά έχουν προταθεί για τη διατήρηση των διαστάσεων της φατνιακής ακρολοφίας που θεωρείται προαπαιτούμενο για την κατασκευή αισθητικών και λειτουργικών προσθετικών αποκαταστάσεων. Η σύγχρονη αξιολόγηση της βιβλιογραφίας υποδεικνύει θετικά αποτελέσματα για συγκεκριμένες τεχνικές διατήρησης της ακρολοφίας, που είναι αποτελεσματικές σε κάποιο βαθμό στον περιορισμό της μετεξακτικής μείωσης των διαστάσεων της ακρολοφίας και στην προαγωγή της οστικής αναγέννησης στο φατνίο. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα με ελεγχόμενες κλινικές μελέτες για τον εντοπισμό των παραγόντων κινδύνου που σχετίζονται με την προβλεψιμότητα των τεχνικών διατήρησης της ακρολοφίας και την κλινική συμπεριφορά των διαθέσιμων υλικών.

*Περιοδοντολογικά Ανάλεκτα 2010; 21(7):1-24*

**Λέξεις κλειδιά:** Διατήρηση φατνιακής ακρολοφίας, οδοντική εξαγωγή, οστική αναγέννηση, οστική απορρόφηση, επούλωση μετεξακτικού φατνίου

### Abstract

The aim of this narrative review was to critically present and discuss the available literature evaluating the histological observations and morphological changes of the alveolar ridge following tooth extraction, as well as the effectiveness of various alveolar ridge preservation techniques in maintaining ridge dimensions and promoting new bone formation in postextraction sockets.

The healing events after tooth extraction include formation and maturation of the blood coagulum, gradual replacement by a provisional connective tissue, formation of woven bone through the mineralization process, and the subsequent remodeling into mature trabecular lamellar bone. Clinical and animal studies suggest that the extraction of a tooth usually results in an extensive three-dimensional bone resorption of the alveolar ridge that may present a significant problem for both conventional and implant-supported prostheses.

Several techniques and materials have been proposed for preservation of the alveolar ridge dimensions, a prerequisite for esthetic and functional prosthetic reconstructions. The current appraisal of the literature demonstrated a positive outcome for selected alveolar ridge preservation techniques, which are to some extent effective in limiting postextraction ridge dimensional loss and in enhancing bone regeneration in the extraction socket. However, further research with controlled clinical trials is required to identify risk factors associated with the predictability of ridge preservation techniques and the clinical performance of available biomaterials.

*Analecta Periodontologica 2010; 21(7):1-24*

**Key words:** Alveolar ridge preservation, tooth extraction, bone regeneration, bone resorption, postextraction wound healing

## Εισαγωγή

Η αποκατάσταση ολικής ή μερικής νωδότητας με οστεοενσωματούμενα εμφυτεύματα χαρακτηρίζεται από υψηλά ποσοστά επιβίωσης και επιτυχίας (Torabinejad και συν. 2007). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η επιτυχία της εμφυτευματικής θεραπείας δεν αξιολογείται πλέον μόνο από την επίτευξη και τη διατήρηση της οστεοενσωμάτωσης αλλά και από το τελικό αισθητικό αποτέλεσμα (Chen και Buser 2009). Η μακροχρόνια λειτουργική και αισθητική επιτυχία της εμφυτευματικής αποκατάστασης εξαρτάται από το συνδυασμό διαφόρων ανατομικών, τεχνικών, χειρουργικών και προσθετικών παραγόντων. Μεταξύ αυτών, η σωστή, προσθετικά καθοδηγούμενη τοποθέτηση εμφυτευμάτων είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για αισθητικά επιτυχημένες αποκαταστάσεις. Η προσθετικά καθοδηγούμενη εμφύτευση επιτρέπει τη σωστή υποστήριξη μαλακών και σκληρών ιστών που είναι απαραίτητη για ένα ικανοποιητικό περίγραμμα ανάδυσης της τελικής προσθετικής αποκατάστασης. Σήμερα, οι εξελίξεις στην τεχνολογία της εμφυτευματικής επιφάνειας (Schwarz και συν. 2009) και η προβλεψιμότητα των σύγχρονων χειρουργικών τεχνικών για αναγέννηση του φατνιακού οστού (Donos και συν. 2008), διευκολύνουν την τοποθέτηση εμφυτευμάτων ακόμα και σε περιοχές με ανεπαρκή ποιότητα και ποσότητα οστού.

Ωστόσο, τα τραύματα από ατυχήματα ή τα χειρουργικά τραύματα, η προχωρημένη περιοδοντική νόσος και οι ενδοδοντικές επιλοκές μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντική απορρόφηση του φατνιακού οστού μετά την εξαγωγή των εμπλεκόμενων δοντιών (Kingsmill 1999, Van der Weijden και συν. 2009). Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο κλινικός μπορεί είτε να προχωρήσει σε μεθύτερη αποκατάσταση των υπολειμματικών οστικών βλαβών, είτε να επιχειρήσει την άμεση διατήρηση του αρχικού όγκου της φατνιακής ακρολοφίας (ΦΑ). Η σταδιακή οστική αναγέννηση μεγάλων οστικών βλαβών προϋποθέτει συχνά την εκτενή χρήση ενδοστοματικών ή εξωστοματικών οστικών μοσχευμάτων που συνδέεται με αυξημένη νοσηρότητα και κόστος θεραπείας (Chiapasco και συν. 2006). Συνεπώς, η διατήρηση της φατνιακής ακρολοφίας (ΔΦΑ) μπορεί να αποτελέσει μια καλή θεραπευτική επιλογή, ειδικά όταν η μεθύτερη εμφύτευση δεν προβληματίζει τον ασθενή. Σκοπός αυτού του άρθρου είναι να παραθέσει τις ιστολογικές διεργασίες και τις αλλαγές των διαστάσεων που παρατηρούνται στην αρχική επούλωση του μετεξακτικού φατνίου και να παρουσιάσει μια κριτική ανασκόπηση της αποτελεσματικότητας των σύγχρονων τεχνικών ΔΦΑ.

## Επούλωση του μετεξακτικού φατνίου

Τα ιστολογικά γεγονότα που ακολουθούν μετά την εξαγωγή του δοντιού έχουν ερευνηθεί διεξοδικά με ιστολογικές και ιστοχημικές μελέτες τόσο σε ζώα (Huebsch και Hansen 1969, Kuboki και συν. 1988, Lin και συν. 1994, Carvalho και συν. 1997, Cardaropoli και συν. 2003, Kanayama και συν. 2003, Araújo και Lindhe 2005, Sato και Takeda 2007) όσο και σε ανθρώπους (Amler και συν. 1960, Boyne και συν. 1966, Evian και συν. 1982, Amler και συν. 1993, Trombelli και συν. 2008). Ακόμα, οι σταδιακές αλλαγές του σχηματισμού σκληρών ιστών στο φατνίο έχουν αξιολογηθεί σε αρουραίους με τη βοήθεια της ακτινογραφικής πυκνομετρίας (Bodner και συν. 1993) και σε ανθρώπους με τη βοήθεια της αφαιρετικής ακτινογραφίας (Schropp 2003).

Η επούλωση ενός μετεξακτικού φατνίου χαρακτηρίζεται από

## Introduction

High survival and success rates have been reported following restoration of full or partial edentulism with osseointegrated dental implants (Torabinejad et al. 2007). However, in recent years, the success of implant therapy is no longer evaluated solely by the achievement and maintenance of osseointegration, but also by the final esthetic outcome (Chen and Buser 2009). Long-term functional and esthetic success of implant restoration depends on a combination of anatomical, technical, surgical, and prosthetic factors. Among them, correct, restorative-driven implant placement is a determining factor for esthetically successful implant restorations. Restorative-driven implant placement allows the optimal support of the surrounding soft and hard tissues in order to achieve a satisfactory emergence profile of the final prosthetic restoration. Today, the improvement in implant surface technology (Schwarz et al. 2009) and the predictability of the current surgical techniques for alveolar bone augmentation (Donos et al. 2008) have facilitated implant placement even in areas with deficient quality and quantity of bone tissue.

However, traumatic injury or surgical trauma, advanced periodontal disease, and endodontic complications may result in significant resorption of alveolar bone following extraction of the affected teeth (Kingsmill 1999, Van der Weijden et al. 2009). In such cases, the clinician should either proceed with a later restoration of the residual osseous defects or attempt an immediate preservation of the original volume of the alveolar ridge (AR). Staged bone regeneration in large alveolar bone defects often incorporates extended intraoral or extraoral bone grafting that may be associated with a significant increase in morbidity and treatment cost (Chiapasco et al. 2006). Therefore, alveolar ridge preservation (ARP) may represent a valid treatment alternative, especially when delayed implant placement is not an issue for the patient. The purpose of this article is to present the histological events and dimensional changes that take place during initial healing of postextraction sockets and to critically review the effectiveness of the currently available ARP procedures.

## Healing of the extraction socket

The healing events following tooth extraction have been extensively investigated in histological and histochemical studies in animals (Huebsch and Hansen 1969, Kuboki et al. 1988, Lin et al. 1994, Carvalho et al. 1997, Cardaropoli et al. 2003, Kanayama et al. 2003, Araújo and Lindhe 2005, Sato and Takeda 2007) and in humans (Amler et al. 1960, Boyne et al. 1966, Evian et al. 1982, Amler et al. 1993, Trombelli et al. 2008). In addition, sequential changes in hard tissue formation in the alveolus have also been evaluated in rats by means of radiographic densitometry (Bodner et al. 1993) and in humans by subtraction radiography (Schropp 2003).

The healing of an extraction socket is character-

μια σειρά ιστολογικών διεργασιών (φλεγμονή, σχηματισμός κοκκώδους ιστού, εναλάτωση και οστικός ανασχηματισμός) που είναι παρόμοια με τα στάδια της άμεσης υμενογενούς οστεογένεσης σε άλλου τύπου βλάβες του φατνιακού οστού (Schenk και συν. 1994). Η διαδικασία της επούλωσης ξεκινά από τον αρχικό σχηματισμό και ωρίμανση του αιματικού θρόμβου στο φατνίο, ο οποίος αργότερα θα αντικατασταθεί από ένα μεταβατικό ικρίωμα συνδετικού ιστού που θα μετατραπεί σε δικτυωτό οστό με τη διαδικασία της εναλάτωσης. Το δικτυωτό οστό που αποτελεί την άωρη μορφή οστού μετατρέπεται σε δοκιδωτό πεταλιώδες οστό στα τελικά στάδια της επούλωσης με τη διαδικασία του οστικού ανασχηματισμού (Amler 1969, Kuboki και συν. 1988, Lin και συν. 1994, Trombelli και συν. 2008). Στη διάρκεια όλων αυτών των επουλωτικών διεργασιών, παρατηρείται σταδιακή απορρόφηση και ανασχηματισμός των οστικών τοιχωμάτων του φατνίου, με αποτέλεσμα τη σημαντική μετεξακτική μεταβολή του εξωτερικού περιγράμματος της ΦΑ (Araújo και Lindhe 2005).

Με βάση την ιστολογική ανάλυση που έχει παρουσιαστεί σε έρευνες με πειραματόζωα και ανθρώπους, η διαδικασία επούλωσης του μετεξακτικού φατνίου μπορεί να περιγραφεί με τις παρακάτω διεργασίες:

- Αμέσως μετά την εξαγωγή, το μετεξακτικό φατνίο γεμίζει με αίμα από τα τραυματισμένα αγγεία. Ένα δίκτυο ινικής σχηματίζεται από τη δράση διαφόρων πρωτεϊνών που απελευθερώνονται από τα αιμοφόρα αγγεία και τα τραυματισμένα κύτταρα στην περιοχή του μετεξακτικού τραύματος. Ο αιματικός θρόμβος που σχηματίζεται από την αλληλεπίδραση των αιμοπεταλίων με το δίκτυο ινικής, σφραγίζει αποτελεσματικά τα τραυματισμένα αγγεία και σταματά την αιμορραγία. Ο σχηματισμός και η σταθεροποίηση του αιματικού θρόμβου παίζουν σημαντικό ρόλο στην περαιτέρω επουλωτική διαδικασία, αφού παρέχουν ένα φυσικό περιβάλλον που κατευθύνει τις κυτταρικές κινήσεις και περιέχει τους απαραίτητους αυξητικούς παράγοντες και θρεπτικά συστατικά. Αυτά τα στοιχεία προάγουν τη μετακίνηση των αδιαφοροποίητων μεσεγχυματικών κυττάρων στο φατνίο, αλλά και τον πολλαπλασιασμό, τη διαφοροποίηση και τη συνθετική τους δραστηριότητα.

- Σε διάστημα 2-4 ημερών από την εξαγωγή δοντιού, ο αιματικός θρόμβος αρχίζει να αποδιοργανώνεται (ινωδόλυση). Αρχικά τα ουδετερόφιλα και κατόπιν τα μακροφάγα, μεταναστεύουν στο αιματικό πήγμα, φαγοκυτταρώνουν βακτήρια και τραυματισμένους ιστούς και «καθαρίζουν» την πληγή, ενώ παράλληλα αποτελούν σημαντική πηγή αυξητικών παραγόντων και κυτοκινών. Αδιαφοροποίητα μεσεγχυματικά κύτταρα αρχίζουν να εναποθέτουν εξωκυττάρια ουσία κολλαγόνου, που μαζί με τα νεοσχηματισμένα αιμοφόρα αγγεία (νεοαγγειογένεση), αντικαθιστούν σταδιακά τον αιματικό θρόμβο με το νεόπλαστο κοκκιώδη ιστό. Την ίδια στιγμή, ένας μεγάλος αριθμός οστεοκλαστών ξεκινάει τη διαδικασία της οστικής απορρόφησης στα εσωτερικά τοιχώματα του προστομιακού και γλωσσικού φατνιακού πετάλου (δεσμιδωτό οστό). Στην είσοδο του φατνίου, το επιθήλιο αρχίζει να πολλαπλασιάζεται ακρορριζικά.

- 1 βδομάδα μετά την εξαγωγή, έχει ήδη εδραιωθεί ένα μεταβατικό πλέγμα συνδετικού ιστού. Η σταδιακή μετατροπή του πρώιμου συνδετικού ιστού σε οστό πραγματοποιείται κατά μήκος των αγγειακών δομών. Πρόδρομα οστικά κύτταρα που βρίσκονται στο ενδοθήλιο των αγγείων (περικύτταρα) ή σε περιφερικές οστικές επιφάνειες, μεταναστεύουν στην περιοχή του τραύματος

ized by a sequence of histological events (inflammation, formation of granulation tissue, mineralization, and bone remodeling) similar to intramembranous bone formation in other types of alveolar osseous defects (Schenk et al. 1994). The healing cascade starts from the initial formation and maturation of the blood coagulum in the socket, which is subsequently replaced by a provisional connective tissue matrix, which becomes woven bone, following a mineralization process. Woven bone, which is the immature form of bone becomes trabecular lamellar bone at the last stages of this healing process through the bone remodeling process (Amler 1969, Kuboki et al. 1988, Lin et al. 1994, Trombelli et al. 2008). During all these healing events, the osseous walls of the socket are resorbed and gradually remodeled, resulting in a significant modification of the preextraction outline of the AR (Araújo and Lindhe 2005).

On the basis of the histological analysis reported in animal and human studies, the process of extraction socket healing could be described in the following events:

- Immediately after tooth extraction, blood from the severed blood vessels fills the extraction socket. A fibrin network is formed by the various proteins secreted during surgical trauma from blood vessels and the damaged cells found in the extraction wound area. Platelet aggregates interact with the fibrin network to produce a blood clot that effectively plugs the severed vessel and stops bleeding. The blood clot formation and stabilization is of paramount importance for the forthcoming healing process because it provides a physical matrix that directs cellular movements and contains the necessary growth factors and nutrients. These substances amplify the migration of undifferentiated mesenchymal stem cells into the socket wound, as well as their proliferation, differentiation, and synthetic activity.

- Within 2-4 days after the tooth extraction, the blood clot starts to break down (fibrinolysis). Neutrophils, in the early stage, and later macrophages migrate along the coagulum, phagocytize bacteria and damaged tissue, and “clean” the wound area, being at the same time a potent source of growth factors and cytokines. At this point, undifferentiated mesenchymal cells start to deposit an extracellular collagen matrix, which, together with the newly formed blood vessels (neovascularization), gradually replace the blood clot with the newly formed granulation tissue. At the same time, a large number of osteoclasts located on the inner part of the buccal and lingual osseous wall (bundle bone) of the socket initiate a bone resorption process. In the entrance of the socket, epithelial tissue begins to proliferate apically.

- 1 week after extraction, a provisional connective tissue network has been established. The transition of the provisional connective tissue into osseous tissue occurs along the vascular structures. Osteoprogenitor cells residing either in the endothelium of the vessels (pericytes) or in the peripheral osseous surfaces mi-

και διαφοροποιούνται σε οστεοβλάστες που παράγουν μια εξωκυττάρια ουσία κολλαγόνου με αδρή δικτυωτή δομή, η οποία θα εναλατωθεί αργότερα (οστεοειδές).

- 2-3 βδομάδες μετά την εξαγωγή, οι οστεοβλάστες συνεχίζουν να εναποθέτουν οστεοειδές. Το νεόπλαστο άωρο δικτυωτό οστό εναποτίθεται αρχικά στα ακρορριζικά και πλάγια τμήματα του φατνίου, ενώ τα πιο κεντρικά και μυλικά τμήματα καταλαμβάνονται από πυκνό συνδετικό ιστό. Η είσοδος του φατνίου αφορίζεται από ένα στρώμα επιθηλίου που καταδύεται μέχρι το όριο του συνδετικού ιστού στο μυλικό τριτημόριο του φατνίου. Στα μυλικά και εξωτερικά τοιχώματα του φατνίου παρατηρείται οστική απορρόφηση.

- 4-6 βδομάδες μετά την εξαγωγή, ένα σημαντικό τμήμα του μετεξακτικού φατνίου καταλαμβάνεται από δικτυωτό οστό. Σταδιακά, το δικτυωτό οστό αντικαθίσταται από δοκιδωτό πεταλιώδες οστό και μυελοκυψέλες. Στα εξωτερικά και μυλικά τμήματα των οστικών τοιχωμάτων, ένας μεγάλος αριθμός οστεοκλαστών καθοδηγεί τη συνεχιζόμενη οστική απορρόφηση.

- 8 βδομάδες μετά την εξαγωγή, το συμπαγές οστό έχει κλείσει την είσοδο του φατνίου, ενώ ο εκτεταμένος ανασχηματισμός του δικτυωτού οστού οδηγεί στην απόθεση σημαντικού όγκου δοκιδωτού πεταλιώδους οστού με μεγάλες μυελοκυψέλες στην περιοχή της εξαγωγής. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, ο σχηματισμός οστού και η εναλάτωση μπορεί να ολοκληρωθούν σε περισσότερους από 4 μήνες. Το ύψος του αναγεννημένου οστού στο μετεξακτικό φατνίο δε φτάνει ποτέ τα αρχικά επίπεδα επειδή η διαδικασία της απορρόφησης που ξεκινάει στα αρχικά στάδια της επούλωσης στην κορυφή των οστικών τοιχωμάτων μετατοπίζει τα μετεξεκτικά όρια της ΦΑ σε πιο ακρορριζική θέση.

Αν και αυτή η ακολουθία των επουλωτικών διεργασιών έχει επιβεβαιωθεί από πολλές μελέτες με αναφορές από βιοψίες μετεξακτικών φατνίων ανθρώπων και πειραματόζωων, ο κλινικός πρέπει να είναι προσεκτικός στη μεταφορά αυτών των χρονικών πλαισίων ανάμεσα στις διάφορες επουλωτικές διεργασίες στην κλινική πράξη. Παρόλο που ο μεταβατικός συνδετικός ιστός σχηματίζεται πάντα στις πρώτες εβδομάδες της επούλωσης, ο όγκος των σκληρών ιστών, ο χρόνος της εναλάτωσης αυτού του μεταβατικού ιστού και η έκταση του ανασχηματισμού ποικίλλουν σημαντικά ανάμεσα στα άτομα. Σε πρόσφατη ημιποσοτική ιστολογική ανάλυση της μετεξακτικής επούλωσης σε ανθρώπους, οι Trombelli και συν. (2008) ανέφεραν ότι το δικτυωτό οστό αποτελούσε μόνο το 35% των ιστικών δειγμάτων από μετεξακτικά φατνία, 6-8 βδομάδες μετά την εξαγωγή. Μετά από 12-24 εβδομάδες, μόνο το 41% από τα δείγματα ιστών αποτελούνταν από εναλατωμένο οστό. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκε καθόλου δοκιδωτό πεταλιώδες οστό 6-8 βδομάδες μετά την εξαγωγή, ενώ μόνο μικρές ποσότητες πεταλιώδους οστού ανιχνεύτηκαν ακόμη και μετά από 12-24 εβδομάδες επούλωσης σε κάποιους ασθενείς, υποδεικνύοντας ότι ο οστικός ανασχηματισμός είναι μια αργή και απρόβλεπτη διαδικασία στην κλινική πράξη.

### Μετεξακτικές αλλαγές των διαστάσεων της ΦΑ

Η φατνιακή απόφυση είναι το τμήμα του οστού της άνω ή της κάτω γνάθου το οποίο περιέχει τα φατνία και υποδέχεται τις ρίζες των δοντιών. Ο τύπος και οι διαστάσεις των δοντιών, οι άξονες ανατολής και οι κλίσεις τους, καθορίζουν το σχήμα της φατνιακής απόφυσης και συμβάλλουν στη σημαντική ανατομι-

grate into the wound area and differentiate into osteoblasts, producing a collagen matrix with a woven pattern that is subsequently mineralized (osteoid).

- 2-3 weeks after tooth extraction, the osteoblasts continue to lay down osteoid. The newly formed immature woven bone is positioned initially at the apical and lateral aspects of the socket, while the more central and marginal portions are occupied by dense connective tissue. An epithelial seal of the socket entrance has been established, and epithelial downgrowth levels with the connective tissue in the coronal third of the socket. In the marginal and outer parts of the socket walls, osteoclastic resorption is observed.

- 4-6 weeks after tooth extraction, a significant part of the socket area is occupied with woven bone. Gradually, the woven bone is replaced by trabecular lamellar bone and marrow spaces. In the outer and marginal portions of the osseous walls, large numbers of osteoclasts promote the ongoing bone resorption.

- 8 weeks after extraction, cortical bone has sealed the entrance of the extraction site, and an extensive remodeling process of the woven bone has resulted in a significant amount of trabecular lamellar bone with large marrow spaces in the extraction site. However, in several cases, bone formation and mineralization may be completed in more than 4 months. The level of regenerated bone in the extraction sockets never reaches the original bone height because the resorption process initiated in the early healing stages at the crest of the bony walls shifted postextraction AR margins in a more apical position.

Although this pattern of healing events has been verified in multiple studies reporting on biopsy samples from both human and animal extraction sites, the clinician should be cautious about the transition of all these time frames between different healing events in clinical practice. Even if a provisional connective tissue consistently forms within the first weeks of healing, the amount of hard tissue, the timing of mineralization of this provisional tissue, and the extent of remodeling varies significantly between individuals. In a recent semiquantitative histological analysis of postextraction wound healing in humans, Trombelli et al. (2008) reported that woven bone accounted for only 35% of the tissue samples harvested from the socket at 6-8 weeks postextraction. After 12-24 weeks, only about 41% of the tissue samples were comprised of mineralized bone. Furthermore, no trabecular lamellar bone was observed at 6-8 weeks postextraction, and limited amounts of lamellar bone were observed even after 12-24 weeks of healing in a few individuals, indicating that bone remodeling is slow and unpredictable in clinical conditions.

### Postextraction AR dimensional changes

The alveolar process is the part of mandibular or maxillary bone that contains the tooth sockets bearing teeth. The tooth type and dimensions, its eruption axis, and its inclination determine the shape of the alveolar process and contribute to the significant

κή ποικιλότητα που συναντάται όχι μόνο μεταξύ των ανθρώπων αλλά και μεταξύ της αριστερής και δεξιάς πλευράς του ίδιου ατόμου (Marks και Schroeder 1996). Μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης, η παρουσία ή απουσία των δοντιών αποτελούν τους πιο σημαντικούς παράγοντες που καθορίζουν το σχήμα της φατνιακής απόφυσης. Μετά από εξαγωγές δοντιών, η ΦΑ υφίσταται σημαντικές μεταβολές στο περίγραμμα και στις διαστάσεις της σαν αποτέλεσμα της απορρόφησης και του ανασχηματισμού του οστού (Atwood και συν. 1971). Οι μεταβολές αυτές συντελούνται τόσο στον οριζόντιο όσο και στον κατακόρυφο άξονα και καταλήγουν σε μείωση του ύψους και του εύρους της ΦΑ (ατροφία φατνιακού οστού). Η διαδικασία της οστικής απορρόφησης πραγματοποιείται κυρίως τους πρώτους 6 μετεξακτικούς μήνες, ενώ ο οστικός ανασχηματισμός συνεχίζεται εφόρου ζωής, αν και με βραδύτερο ρυθμό (Jahangiri και συν. 1998). Επιπλέον, διάφοροι τοπικοί (ανατομία, ποιότητα οστού, προγενέστερη ή υπολειμματική λοίμωξη, μηχανική πίεση) και συστηματικοί (ηλικία και φύλο, οστεοπόρωση, διατροφή) παράγοντες προφανώς επηρεάζουν το ρυθμό, τη διάρκεια και την έκταση της οστικής απορρόφησης (Kingsmill 1999). Αρκετές έρευνες έχουν διεξαχθεί σε πειραματόζωα και ανθρώπους για να περιγράψουν τις μεταβολές των διαστάσεων της ΦΑ μετά την εξαγωγή των δοντιών.

#### **Μελέτες σε πειραματόζωα**

Οι διεργασίες απορρόφησης που είναι υπεύθυνες για τις μεταβολές των διαστάσεων της ΦΑ μετά τις εξαγωγές δοντιών, έχουν μελετηθεί σε διάφορα μοντέλα ζώων (Kuboki και συν. 1988, Lin και συν. 1994, Cardaropoli και συν. 2003, Araújo και Lindhe 2005, 2009b, Fickl και συν. 2008a). Οι Cardaropoli και συν. (2003) διερεύνησαν την επούλωση του μυλικού, κεντρικού και ακρορριζικού τμήματος μετεξακτικών φατνίων σε σκύλους για μια περίοδο 6 μηνών και παρατήρησαν ότι ταυτόχρονα με τις ενδοφατνιακές διεργασίες επούλωσης, το παρειακό τοίχωμα του φατνίου, που συχνά αποτελείται κυρίως από δεσμιδωτό οστό, υφίσταται αξιοσημείωτη απορρόφηση. Ωστόσο, οι συγγραφείς δεν παρείχαν καμία επιπλέον πληροφορία σχετικά με τις συνολικές μεταβολές της μορφολογίας της ΦΑ που πραγματοποιήθηκαν στη διάρκεια αυτής της περιόδου. Σε παρόμοια μελέτη με σκυλιά, οι Araújo και Lindhe (2005) ανέφεραν ότι η οστική απορρόφηση ξεκίνησε από την πρώτη μετεξακτική εβδομάδα και επηρέασε το δεσμιδωτό οστό που αποτελεί σχεδόν ολόκληρο το παρειακό και μεγάλο τμήμα του γλωσσικού πετάλου. Σε μεταγενέστερο στάδιο (δεύτερη μετεξακτική εβδομάδα), παρατηρήθηκε περαιτέρω οστική απορρόφηση στις εξωτερικές επιφάνειες και των δύο οστικών τοιχωμάτων. Οι ερευνητές θεώρησαν ότι η αρχική απορρόφηση του δεσμιδωτού οστού είναι υπεύθυνη για τη σημαντική κατακόρυφη και οριζόντια μείωση του παρειακού πετάλου και την επακόλουθη κατάρρευση των μαλακών ιστών. Η σχετική μείωση ύψους του παρειακού σε σύγκριση με αυτή του γλωσσικού πετάλου ήταν  $2,2 \pm 0,2$  mm. Σε μια πιο πρόσφατη μελέτη σε σκύλους, οι Fickl και συν. (2008a) αξιολόγησαν εάν η εξαγωγή χωρίς την αναπέταση βλεγοννοπερίοστεου κρημνού έχει πλεονεκτικά αποτελέσματα στον μετεξακτικό ρυθμό απορρόφησης και στις μεταβολές των διαστάσεων της ΦΑ. Οι ερευνητές πρότειναν ότι η παραμονή του περίοστεου στη θέση του χωρίς την αναπέταση κρημνού κατά την εξαγωγή δοντιού μειώνει το ρυθμό απορρόφησης, αφού η πρόσθετη οστεοκλαστική απορρόφηση που παρατηρείται στην εξωτερική πλευρά του παρειακού πετάλου

anatomical variability that occurs not only between individuals, but also between the right and left sides in the same individual (Marks and Schroeder 1996). Following growth cessation, the presence or absence of the teeth are the most important factors governing the shape of alveolar process. After tooth extraction, the AR undergoes significant contour and dimensional changes as a consequence of bone resorption and remodeling (Atwood et al. 1971). These changes occur in both vertical and horizontal directions and result in a decrease of the height and the width of the AR (alveolar bone atrophy). The bone resorption process mainly takes place during the first 6 months postextraction, although bone remodeling continues throughout life albeit at a slower rate (Jahangiri et al. 1998). Furthermore, several local (anatomy, bone quality, preexisting or residual infection, mechanical pressure) and systemic (age and gender, osteoporosis, diet) factors apparently play a role in the rate, duration, and extent of bone resorption (Kingsmill 1999). Several investigations in animals and humans have been conducted to describe AR dimensional changes following tooth extraction.

#### **Animal studies**

The resorption processes responsible for the AR dimensional changes following tooth extraction have been studied in different animal models (Kuboki et al. 1988, Lin et al. 1994, Cardaropoli et al. 2003, Araújo and Lindhe 2005, 2009b, Fickl et al. 2008a). Cardaropoli et al. (2003) investigated the healing of the coronal, central, and apical compartments of fresh extraction sockets in dogs during a 6-month interval and observed that concomitant with the intra-alveolar healing events, the buccal wall of the socket that often comprised mainly bundle bone underwent marked resorption. However, the authors provided no additional information regarding the total AR contour alterations that occurred during this period. In a similar study in dogs, Araújo and Lindhe (2005) reported that bone resorption was initiated as early as the first postextraction week and affected the bundle bone, which comprised almost solely the buccal crest and a big part of the lingual crest. In a later phase (second postextraction week), additional bone resorption was observed at the outer surfaces of both bone walls. The investigators considered this initial resorption of the bundle bone to be responsible for the substantial vertical and horizontal reduction of the buccal bone crest and the consequent collapse of the buccal soft tissue. The relative reduction in the height of the buccal bone wall in comparison to the lingual wall was  $2.2 \pm 0.2$  mm. In a more recent study in dogs, Fickl et al. (2008a) evaluated whether tooth extraction without the elevation of a mucoperiosteal flap has advantageous effects on the postextraction resorption rate and dimensional changes of the AR. The investigators suggested that leaving the periosteum in place by using a flapless approach in tooth extraction decreases the resorption rate because the additional osteoclastic resorption that occurs on the external aspect of the buccal bone plate when

με την αναπέταση του κρημνού είναι περιορισμένη. Αντίθετα, οι Araujo και Lindhe (2009a) ανέφεραν παρόμοια οστική απώλεια, ανεξάρτητα από την προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή (με ή χωρίς αναπέταση κρημνού).

### Κλινικές μελέτες

Οι μεταβολές στις διαστάσεις και στο περίγραμμα της φατνιακής ακρολοφίας μετά από εξαγωγές έχουν μελετηθεί με μετρήσεις σε εκμαγεία μελέτης (Lam 1960, Pietrokovski και Massler 1967, Johnson 1969, Watt και Likeman, 1974, Schropp και συν. 2003), πλάγιες κεφαλομετρικές ακτινογραφίες (Carlsson και συν. 1967, Carlsson & Persson 1967, Atwood και Coy 1971), ακτινογραφική ανάλυση (Atwood, 1957, Carlsson και Persson, 1967, Tallgren 1969, Schropp και συν. 2003) και άμεσες κλινικές μετρήσεις της ακρολοφίας με χειρουργική επανεξέταση (Lekovic και συν. 1997, 1998, Barone 2008).

Ο Lam και συνεργάτες (1960), αξιολόγησαν το ρυθμό και την κατανομή των μεταβολών στο περίγραμμα της ακρολοφίας μετά την εξαγωγή όλων των άνω πρόσθιων δοντιών και την άμεση τοποθέτηση ολικής οδοντοστοιχίας και διαπίστωσαν ότι η μέγιστη απώλεια οστού (περίπου 70-90%) πραγματοποιήθηκε τον πρώτο μήνα, ενώ περαιτέρω ελάχιστη απώλεια συνεχίστηκε μέχρι το τέλος του πέμπτου μήνα. Μετά από ένα χρόνο, οι απώλειες σε ύψος κυμαίνονταν από 3,0 έως 4,5 mm και οι απώλειες σε εύρος από 3,0 έως 5,6 mm. Ωστόσο, η τοποθέτηση της οδοντοστοιχίας αμέσως μετά τις εξαγωγές μπορεί να επιτάχυνε τη διαδικασία της οστικής απορρόφησης. Ο Johnson (1969) μελέτησε τη χρονική ακολουθία των μορφολογικών μεταβολών της ΦΑ μετά την εξαγωγή όλων των δοντιών της άνω γνάθου και τη μεθύτερη τοποθέτηση ολικής οδοντοστοιχίας σε εννέα ασθενείς. Σε αντίθεση με την προηγούμενη μελέτη οι οδοντοστοιχίες χορηγήθηκαν 10 έως 20 εβδομάδες μετά τις εξαγωγές. Σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρήθηκε ταχεία μείωση του ύψους και του εύρους του φατνιακού οστού μετά την εξαγωγή των δοντιών. Η μείωση του εύρους ήταν μεγαλύτερη από τη μείωση του ύψους, τόσο στις πρόσθιες όσο και στις οπίσθιες περιοχές. Η κατακόρυφη μείωση στην πρόσθια μοίρα κυμάνθηκε από 2,5 έως 5,0 mm και στην οπίσθια από 3,0 έως 7,0 mm. Η μείωση σε εύρος ήταν της τάξης των 3,0 - 7,0 mm τόσο στις πρόσθιες όσο και στις οπίσθιες περιοχές. Σχεδόν όλες οι αλλαγές πραγματοποιήθηκαν τους πρώτους 2-3 μετεξακτικούς μήνες, ενώ περαιτέρω απορρόφηση της ακρολοφίας παρατηρήθηκε μετά τη χορήγηση της οδοντοστοιχίας σε δύο από τους εννιά ασθενείς. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν από τους Watt και Likeman (1974) που εκτίμησαν το μέσο όρο του ρυθμού των μεταβολών του φατνιακού οστού σε μια περίοδο 2½ χρόνων μετά από πολλαπλές εξαγωγές σε 25 ασθενείς. Οι οδοντοστοιχίες χορηγήθηκαν στους μισούς ασθενείς αμέσως μετά την εξαγωγή των δοντιών, ενώ στους υπόλοιπους μετά από μια χρονική περίοδο που κυμάνθηκε από 3 έως 12 μήνες. Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι μετά από 1 μήνα επούλωσης, είχε ήδη πραγματοποιηθεί το 40% της συνολικής απώλειας ιστών που παρατηρείται σε 2½ χρόνια. Σε 3, 6 και 12 μήνες μετά την εξαγωγή των δοντιών, πραγματοποιήθηκαν το 65%, 80% και 90% της απώλειας, αντίστοιχα.

Οι Pietrokovski και Massler (1967) μελέτησαν αναδρομικά την απώλεια ιστών μετά από μονήρεις εξαγωγές δοντιών σε 149 ασθενείς και ανέφεραν ότι η μείωση του εύρους της ΦΑ είναι κατά μέσο όρο 3,0-5,5 mm στην πρόσθια μοίρα και την περιοχή των προγομφίων και 7,0-8,5 mm στην περιοχή των γομφίων. Δεν

a mucoperiosteal flap is raised is limited. In contrast, Araujo and Lindhe (2009a) reported similar hard tissue loss irrespective of the procedures used to remove the tooth (flapped versus flapless approach).

### Clinical studies

Dimensional and contour changes in postextraction AR have been described by serial study cast measurements (Lam 1960, Pietrokovski and Massler 1967, Johnson 1969, Watt and Likeman, 1974, Schropp et al. 2003), lateral cephalograms (Carlsson et al. 1967, Carlsson and Persson 1967, Atwood and Coy 1971), radiographic analysis (Atwood 1957, Carlsson and Persson, 1967, Tallgren 1969, Schropp et al. 2003), and direct measurements of the ridge performed at surgical reentry procedures (Lekovic et al. 1997, 1998, Barone et al. 2008).

Lam et al. (1960) evaluated the rate and distribution of alveolar contour changes following extraction of all maxillary anterior teeth and the immediate provision of a full denture and found that most of the bone loss (approximately 70-90%) took place during the first month, and a further minuscule loss continued until the end of the fifth month. After 1 year, the loss in height ranged from 3.0 to 4.5 mm and the loss in width from 3.0 to 5.6 mm. However, the placement of a denture immediately after tooth removal may have accelerated the bone resorption process. Johnson (1969) studied the timing of morphological changes of the AR following maxillary teeth extraction and the late provision of a full denture in nine patients. In contrast to that in the previous study, the dentures were provided at 10-20 weeks after tooth extraction. In all cases, a rapid reduction in height and width of the alveolar bone was detected after tooth extraction. The reduction in width was greater than the reduction in height in both the anterior and posterior segments. The vertical reduction in the anterior region varied between 2.5 and 5.0 mm and in the posterior region between 3.0 and 7.0 mm. Width reduction was in the range of 3.0-7.0 mm in both the anterior and posterior segments. Almost all changes took place during the first 2-3 postextraction months and further ridge resorption occurred following the insertion of the denture in two of nine patients. Similar results were reported by Watt and Likeman (1974) who assessed the average rate of alveolar bone changes within a period of 2½ years following multiple extractions in 25 patients. Half of the patients wore a denture immediately after tooth extraction, whereas the rest received a denture after a period ranging between 3 and 12 months. The authors reported that after 1 month of healing, 40% of the total tissue loss observed at 2½ years had already occurred. At 3, 6, and 12 months after tooth extraction, 65%, 80%, and 90% of the loss, respectively, had occurred.

Pietrokovski and Massler (1967) retrospectively studied the tissue loss after single-tooth extraction in 149 patients. The authors found an average AR width reduction of 3.0-5.5 mm in the anterior and premolar areas and 7.0-8.5 mm in the molar areas. No signifi-

παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές των μεταβολών ανάμεσα στην άνω γνάθο και στην κάτω γνάθο. Επίσης, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μεγαλύτερη απορρόφηση πραγματοποιήθηκε στην παρειακή παρά στη γλωσσική επιφάνεια της ακρολοφίας τόσο στην άνω όσο και στην κάτω γνάθο. Στη μελέτη αυτή, ωστόσο, δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία για το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την εξαγωγή των δοντιών μέχρι τις μετρήσεις στα εκμαγεία μελέτης και για τις μεταβατικές αποκαταστάσεις των ασθενών. Οι Lekovic και συν. (1997), μέτρησαν τις αλλαγές στο ύψος και το εύρος της ΦΑ μετά την εξαγωγή δύο ή περισσότερων πρόσθιων δοντιών σε 10 ασθενείς με άμεση κλινική εκτίμηση και μετρήσεις σε εκμαγεία γύψου. Στα φατνία με απρόσκοπτη επούλωση, η απώλεια του εύρους της ΦΑ ήταν μεγαλύτερη από την απώλεια ύψους, ενώ οι μειώσεις ύψους και εύρους ήταν παρόμοιου μεγέθους με αυτές που έχουν αναφερθεί προηγουμένως.

Σε μια πιο πρόσφατη μελέτη, οι Schropp και συν. (2003) αξιολόγησαν τις μεταβολές σκληρών και μαλακών ιστών της υπολειμματικής ακρολοφίας μετά από μονήρεις εξαγωγές σε 46 ασθενείς. Η εκτίμηση για τις αλλαγές των μαλακών ιστών έγινε σε εκμαγεία μελέτης και για τις μεταβολές του οστού σε συγκρίσιμες περιακρορριζικές ακτινογραφίες. Το εύρος της ΦΑ μειώθηκε κατά 50% (5.0-7.0 mm) και τα 2/3 αυτής της μείωσης πραγματοποιήθηκαν τους 3 πρώτους μετεξακτικούς μήνες, επαληθεύοντας έτσι πρότερα ευρήματα (Johnson και συν. 1969).

Οι μεταβολές των διαστάσεων της ΦΑ μετά από εξαγωγές δοντιών αξιολογήθηκαν πρόσφατα σε μια συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (Van der Weijden και συν. 2009). Από μια επιλογή 11 δημοσιεύσεων, οι συγγραφείς ανέφεραν μια σταθμισμένη μέση απώλεια εύρους 3,87 mm και ύψους από 1,67 έως 2,03 mm, οι οποίες, σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες, σημειώθηκαν τους πρώτους 3 μήνες επούλωσης. Είναι ενδιαφέρον ότι αυτή η ανασκόπηση δεν υποστήριξε πρότερες παρατηρήσεις σε μελέτες με ζώα (Araújo & Lindhe 2005) και παρουσίασε παρόμοια μείωση ύψους τόσο στην παρειακή όσο και στη γλωσσική πλευρά του φατνίου. Ωστόσο, η μεγάλη ετερογένεια μεταξύ των επιλεγμένων πρωτογενών μελετών δεν επιτρέπει τη γενίκευση αυτών των ευρημάτων στην καθημερινή κλινική πράξη.

Στις περισσότερες μελέτες που αναφέρθηκαν προηγουμένως, εντοπίστηκε μια μεγάλη διακύμανση στο ρυθμό και στον όγκο της μετεξακτικής μείωσης, υποδεικνύοντας ότι αυτό το φαινόμενο, διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ατόμων. Επιπλέον, οι περισσότερες από τις προηγούμενες μελέτες αξιολόγησαν τις μορφολογικές μεταβολές του φατνιακού οστού μετά από πολλαπλές εξαγωγές, ενώ μόνο λίγες μελέτες έχουν εκτιμήσει τις φατνιακές μεταβολές σε ασθενείς στους οποίους δε δόθηκαν προσθετικές αποκαταστάσεις λίγο μετά τις εξαγωγές. Επειδή οι πολλαπλές εξαγωγές μπορεί να προκαλέσουν μεγαλύτερο τραύμα στο φατνιακό οστό, θα πρέπει κανείς να είναι προσεκτικός στην εφαρμογή αυτών των αποτελεσμάτων σε περιπτώσεις με μονήρεις εξαγωγές. Παρομοίως, η χρήση οδοντοστοιχίας μπορεί να αυξήσει την απώλεια του φατνιακού ιστού (Jahangiri και συν. 1998).

## Διατήρηση της φατνιακής ακρολοφίας

### Αιτιολόγηση και ενδείξεις

Η ΔΦΑ (διατήρηση φατνίου) περιλαμβάνει κάθε διαδικασία που έχει αναπτυχθεί για να εξαλείψει ή να περιορίσει τη μετεξακτική απορρόφηση της ΦΑ και να προάγει το σχηματισμό οστού

cant differences were observed in the changes between the maxilla and the mandible. In addition, the results also revealed that more resorption occurred on the buccal than on the lingual surfaces of the ridge in both the upper and lower jaw. In this study, however, there was no information on the time between tooth extraction and measurements of the study casts and whether the patients had any provisional prosthesis. Lekovic et al. (1997) measured changes of the AR height and width after extraction of two or more anterior teeth in 10 patients by using both direct clinical assessment and measurements on plaster models. In the unassisted socket healing sites, the loss of AR width was greater than the loss of height, and the reduction in height and width was of similar magnitude to that previously reported.

In a more recent study, Schropp et al. (2003) evaluated hard and soft tissue changes of the residual ridge after single-tooth extractions in 46 patients. The evaluation was made on study casts for the soft tissue changes and on standardized periapical radiographs for the bone changes. The width of the AR was reduced by 50% (5.0-7.0 mm) and 2/3 of this reduction occurred within the first 3 months after tooth extraction, verifying previous findings (Johnson et al. 1969).

The dimensional changes of the AR following tooth extraction were recently assessed in a systematic review of the literature (Van der Weijden et al. 2009). From a selection of 11 publications, the authors reported a weighted mean loss in width of 3.87 mm and in height of 1.67-2.03 mm, which, like those in the previous studies, occurred during the first 3 months of healing. Interestingly, this systematic review did not support previous observations in animal studies (Araújo and Lindhe 2005) and presented similar amounts of height reduction at both the buccal and lingual aspects of the socket. However, the high heterogeneity between the selected primary studies does not allow generalization of these findings to everyday clinical practice.

In most of the previously discussed studies, a wide variation was found in the rate and amount of postextraction reduction, indicating that this phenomenon varies a great deal among individuals. Furthermore, most of the previous studies evaluated morphological changes of the alveolar bone following multiple tooth extraction, whereas only a few studies have assessed the alveolar changes in patients who did not wear prosthetic reconstructions soon after tooth extraction. Because multiple extractions may result in greater trauma to the alveolar bone, one should be cautious about applying these results to cases involving single-tooth extraction. Likewise, denture wearing may advance the loss of alveolar tissue (Jahangiri et al. 1998).

## Alveolar ridge preservation

### Rationale and indications

ARP (socket preservation) involves any procedure developed to eliminate or limit the postextraction resorption of the AR and promote bone formation within

στο μετεξακτικό φατνίο. Η κύρια ένδειξη για ΔΦΑ είναι η πρόληψη της μετεξακτικής κατάρρευσης σκληρών και μαλακών ιστών που θα προκαλούσε αισθητικά προβλήματα στην περιοχή του γεφυρώματος μιας ακίνητης συμβατικής αποκατάστασης ή να υπονομεύσει τη μελλοντική τοποθέτηση εμφυτεύματος. Ωστόσο, εάν το εμφύτευμα πρόκειται να τοποθετηθεί ταυτόχρονα ή σε 6-8 εβδομάδες μετά την εξαγωγή, η ΔΦΑ που πραγματοποιείται στη συνεδρία της εξαγωγής δεν προσφέρει ιδιαίτερα πλεονέκτηματα (Darby και συν. 2009). Από την άλλη πλευρά, ακόμη και όταν δεν είναι προγραμματισμένη η τοποθέτηση εμφυτεύματος, η πιθανότητα για ΔΦΑ θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μετά από πολλαπλές εξαγωγές, όταν οι αναμενόμενες οστικές ανωμαλίες και η απορρόφηση είναι πιθανό να διακυβέψουν τη συγκράτηση της κινητής αποκατάστασης ή πριν από την ορθοδοντική μετακίνηση δοντιού στη κωδή περιοχή ενός μετεξακτικού φατνίου.

Για τους λόγους αυτούς, έχουν προταθεί πολλές τεχνικές που περιλαμβάνουν την ελάχιστη τραυματική οδοντική εξαγωγή με ή χωρίς κρημνό, τη χρήση μοσχευμάτων σκληρών και μαλακών ιστών, την κατευθυνόμενη οστική αναγέννηση (ΚΟΑ) με διάφορους τύπους μεμβρανών, την άμεση τοποθέτηση εμφυτευμάτων, ή τους συνδυασμούς τους. Η αποτελεσματικότητα αυτών των χειρουργικών επεμβάσεων έχει διερευνηθεί σε προκλινικές μελέτες με ζώα, σε κλινικές ελεγχόμενες μελέτες, σειρές περιστατικών και αναφορές με άμεσες μετρήσεις της υπολειμματικής ΦΑ, ιστολογική και/ή ακτινογραφική αξιολόγηση. Οι σύγχρονες διαθέσιμες τεχνικές ΔΦΑ παρουσιάστηκαν πρόσφατα σε δύο συστηματικές ανασκοπήσεις (Darby και συν. 2009, Horvath και συν. 2010). Μια επιλογή από ελεγχόμενες μελέτες που αξιολογούν τις τεχνικές ΔΦΑ παρουσιάζονται στους Πίνακες 1 και 2.

Αν και υπάρχουν κλινικές καταστάσεις όπου η κοινή λογική παρά η επιστημονική τεκμηρίωση δε συνιστά τη ΔΦΑ στη συνεδρία της εξαγωγής (οξεία λοίμωξη ή σημαντική οστική απώλεια εξαιτίας προϋπάρχουσας περιοδοντικής ή ενδοδοντικής παθολογίας), δεν υπάρχει ακόμη μια συγκεκριμένη λίστα κλινικών αντενδείξεων για τη ΔΦΑ. Μια τέτοια λίστα θα πρέπει να βασίζεται ιδανικά σε τεκμηρίωση σχετικά με την επίδραση τοπικών (τύπος δοντιού/φατνίου, μορφολογία και διαστάσεις, αιτία εξαγωγής) και γενικών (ιατρικό ιστορικό, κάπνισμα) παραγόντων στην αποτελεσματικότητα των τεχνικών ΔΦΑ, καθώς και στις προτιμήσεις του ασθενή ή σε παραμέτρους κόστους-οφέλους. Μέχρι σήμερα υπάρχει έλλειψη σχετικής τεκμηρίωσης.

### **Υλικά και μέθοδοι για τη ΔΦΑ**

Η διατήρηση της ΦΑ ξεκινάει με μια atraumaticκή εξαγωγή. Οι περισσότερες τεχνικές περιλαμβάνουν τη χρήση περιστόμων, ενώ πιο πρόσφατα, η πιεζοχειρουργική προτάθηκε για εξαγωγές με ελάχιστη απώλεια οστού (Vercellotti 2004). Μετά την εξαγωγή, οι σύγχρονες μέθοδοι ΔΦΑ περιλαμβάνουν την πλήρωση του φατνίου με αυτομοσχεύματα, αλλομοσχεύματα, ξενομοσχεύματα ή αλλοπλαστικά υλικά, την ΚΟΑ με βιοαπορροφήσιμες ή μη απορροφήσιμες μεμβράνες, ή τον συνδυασμό τους (Darby και συν. 2009, Horvath και συν. 2010).

### **Οστικά μοσχεύματα και οστικά υποκατάστατα για τη ΔΦΑ**

Τα οστικά αυτομοσχεύματα πιστεύεται ότι είναι η «χρυσή σταθερά» για την οστική αναγέννηση επειδή έχουν οστεοπαραγωγικές, οστεοσυνεργικές και οστεοεπαγωγικές ιδιότητες. Συνήθεις θέσεις για συλλογή αυτόλογου οστού είναι το παρακείμενο

the postextraction socket. The primary indication for ARP is the prevention of postextraction collapse of bone and soft tissue that would cause unacceptable prosthesis esthetics in the pontic area of a conventional fixed prosthetic reconstruction or compromise future implant placement. However, if an implant is to be placed at the time of extraction or within 6-8 weeks following extraction, there appears to be little benefit in carrying out ARP at the time of extraction (Darby et al. 2009). On the other hand, even when an implant placement might not be planned, ARP should be considered after multiple extractions when extended resorption and osseous irregularities are expected that may compromise the retention of the removable prosthesis, or before the orthodontic movement of a tooth into the edentulous area of an extraction socket.

For these reasons, many procedures have been suggested, including minimally traumatic tooth extraction with or without a flap approach, hard and soft tissue grafting, guided bone regeneration (GBR) with various types of barrier membranes, immediate implant placement, or a combination thereof. The effectiveness of these surgical procedures has been investigated in preclinical animal studies, clinical controlled studies, case series, and reports by means of direct measurements of the residual AR, histological analysis, and/or radiographic evaluation. Currently available techniques for ARP were recently presented in two systematic reviews (Darby et al. 2009, Horvath et al. 2010). A selection of controlled studies evaluating ARP techniques is presented in Tables 1 and 2.

Although there are situations in which common logic rather than scientific evidence contraindicates ARP at the time of extraction (acute infection or significant bone loss because of preexisting periodontal or endodontic pathology), a specific list of contraindications for ARP is still unavailable. Such a list ideally should be based on evidence regarding the influence of local (tooth type, socket dimensions, reason for extraction) and systemic factors (medical history, smoking) on the effectiveness of ARP techniques, as well as on patient preferences and cost-benefit parameters. To date, such evidence is largely missing.

### **Materials and methods for ARP**

Preservation of the AR starts with an atraumatic extraction. Most techniques include the use of periostomes and more recently piezosurgery has been suggested for tooth extraction with minimal bone damage (Vercellotti 2004). Following extraction of a tooth, current methods for ARP include grafting of the socket with particulate autografts, allografts, xenografts, or alloplasts; GBR with bioabsorbable or nonresorbable membranes; or a combination thereof (Darby et al. 2009, Horvath et al. 2010).

### **Bone grafts and bone substitutes for ARP**

Bone autografts are thought to be the “gold standard” for bone regeneration because of their osteogenetic, osteoconductive, and osteoinductive properties. Common sites to harvest autogenous bone are close



χειρουργικό πεδίο, ο κλάδος της κάτω γνάθου, η γενειακή σύμφυση και το γναθιαίο κύρτωμα. Ωστόσο, οι περιορισμοί σχετικά με την ποσότητα που μπορεί να συλλεχθεί και η νοσηρότητα της δότηριας περιοχής, καθιστούν δυσχερή την εφαρμογή τους στη ΔΦΑ.

Οι Becker και συν. (1996) συγκρίναν κλινικά και ιστολογικά τα αυτόλογα οστικά με διάφορα αλλομοσχεύματα στη διατήρηση του φατνίου. Στην πρώτη μελέτη, 21 φατνία αντιμετωπίστηκαν με αυτόλογο μόσχευμα, αφαλατωμένο λυοφιλοποιημένο οστικό αλλομόσχευμα (DFDBA), λυοφιλοποιημένο οστικό αλλομόσχευμα (FDBA), ή συνδυασμούς αυτόλογου οστού, DFDBA και αφοριστικής μεμβράνης ή DFDBA και μεμβράνης από διεσταλμένο πολυτετραφθοροαιθυλένιο (e-PTFE). Βιοψίες από τις περιοχές μετά από 4 - 13 μήνες, έδειξαν σχηματισμό νέου οστού σε περιοχές όπου χρησιμοποιήθηκε αυτόλογο μόσχευμα, αλλά όχι σε 6 από τα 7 φατνία με DFDBA όπου ήταν εμφανής η περιχάρωση των σωματιδίων του μοσχεύματος από συνδετικό ιστό. Σε μεταγενέστερη μελέτη, ο Anitua (1999) αντιμετώπισε μετεξακτικά φατνία σε 20 ασθενείς με παρασχίδες αυτόλογου οστικού μοσχεύματος και πλάσμα πλούσιο σε αυξητικούς παράγοντες (PRGF) και σύγκρινε ιστολογικά την επούλωση τους σε σχέση με την επούλωση φατνίων όπου δεν έγινε καμία παρέμβαση. Μετά από 2,5-4 μήνες, ώριμο οστό με καλά οργανωμένες δοκίδες καταλάμβανε το μεγαλύτερο τμήμα του μετεξακτικού φατνίου σε 8 από 10 ασθενείς, ενώ στην ομάδα ελέγχου συνδετικός ιστός καταλάμβανε το μεγαλύτερο όγκο του φατνίου.

Το εναλατωμένο και το αφαλατωμένο λυοφιλοποιημένο οστικό αλλομόσχευμα είναι πιθανά υποκατάστατα των αυτομοσχευμάτων επειδή έχουν οστεοσυnergικές ιδιότητες και δυνατότητα οστεοεπαγωγής (Mardas και συν. 2002). Εκτός από αυτές τις ιδιότητες, το FDBA και το DFDBA έχουν χρησιμοποιηθεί σε θέσεις εξαγωγών επειδή απορροφώνται και αντικαθίστανται σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, δύο ιστολογικές μελέτες σε ανθρώπους, έδειξαν ελάχιστο με μέτριο σχηματισμό νέου οστού σε φατνία που αντιμετωπίστηκαν με DFDBA σε σύγκριση με φατνία που αντιμετωπίστηκαν με αυτομόσχευμα με ή χωρίς αφοριστική μεμβράνη (Becker και συν. 1994) ή με φατνία χωρίς θεραπεία (Froum και συν. 2002). Όταν τα αλλομοσχεύματα εφαρμόστηκαν σε συνδυασμό με μεμβράνες KOA, τα αποτελέσματα ήταν αντικρουόμενα. Οι Brugnamì και συν. (1996) ανέφεραν σημαντικό σχηματισμό νέου οστού σε φατνία ασθενών που αντιμετωπίστηκαν με DFDBA και μεμβράνες e-PTFE. Όλα τα σωματίδια του DFDBA ήταν καλά ενσωματωμένα στο νέο οστό με προφανή οστεοβλαστική δραστηριότητα. Παρόμοια, οι Iasella και συν. (2003) ανέφεραν μικρότερη μείωση στο εύρος της ακρολοφίας και περισσότερο οστό στα φατνία μετά από ΔΦΑ με FDBA και μεμβράνες κολλαγόνου σε σύγκριση με την απλή εξαγωγή. Ωστόσο, υπολείμματα σωματιδίων FDBA ήταν περιχαρακωμένα από συνδετικό ιστό στο μυλικό μέρος του φατνίου. Αντίθετα, οι Zubillaga και συν. (2003) αμφισβήτησαν το οστεοεπαγωγικό δυναμικό του DFDBA και τη χρήση του σε μετεξακτικά φατνία. Η ιστολογική αξιολόγηση των φατνίων που αντιμετωπίστηκαν με DFDBA και συνθετική απορροφήσιμη μεμβράνη έδειξε ότι αυτό το αλλομόσχευμα δεν προωθεί το σχηματισμό οστού και μπορεί να καθυστερήσει τη μετεξακτική επούλωση.

Το αποπρωτεϊνωμένο βόειο οστικό μόσχευμα (DBBM) που παράγεται από απομάκρυνση όλων των οργανικών συστατικών

to the surgical site, in the mandibular ramus, the mandibular symphysis, and the maxillary tuberosity. However, limitations on the amount that can be harvested and donor site morbidity make their application to ARP questionable.

Becker et al. (1996) compared autologous bone grafts and different allografts clinically and histologically for socket preservation. In the first study, 21 extraction sockets were grafted with autologous bone; demineralized freeze-dried bone allograft (DFDBA); freeze-dried bone allograft (FDBA); or a combination of autologous bone, DFDBA, and a barrier membrane or DFDBA and expanded polytetrafluoroethylene (e-PTFE) membrane. Biopsy samples from the treated sites after 4-13 months showed new bone formation at sites where autogenous bone was used, but not in six of seven sites treated with DFDBA where encapsulation of the graft particles into connective tissue was evident. In a later study, Anitua (1999) grafted extraction sockets in 20 patients by using autogenous bone chips and plasma rich in growth factors (PRGFs) and compared the healing in these sockets histologically with those that were left to heal without any treatment. After 2.5-4 months, mature bone with well-organized trabeculae occupied most of the socket area in 8 of 10 patients, whereas in the control sites, connective tissue filled the main part of the socket.

Mineralized and demineralized freeze-dried bone allografts are potential substitutes for autografts because of their osteoconductive properties and their potential for osteoinduction (Mardas et al. 2002). Besides these properties, FDBA and DFDBA have been used in extraction sites because they are resorbed and replaced within a relatively short period of time. However, two histological studies in humans showed minimal to moderate new bone formation in sockets treated with DFDBA in comparison to sockets treated with autografts with or without a barrier membrane (Becker et al. 1994) or to untreated sockets (Froum et al. 2002). When allografts were applied in combination with barriers for GBR, the results were conflicting. Brugnamì et al. (1996) reported significant new bone formation in human extraction sockets treated with DFDBA in combination with e-PTFE membranes. All DFDBA particles were well incorporated within new bone, with obvious osteoblastic activity. Similarly, Iasella et al. (2003) reported less reduction in ridge width and more bone in the sockets following ARP with FDBA and collagen membranes in comparison to extraction alone. However, residual FDBA particles were surrounded by connective tissue in the coronal part of the socket. In contrast, Zubillaga et al. (2003) have questioned the osteoinductive potential of DFDBA and its use for socket grafting. Histological evaluation of sockets treated with DFDBA and a synthetic resorbable membrane showed that this allograft did not promote osseous formation and may delay postextraction healing.

Deproteinized bovine bone mineral (DBBM), produced following a chemical or low-heat extrac-

**Πίνακας 1. Σύγκριση τεχνικών διατήρησης της φωνιακής ακρολοφίας με την απρόσκοπτη μετεξαικτική επούλωση σε ελεγχόμενες κλινικές μελέτες**

Δημοσίευση	Τύπος μελέτης	MEΘ	#ΑΣ (#ΦΤ)	ΠΟ Υλικό (#ΑΣ, #ΦΤ)	OE (#ΑΣ, #ΦΤ)	Είδος κρημνού Σύνγκλειση	ΕΠ (μήνες)	Αλλαγές εύρους ακρολοφίας	Αλλαγές ύψους ακρολοφίας	Ιστολογική επούλωση Τοποθέτηση εμφυτευμάτων
Lekovic και συν. 1997	CCT Διαχωρισμού	ΚΑΝ	10 (20)	Μεμβράνη e-PTFE (10, 10)	Απρόσκοπτη επούλωση (10, 10)	Ολικού πάχους με ΑΤ Πλήρης σύγκλειση	6	-1,7 ± 0,7 (ΠΟ) -4,4 ± 0,7 (OE)*	Π: -0,28 ± 0,18 (ΠΟ) Π: -1,00 ± 0,00 (OE)* Ε: Μ/Δ Α: Μ/Δ ΠΑ: -5,43 ± 1,10 (ΠΟ) ΠΑ: -2,92 ± 1,61 (OE)	M/Δ
Lekovic και συν. 1998	RCT Διαχωρισμού	ΚΑΝ	16 (32)	Μεμβράνη PG/PL (16, 16)	Απρόσκοπτη επούλωση (16, 16)	Ολικού πάχους με ΑΤ Πλήρης σύγκλειση	6	-1,3 ± 0,2 (ΠΟ)* -4,5 ± 0,3 (OE)*	Π: -0,38 ± 0,22 (ΠΟ) Π: -1,50 ± 0,26 (OE)* Ε: Μ/Δ Α: Μ/Δ ΠΑ: -5,81 ± 0,29 (ΠΟ) ΠΑ: -3,94 ± 0,35 (OE)	M/Δ
Anitua και συν. 1999	RCT Παράλληλη Διαχωρισμού	ΙΣΤ	23 (26)	Αυτολόγο οστικό μόσχευμα και PRGF (10, 13)	Απρόσκοπτη επούλωση (16, 16)	Ολικού πάχους Πλήρης σύγκλειση	2,5-4	M/Δ	M/Δ	ΠΟ: Σύμπαγές, ώριμο οστό με καλά οργανωμένη δοκίωση και μορφολογία σε 8/10 ασθενείς OE: Το μεγαλύτερο τμήμα του φαντίου καταλαμβάνεται από συνδετικό ιστό χωρίς παρουσία ώριμου οστού
Camargo και συν. 2000	CCT Διαχωρισμού	ΚΑΝ	16 (32)	Θεικό ασβέστιο και υαλομόσχευμα (8, 16)	Απρόσκοπτη επούλωση (8, 16)	Ολικού πάχους Χωρίς πλήρη σύγκλειση	6	-3,5 ± 2,7 (ΠΟ)* -3,1 ± 2,4 (OE)*	Π: -0,38 ± 3,18 (ΠΟ) Π: -1,00 ± 2,25 (OE) Ε: Μ/Δ Α: Μ/Δ ΠΑ: -6,43 ± 2,78 (ΠΟ) ΠΑ: -4,00 ± 2,33 (OE)	M/Δ
Froum και συν. 2002	RCT Διαχωρισμού	ΙΣΤ	19 (30)	Υαλομόσχευμα (8, 10) DFDBA (8, 10)	Απρόσκοπτη επούλωση (10, 10)	Ολικού πάχους Πλήρης σύγκλειση	6-8	M/Δ	M/Δ	ΠΟ: 60% νεόπλαστο οστό γύρω από τα σοματίδια του υαλομοσχεύματος, 35% γύρω από τα σοματίδια DFDBA OE: 33% νεόπλαστο οστό
Iasella και συν. 2003	RCT Παράλληλη Διαχωρισμού	ΚΑΝ	24 (24)	Μεμβράνη κολλαγόνου και FDBA (12, 12)	Απρόσκοπτη επούλωση (12, 12)	Ολικού πάχους Χωρίς πλήρη σύγκλειση	4 ή 6	-1,2 ± 0,9 (ΠΟ) -2,6 ± 2,3 (OE)	Π: +1,3 ± 2,0 (ΠΟ) Π: -0,9 ± 1,6 (OE) Ε: -0,1 ± 0,7 (ΠΟ) Ε: -1,0 ± 0,8 (OE) Α: -0,1 ± 0,7 (ΠΟ) Α: -0,8 ± 0,8 (OE) ΠΑ: M/Δ	ΠΟ: Υπολείμματα σοματιδίων FDBA περιγραφικώς με δικτυωτό οστό ή συνδετικό ιστό Τα εμφυτεύματα τοποθετήθηκαν με επιτυχία σε όλες τις θέσεις. Οι μικρές σχισμές που υπήρχαν σε κάποιες θέσεις αντιμετώπιστηκαν με οστική ανασύντηση
Serino και συν. 2003	CCT, παράλληλη Διαχωρισμού	ΚΑΝ	36 (39)	Σπόνγος PG/PL (24, 26)	Απρόσκοπτη επούλωση (12, 13)	Ολικού πάχους Χωρίς πλήρη σύγκλειση	6	M/Δ	Π: +1,3 ± 1,9 (ΠΟ) Π: -0,8 ± 1,6 (OE) Ε: -0,2 ± 1,0 (ΠΟ) Ε: -0,6 ± 1,0 (OE) Α: -0,1 ± 1,1 (ΠΟ) Α: -0,8 ± 1,5 (OE) ΠΑ: M/Δ	ΠΟ: Παρουσία ώριμου εναλατομένου οστού με διεύδυση μαλακών ιστών μυλικά OE: Παρουσία εναλατομένου οστού με μέτρια διεύδυση μαλακών ιστών μυλικά Όλες οι θέσεις, τόσο της ΠΟ όσο και της OE ήταν ικανοποιητικές για τοποθέτηση εμφυτευμάτων

**Πίνακας 1. Σύγκριση τεχνικών διατήρησης της φατνιακής ακρολοφίας με την απρόσκοπτη μετεξακτική επούλωση σε ελεγχόμενες κλινικές μελέτες (συνέχεια)**

Δημοσίευση	Τύπος μελέτης	ΜΕΘ	# ΑΣ (# ΦΤ)	ΠΟ Υλικό (#ΑΣ, #ΦΤ)	ΟΕ (#ΑΣ, #ΦΤ)	Είδος κρημνού Σύνγκλειση	ΕΠ (μήνες)	Αλλαγές εύρους ακρολοφίας	Αλλαγές ύψους ακρολοφίας	Ιστολογική επούλωση Τοποθέτηση εμφυτευμάτων
Guarnieri και συν. 2004	CCT, διαχωρισμού	ΙΣΤ	35-58 10 (25)	Θειικό ασβέστιο (10, 20)	Απρόσκοπτη επούλωση (5, 5)	Ολικού πάχους χωρίς ΑΤ Πλήρης σύγκλειση	3	M/Δ	M/Δ	ΠΟ: Σχηματισμός σπογγώδους οστού σε όλες τις τομές και σε όλα τα επίπεδα (ακρορριζικά, μεσαία, μυλικά) ΟΕ: Μικρότερη οστεοσύνθεση σε σχέση με την ΠΟ
Fiorellini και συν. 2005	RCT, παράλληλη	ΑΚΤ ΙΣΤ	80 (80)	1,5 mg/ml tHBMP-2 (20, 20) 0,75 mg/ml tHBMP-2 (20, 20) Σπόγγος κολλαγόνου (18, 18)	Απρόσκοπτη επούλωση (18, 18)	Ολικού πάχους με κάθεται ΑΤ Πλήρης σύγκλειση	4	+3,27 ± 2,53 (ΠΟ) +0,57 ± 2,56 (ΟΕ)	Π: -0,02 ± 1,2 (ΠΟ) Π: -1,17 ± 1,2 (ΟΕ) Ε: M/Δ Α: M/Δ Πλ: M/Δ	ΠΟ: Σχηματισμός σπογγώδους οστού στα 2/3 των δειγμάτων 18/21 εμφυτεύματα τοποθετήθηκαν χωρίς περαιτέρω αναγέννηση στην ομάδα με 1,5 mg/ml tHBMP-2 έναντι 9/20 εμφυτευμάτων στην ΟΕ
Nevins και συν. 2006	RCT Διαχωρισμού	ΑΚΤ ΙΣΤ	9 (36)	DBBM (9, 19)	Απρόσκοπτη επούλωση (9, 17)	Μερικού πάχους Πλήρης σύγκλειση	6	M/Δ	Π: -2,42 ± 2,58 (ΠΟ) Π: -5,24 ± 3,72 (ΟΕ) Ε: M/Δ Α: M/Δ Πλ: M/Δ	ΠΟ: Τα σωματίδια του DBBM ενσωματώθηκαν στο σπογγώδες οστό ακρορριζικά, αλλά περιχαρακώθηκαν από συνδετικό ιστό μυλικά
Barone και συν. 2008	RCT Παράλληλη	ΚΑΝ ΙΣΤ	40 (40)	Χοίρειο οστικό μόσχευμα και μεμβράνη κολλαγόνου (20, 20)	Απρόσκοπτη επούλωση (20, 20)	Ολικού πάχους Πλήρης σύγκλειση	7-9	-2,5 ± 1,2 (ΠΟ)* -4,5 ± 0,8 (ΟΕ)*	Π: -0,7 ± 1,4 (ΠΟ)* Π: -3,6 ± 1,5 (ΟΕ) Ε: -0,2 ± 0,8 (ΠΟ) Ε: -0,4 ± 1,2 (ΟΕ) Α: -0,4 ± 0,8 (ΠΟ) Α: -0,5 ± 1,0 (ΟΕ) Πλ: M/Δ	ΠΟ: Σχηματισμός νέου οστού με υπολείμματα οστικού μοσχεύματος ενσωματωμένα στο νεόπλαστο οστό σε όλα τα δείγματα ΟΕ: Τυπική δομή σπογγώδους οστού Τα εμφυτεύματα τοποθετήθηκαν με επιτυχία σε όλες τις θέσεις
Scirio και συν. 2008	CCT Παράλληλη	ΙΣΤ	16 (16)	Σπύγγος PG/PL (7, 7)	Απρόσκοπτη επούλωση (9, 9)	Ολικού πάχους Χωρίς πλήρη σύγκλειση	3	M/Δ	M/Δ	Νεοσχηματισμένο σπογγώδες οστό μυλικά και πιο ώριμο, συμπαγές οστό ακρορριζικά και στις 2 ομάδες Επάρκει για τοποθέτηση εμφυτευμάτων και στις 2 ομάδες
Aimetti και συν. 2009	RCT Παράλληλη	ΚΑΝ ΙΣΤ	40 (40)	Θειικό ασβέστιο (22, 22)	Απρόσκοπτη επούλωση (18, 18)	Χωρίς κρημνό Χωρίς πλήρη σύγκλειση	3	-2,0 ± 1,1 (ΠΟ)* -3,2 ± 1,8 (ΟΕ)*	Π: -0,5 ± 1,1 (ΠΟ) Π: -1,2 ± 0,6 (ΟΕ) Ε: -0,2 ± 0,6 (ΠΟ) Ε: -0,5 ± 0,9 (ΟΕ) Α: -0,4 ± 0,9 (ΠΟ) Α: -0,5 ± 1,1 (ΟΕ) Πλ: 11,3 ± 2,8 (ΠΟ) Πλ: 10,0 ± 2,3 (ΟΕ)	ΠΟ: Νεόπλαστο οστό χωρίς υπολείμματα μοσχευματικού υλικού σε όλα τα δείγματα ΟΕ: 100% ζοπικό οστό (κυρίως δικτυώτο) σε όλα τα δείγματα

Α: άπο, ΑΚΤ: ακτινογραφική, ΑΣ: ασθενής, ΑΤ: απελευθερωτικές τομές, CCT: ελεγχόμενη κλινική μελέτη, DBBM: αποπροτινόμενο βόοο οστικό μόσχευμα, DFDBA: αφαλατωμένο λυοφιλιοποιημένο οστικό αλλομόσχευμα Ε: εγγός, ΕΠ: επούλωση, e-PTFE: διασταλμένο πολυτετραφθοροαιθυλένιο, FDDBA: λυοφιλιοποιημένο οστικό αλλομόσχευμα ΙΣΤ: ιστολογική, ΚΑΝ: κλινική, Μ/Δ: μη διαθέσιμο, ΜΕΘ: μεθοδολογία, ΟΕ: ομάδα ελέγχου, Π: παρειακά, PG/PL: πολυγλυκτικό-πολυγλυκολικό, Πλ: πλήρωση, ΠΟ: πειραματική ομάδα, PRGF: πλάσμα πλούσιο σε αυξητικούς παράγοντες, tBMP-2: ανθρώπιος ανασυνδυασμένος οστική μορφογενετική πρωτεΐνη-2, RCT: τυχαίοποιημένη κλινική μελέτη, ΦΤ: φατνίο, #: αριθμός, \*: στατιστική σημαντική διαφορά.

Table 1. Comparison of alveolar ridge preservation techniques with unassisted postextraction healing in controlled clinical trials

Reference	Study design	MTH	# PT (#SC)	TG Material (#PT, #SC)	CG (#PT, #SC)	Type of flap SC closure	Healing (months)	Ridge changes in width	Ridge changes in height	Histological healing Implant placement
Lekovic et al. 1997	CCT Split mouth	CLN	10 (20)	e-PTFE membrane (10, 10)	Unassisted healing (10, 10)	Full-thickness with RI Primary closure	6	-1.7 ± 0.7 (TG) -4.4 ± 0.7 (CG)*	B: -0.28 ± 0.18 (TG) B: -1.00 ± 0.00 (CG)* M: N/A D: N/A Df: -5.43 ± 1.10 (TG) Df: -2.92 ± 1.61 (CG)	N/A
Lekovic et al. 1998	RCT Split mouth	CLN	16 (32)	PG/PL membrane (16, 16)	Unassisted healing (16, 16)	Full-thickness with RI Primary closure	6	-1.3 ± 0.2 (TG)* -4.5 ± 0.3 (CG)*	B: -0.38 ± 0.22 (TG) B: -1.50 ± 0.26 (CG)* M: N/A D: N/A Df: -5.81 ± 0.29 (TG) Df: -3.94 ± 0.35 (CG)	N/A
Anitua et al. 1999	RCT Parallel Split mouth	HIS	23 (26)	Autologous bone and PRGF (10, 13)	Unassisted healing (16, 16)	Full-thickness Primary closure	2.5-4	N/A	N/A	TG: Compact mature bone with well-organized trabeculae and morphology in 8 of 10 patients CG: The main part of the socket was filled with connective tissue, without the presence of mature bone
Camargo et al. 2000	CCT Split mouth	CLN	16 (32)	Calcium sulfate and bioactive glass (8, 16)	Unassisted healing (8, 16)	Full-thickness with 4 RI No primary closure	6	-3.5 ± 2.7 (TG)* -3.1 ± 2.4 (CG)*	B: -0.38 ± 3.18 (TG) B: -1.00 ± 2.25 (CG) M: N/A D: N/A Df: -6.43 ± 2.78 (TG) Df: -4.00 ± 2.33 (CG)	N/A
Froum et al. 2002	RCT Split mouth	HIS	19 (30)	Bioactive glass (8, 10) DFDBA (8, 10)	Unassisted healing (10, 10)	Full-thickness Primary closure	6-8	N/A	N/A	TG: 60% new bone formation around the bioactive glass and 35% around the DFDBA particles CG: 33% new bone formation
Iasella et al. 2003	RCT Parallel	CLN HIS	24 (24)	Collagen membrane and FDDBA (16, 16)	Unassisted healing (12, 12)	Full-thickness No primary closure	4 ή 6	-1.2 ± 0.9 (TG) -2.6 ± 2.3 (CG)	B: +1.3 ± 2.0 (TG) B: -0.9 ± 1.6 (CG) M: -0.1 ± 0.7 (TG) M: -1.0 ± 0.8 (CG) D: -0.1 ± 0.7 (TG) D: -0.8 ± 0.8 (CG) Df: N/A	TG: Residual FDDBA particles surrounded by woven bone or by connective tissue Implants were successfully placed at all sites. Few sites with slight dehiscences required further augmentation
Serino et al. 2003	CCT Parallel	CLN HIS	36 (39)	Σπόγγος PG/PL (24, 26)	Unassisted healing (12, 13)	Full-thickness No primary closure	6	N/A	B: +1.3 ± 1.9 (TG) B: -0.8 ± 1.6 (OE) M: -0.2 ± 1.0 (TG) M: -0.6 ± 1.0 (OE) D: -0.1 ± 1.1 (TG) D: -0.8 ± 1.5 (OE) Df: N/A	TG: Presence of mature, mineralized bone with coronal soft tissue ingrowth CG: Presence of mineralized bone with moderate soft tissue ingrowth Both CG and TG sites were eligible for implant placement

**Table 1. Comparison of alveolar ridge preservation techniques with unassisted postextraction healing in controlled clinical trials (continued)**

Reference	Study design	MTH	# PT (#SC)	TG Material (#PT, #SC)	CG (#PT, #SC)	Type of flap SC closure	Healing (months)	Ridge changes in width	Ridge changes in height	Histological healing Implant placement
Guarnieri et al. 2004	CCT Split mouth	HIS	35-58 10 (25)	Calcium sulfate (10, 20)	Unassisted healing (5, 5)	Full-thickness without RI Primary closure	3	N/A	N/A	TG: Formation of trabecular bone in all sections and at the apical, middle, and coronal levels CG: Less bone formation compared with the TG
Fiorellini et al. 2005	RCT Parallel	RDG HIS	80 (80)	1.5 mg/ml rHBMP-2 (20, 20) 0.75 mg/ml rHBMP-2 (20, 20) Collagen sponge (18, 18)	Unassisted healing (18, 18)	Full-thickness with vertical RI Primary closure	4	+3.27 ± 2.53 (TG) -0.57 ± 2.56 (CG)	B: -0.02 ± 1.2 (TG) M: -1.17 ± 1.2 (CG) M: N/A D: N/A Df: N/A	TG: Trabecular bone formation in 2/3 of the samples 18 of 21 implants placed with no need for further augmentation in the 1.5 mg/ml rBMP-2 group versus 9 of 20 implants in the control group
Nevins et al. 2006	RCT Split mouth	RDG HIS	9 (36)	DBBM (9, 19)	Unassisted healing (9, 17)	Partial thickness Primary closure	6	N/A	B: -2.42 ± 2.58 (TG) B: -5.24 ± 3.72 (CG) M: N/A D: N/A Df: N/A	TG: DBBM granules integrated in cancellous bone apically but in soft tissue coronally
Barone et al. 2008	RCT Parallel	CLN HIS	40 (40)	Porcine bone graft Collagen membrane (20, 20)	Unassisted healing (20, 20)	Full-thickness Primary closure	7-9	-2.5 ± 1.2 (TG)* -4.5 ± 0.8 (CG)*	B: -0.7 ± 1.4 (TG)* B: -3.6 ± 1.5 (CG) M: -0.2 ± 0.8 (TG) M: -0.4 ± 1.2 (CG) D: -0.4 ± 0.8 (TG) D: -0.5 ± 1.0 (CG) Df: N/A	TG: New bone in all specimens with residual graft embedded in newly formed bone in all specimens CG: Typical trabecular bone pattern Implants successfully placed at all sites
Serino et al. 2008	CCT Parallel	HIS	16 (16)	PG/PL sponge (7, 7)	Unassisted healing (9, 9)	Full-thickness No primary closure	3	N/A	N/A	Newly formed trabecular bone coronally and more mature and compact bone apically in both groups All TG and CG sites were eligible for implantation
Aimetti et al. 2009	RCT Parallel	CLN HIS	40 (40)	Calcium sulfate (22, 22)	Unassisted healing (18, 18)	Flapless No primary closure	3	-2.0 ± 1.1 (TG)* -3.2 ± 1.8 (CG)*	B: -0.5 ± 1.1 (TG) B: -1.2 ± 0.6 (CG) M: -0.2 ± 0.6 (TG) M: -0.5 ± 0.9 (CG) D: -0.4 ± 0.9 (TG) D: -0.5 ± 1.1 (CG) Df: 11.3 ± 2.8 (TG) Df: 10.0 ± 2.3 (CG)	TG: New bone formation in all specimens without residual graft material CG: 100% living bone (mostly woven) in all biopsies

B: buccal, CCT: controlled clinical trial, CG: control group, CLN: clinical, D: distal, DBBM: demineralized bovine bone mineral, Df: defect fill, DFDBA: demineralized freeze-dried bone allograft, e-PTFE: expanded polytetrafluoroethylene, FDDBA: freeze-dried bone allograft, HIS: histological, M: mesial, MTH: methodology, N/A: not applicable, PG/PL: polyglycolide-poly/lactide, PRGF: plasma rich in growth factor, PT: patient, RCT: randomized controlled trial, RDG: radiographic, rHBMP-2: recombinant human bone morphogenetic protein-2, RI: releasing incision, SC: socket, TG: test group, #: number, \*: statistically significant difference.

**Πίνακας 2. Σύγκριση τεχνικών διατήρησης της φωνιακής ακρολοφίας σε ελεγχόμενες κλινικές μελέτες**

Δημοσίευση	Τύπος μελέτης	ΜΕΘ	# ΑΣ (# ΦΤ)	ΠΟ Υλικό (#ΑΣ, #ΦΤ)	ΟΕ (#ΑΣ, #ΦΤ)	Είδος κριμνού Σύγκλειση	ΕΠ (μήνες)	Αλλαγές εύρους ακρολοφίας	Αλλαγές ύψους ακρολοφίας	Ιστολογική επούλωση Τοποθέτηση εμφυτευμάτων
Vance και συν. 2004	RCT Παράλληλη	ΚΑΝ ΙΣΤ	24 (24)	DFDBA και μεμβράνη TCP (20, 20)	DBBM και μεμβράνη κολлагόνου (20, 20)	Ολικού πάχους Πλήρης σύγκλειση	4	-0.3 ± 0.7 (ΠΟ) -0.7 ± 1.2 (ΟΕ)	Π: -0.7 ± 1.4 (ΠΟ)* Π: -3.6 ± 1.5 (ΟΕ) Ε: -0.2 ± 0.8 (ΠΟ) Ε: -0.4 ± 1.2 (ΟΕ) Α: -0.4 ± 0.8 (ΠΟ) Α: -0.5 ± 1.0 (ΟΕ) ΠΔ: Μ/Δ	Όλες οι θέσεις της ΠΟ και της ΟΕ ήταν ικανοποιητικές για τοποθέτηση εμφυτευμάτων
Lucyszyn και συν. 2005	CCCT	ΚΑΝ ΙΣΤ	11 (30)	Υδροξυαπατίτης και ακύτταρη δερματική αλλομοσεχμηματική μεμβράνη	Ακύτταρη δερματική αλλομοσεχμηματική μεμβράνη	Ολικού πάχους Πλήρης σύγκλειση	6	5.5 ± 1.0 (ΠΟ) 6.8 ± 1.3 (ΟΕ)	Μ/Δ	Όλες οι θέσεις της ΠΟ και της ΟΕ ήταν ικανοποιητικές για τοποθέτηση εμφυτευμάτων
Neiva και συν. 2008	RCT	ΚΑΝ ΙΣΤ	24 (24)	DBBM and RepGen P-15™ and χειρουργική κονία κολлагόνου (12, 12)	Χειρουργική κονία κολлагόνου (12, 12)	Ολικού πάχους Χωρίς πλήρη σύγκλειση	4	-1.3 ± 1.0 (ΠΟ) -1.4 ± 1.0 (ΟΕ)	Π: -0.2 ± 1.8 (ΠΟ) Π: -0.6 ± 1.0 (ΟΕ)* Ε: Μ/Δ Α: Μ/Δ ΠΔ: Μ/Δ	Όλες οι θέσεις της ΠΟ και της ΟΕ ήταν ικανοποιητικές για τοποθέτηση εμφυτευμάτων
Fotek και συν. 2009	CCCT	ΚΑΝ ΙΣΤ	20 (20)	DBBM και ακύτταρη δερματική αλλομοσεχμηματική μεμβράνη (9, 9)	DBBM και μεμβράνη e-PTFE (11, 11)	Ολικού πάχους	4	Μ/Δ	Π: 1.1 (ΠΟ) Π: 0.25 (ΟΕ) Ε: Μ/Δ Α: Μ/Δ ΠΔ: Μ/Δ	Μ/Δ
Mardas και συν. 2010	RCT	ΚΑΝ ΙΣΤ	26 (26)	Υδροξυαπατίτης/TCP και μεμβράνη κολлагόνου (13, 13)	DBBM και μεμβράνη κολлагόνου (12, 12)	Ολικού πάχους Χωρίς πλήρη σύγκλειση	8	-1.1 ± 1.0 (ΠΟ)* -2.1 ± 1.0 (ΟΕ)*	Π: Μ/Δ Ε: -0.4 ± 1.0 (ΠΟ) Ε: -0.2 ± 0.7 (ΟΕ) Α: 0.3 ± 0.6 (ΠΟ) Α: 0.3 ± 1.3 (ΟΕ) ΠΔ: Μ/Δ	Παρόμοια ιστολογική επούλωση στην ΠΟ και στην ΟΕ Υπολείμματα HA/TCP ή σωματίδια DBBM περιχαρακωμένα με δικτυωτό οστό ή συνδετικό ιστό Σε 9/13 περιπτώσεις της ΠΟ και 8/12 της ΟΕ, οι μικρές οστικές σχισμές και οπές γύρω από τα εμφυτεύματα αντιμετώπιστηκαν με οστική αναγέννηση

Α: άπο, ΑΣ: ασθενής, CCCT: ελεγχόμενη κλινική μελέτη, DBBM: αποπροτινόμενο βόειο οστικό μόσχευμα, DFDBA: αφαλατομένο λυοφιλιοποιημένο οστικό αλλομόσχευμα Ε: εργός, ΕΠ: επούλωση, e-PTFE: διασταλμένο πολυεταφθοροαιθυλένιο, ΙΣΤ: ιστολογική, ΚΑΝ: κλινική, Μ/Δ: μη διαθέσιμο, ΜΕΘ: μεθοδολογία, ΟΕ: ομάδα ελέγχου, Π: παρασιακά, ΠΔ: πρήρωση, ΠΟ: πειραματική ομάδα, RCT: τυχαποιημένη κλινική μελέτη, TCP: τριφωσφορικό ασβέστιο, ΦΤ: φαντίο, #: αριθμός, \*: στατιστικά σημαντική διαφορά.

**Table 2. Comparison of alveolar ridge preservation techniques in controlled clinical trials**

Reference	Study design	MTH	# PT (#SC)	TG Material (#PT, #SC)	CG (#PT, #SC)	Type of flap SC closure	Healing (months)	Ridge changes in width	Ridge changes in height	Histological healing Implant placement
Vance et al. 2004	RCT Parallel	CLN HIS	24 (24)	DFDBA and TCP barrier (20, 20)	DBBM and collagen membrane (20, 20)	Full-thickness Primary closure	4	-0.3 ± 0.7 (TG) -0.7 ± 1.2 (CG)	B: -0.7 ± 1.4 (TG)* B: -3.6 ± 1.5 (CG) M: -0.2 ± 0.8 (TG) M: -0.4 ± 1.2 (CG) D: -0.4 ± 0.8 (TG) D: -0.5 ± 1.0 (CG) Df: N/A	All TG and CG sites were eligible for implant placement
Lucyszyn et al. 2005	CCT	CLN HIS	11 (30)	Hydroxyapatite and acellular dermal allograft membrane	Acellular dermal allograft membrane	Full-thickness Primary closure	6	5.5 ± 1.0 (TG) 6.8 ± 1.3 (CG)	N/A	All TG and CG sites were eligible for implant placement
Neiva et al. 2008	RCT	CLN HIS	24 (24)	DBBM and PepGen P-15™ and collagen wound dressing (12, 12)	Collagen wound dressing (12, 12)	Full-thickness No primary closure	4	-1.3 ± 1.0 (TG) -1.4 ± 1.0 (CG)	B: -0.2 ± 1.8 (TG) B: -0.6 ± 1.0 (CG)* M: N/A D: N/A Df: N/A	All TG and CG sites were eligible for implant placement
Fotek et al. 2009	CCT	CLN HIS	20 (20)	DBBM and acellular dermal allograft membrane (9, 9)	DBBM and e-PTFE membrane (11, 11)	Full-thickness	4	N/A	B: 1.1 (TG) B: 0.25 (CG) M: N/A D: N/A Df: N/A	N/A
Mardas et al. 2010	RCT	CLN HIS	26 (26)	Hydroxyapatite/TCP and collagen membrane (13, 13)	DBBM and collagen membrane (12, 12)	Full-thickness No primary closure	8	-1.1 ± 1.0 (TG)* -2.1 ± 1.0 (CG)*	B: N/A M: -0.4 ± 1.0 (TG) M: -0.2 ± 0.7 (CG) D: 0.3 ± 0.6 (TG) D: 0.3 ± 1.3 (CG) Df: N/A	Similar histological healing in both TG and CG. Residual HA/TCP or DBBM particles surrounded by woven bone or by connective tissue. In 9 of 13 cases in the TG and in 8 of 12 cases in the CG, residual dehiscence or fenestration defects around the implants required further treatment

B: buccal, CCT: controlled clinical trial, CG: control group, CLN: clinical, D: distal, DBBM: demineralized freeze-dried bone allograft, e-PTFE: expanded polytetrafluoroethylene, HIS: histological, M: mesial, MTH: methodology, N/A: not applicable, PT: patient, RCT: randomized controlled trial, SC: socket, TCP: tricalcium phosphate, TG: test group, #: number, \*: statistically significant difference.

του βόειου οστού με χημική ή θερμική επεξεργασία, είναι το πιο διαδεδομένο ξενομόσχευμα που χρησιμοποιείται για ΔΦΑ. Παρόλο που αυτό το μόσχευμα προωθεί προβλέψιμα την οστική αναγέννηση μέσω οστεοσυνέργειας, το μεγάλο διάστημα που απαιτείται για τη σταδιακή αντικατάστασή του από ώριμο οστό είναι πιθανό μειονέκτημα (Stavropoulos και συν. 2001, Araújo και συν. 2009). Σε πρόσφατες προκλινικές μελέτες σε σκύλους, η τοποθέτηση DBBM με κολλαγόνο (Bio-Oss Collagen®) σε φατνία, αν και καθυστέρησε αρχικά την επούλωση του οστού, χρησίμευσε σαν ικρίωμα για το σχηματισμό συνδετικού ιστού στα αρχικά στάδια της επούλωσης και οδήγησε σε καλύτερη διατήρηση των διαστάσεων και του περιγράμματος της ΦΑ μετά από 6 μήνες, σε σχέση με φατνία που επουλώθηκαν απρόσκοπτα (Araújo και συν. 2008, 2009, Araújo και Lindhe 2009b). Η ιστομορφομετρική ανάλυση έδειξε ότι το 50-60% του νεοσχηματισμένου ιστού στο φατνίο αποτελούνταν από εναλατωμένο οστό σε άμεση επαφή με τα σωματίδια του Bio-Oss® τα οποία καταλάμβαναν το 12% της περιοχής του φατνίου. Οι ερευνητές πρότειναν ότι τα σωματίδια του μόσχευματος, ως αδρανή ξένα σώματα, περιβάλλονταν συστηματικά από ένα μείγμα δικτυωτού και πεταλιώδους οστού και ήταν ικανά να εξουδετερώσουν τη μετεξακτική μείωση της ακρολοφίας (Araújo και συν. 2008). Αντίθετα, μια πρόσφατη μελέτη με σκυλιά έδειξε ότι η τοποθέτηση Bio-Oss collagen® σε μετεξακτικά φατνία είχε περιορισμένη επίδραση στη διαδικασία απορρόφησης του παρειακού οστικού πετάλου και στη διατήρηση της ακρολοφίας (Fickl και συν. 2008b).

Τα διαθέσιμα στοιχεία για το αποτέλεσμα της χρήσης ξενομόσχευμάτων σε μετεξακτικά φατνία στον άνθρωπο είναι εξίσου αντιφατικά. Οι Barone και συν. (2008), σε μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική μελέτη (RCT), επιβεβαίωσαν ότι η χρήση αποπρωτεϊνωμένου χοίρειου οστού σε συνδυασμό με μεμβράνη κολλαγόνου περιόρισε την οστική απορρόφηση μετά από εξαγωγές δοντιών σε σχέση με την απλή εξαγωγή. Η ιστολογική ανάλυση έδειξε σημαντικά υψηλότερα ποσοστά σχηματισμού δοκιδωτού οστού και συνολικά εναλατωμένων ιστών στα πειραματικά φατνία σε σύγκριση με τα φατνία ελέγχου. Τα σωματίδια DBBM με ή χωρίς κολλαγόνο ήταν ικανά να προάγουν την οστική αναγέννηση και να διατηρήσουν τις διαστάσεις της ΦΑ όταν τοποθετούνταν σε άμεσα μετεξακτικά φατνία, ειδικά σε συνδυασμό με μεμβράνες KOA (Artzi και συν. 2000, Carmagnola και συν. 2003, Norton και συν. 2003, Jung et al. 2004, Mardas et al. 2010), βύσματα κολλαγόνου (τεχνική Bio-Col) (Sclar 2004) ή ένα συνθετικό κυτταροσυνδετικό πεπτίδιο (PepGen P-15™) (Neiva και συν. 2008). Οι Artzi και συν. (2000) τοποθέτησαν Bio-Oss® σε φρέσκα μετεξακτικά φατνία 15 ασθενών και παρατήρησαν ότι ο νεόπλαστος ιστός αποτελούνταν κατά μέσο όρο από 23% συνδετικό ιστό, 30% σωματίδια Bio-Oss® και 64% οστό, αν και το μυλικό τμήμα των φατνίων ήταν κατελιημένο κυρίως από χαλαρό συνδετικό ιστό που περιχαράκωνε τα σωματίδια του μόσχευματος. Μια άλλη τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική και ακτινογραφική μελέτη έδειξε ότι η μετεξακτική οστική απορρόφηση της ΦΑ μειώθηκε σημαντικά όταν στα μετεξακτικά φατνία τοποθετήθηκε μόσχευμα DBBM σε σύγκριση με θέσεις εξαγωγών που επουλώθηκαν χωρίς κανένα μόσχευμα (Nevins και συν. 2006). Διαφορετικά αποτελέσματα έχουν αναφερθεί από τους Becker και συν. (1998) μετά τη θεραπεία μετεξακτικών φατνίων με διαφορετικά βιοϋλικά, όπως το DFDBA, το DBBM και οι αν-

τιον of the organic component of bovine bone, is the most common xenograft used for ARP. Although this grafting material is predictable in promoting bone regeneration via osteoconduction, the long time necessary for replacement by mature bone is a possible disadvantage (Stavropoulos et al. 2001, Araújo et al. 2009). In recent preclinical studies in dogs, although placement of DBBM in combination with collagen (Bio-Oss Collagen®) in the fresh extraction sockets delayed initial socket bone healing, it served as a scaffold for connective tissue formation during the initial stages of healing and resulted in better preservation of the dimensions and the profile of the AR after 6 months than did nongrafted sites (Araújo et al. 2008, 2009, Araújo and Lindhe 2009b). Histomorphometric analysis demonstrated that 50-60% of the newly formed tissue in the extraction socket was made up of mineralized bone surrounding the Bio-Oss® particles that occupied 12% of the socket region. The investigators suggested that the graft particles, as inert foreign bodies, were consistently surrounded by a mixture of woven and lamellar bone and were able to counteract the postextraction ridge reduction (Araújo et al. 2008). In contrast, a recent study in dogs showed that grafting of the extraction sockets with Bio-Oss collagen® had only a limited impact on the biological process of buccal bone plate resorption and ridge preservation (Fickl et al. 2008b).

The available data on the outcome of placing xenografts in extraction sockets in humans is equally conflicting. Barone et al. (2008), in a randomized controlled trial (RCT), confirmed that using deproteinized porcine bone in combination with a collagen membrane limited bone resorption after tooth extraction compared with extraction alone. Histological analysis showed significantly higher trabecular bone formation and total mineralized tissue in experimental sockets compared with control sites. DBBM particulate with or without collagen was able to promote bone regeneration and preserve the preextraction AR dimensions when grafted in immediate extraction sockets, especially when combined with barriers for GBR (Artzi et al. 2000, Carmagnola et al. 2003, Norton et al. 2003, Jung et al. 2004, Mardas et al. 2010); collagen plugs (Bio-Col technique) (Sclar 2004); or a synthetic cell-binding peptide (PepGen P-15™) (Neiva et al. 2008). Artzi et al. (2000) placed Bio-Oss® in fresh extraction sockets in 15 patients and observed that the newly formed tissue comprised on average 23% connective tissue, 30% Bio-Oss® particles, and 64% bone, although the coronal portion of the sockets was mainly occupied by loose connective tissue surrounding the graft particles. Another randomized controlled clinical radiographic trial demonstrated that postextraction AR resorption was significantly reduced when the extraction sockets were grafted with DBBM in comparison to the sockets that healed without any grafting (Nevins et al. 2006). Different results have been reported by Becker et al. (1998) after treatment of extraction sockets with different biomaterials such as DFDBA,



θρώπιες οστικές μορφογενετικές πρωτεΐνες. Οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι τα σωματίδια του Bio-Oss® ήταν περιχαρακωμένα με συνδετικό ιστό και μόνο μεμονωμένα σωματίδια του βιοϋλικού βρισκόταν σε επαφή με το οστό. Επιπλέον, σε μια άλλη RCT που αξιολόγησε τις διαστάσεις της ακρολοφίας και τα ιστολογικά χαρακτηριστικά μετά από ΔΦΑ με δύο διαφορετικές τεχνικές, ο συνδυασμός αποπρωτεϊνωμένου βόειου οστού και μεμβράνης κολλαγόνου, βρέθηκε κατώτερος όσον αφορά στο σχηματισμό νέου οστού από το συνδυασμό ζυμάδους DFDBA και μεμβράνης θειικού ασβεστίου (Vance και συν. 2004).

Συμπερασματικά, το DBBM μπορεί να διατηρεί μερικά τις διαστάσεις της ακρολοφίας και να προάγει την οστική αναγέννηση σε μετεξακτικά φατνία. Ωστόσο, η διαδικασία επούλωσης είναι απρόβλεπτη και η παρουσία του DBBM μπορεί να παρέμβει και να καθυστερήσει την αρχική δημιουργία οστού στο μετεξακτικό φατνίο. Ο τρόπος απορρόφησης του DBBM δεν έχει διευκρινιστεί ακόμη.

Τα αλλοπλαστικά υλικά όπως ο συνθετικός υδροξυαπατίτης (HA), το τριφωσφορικό ασβέστιο (TCP), το βιοενεργό υαλομόσχευμα και σύνθετα πολυμερή έχουν χρησιμοποιηθεί για ΔΦΑ, πάλι με αντικρουόμενα αποτελέσματα. Οι Quinn και Kent (1985) τοποθέτησαν HA σε μπαμπούνους και συμπέραναν ότι η μέγιστη διατήρηση της ΦΑ απαιτεί άμεση τοποθέτηση του μοσχεύματος μετά από τις εξαγωγές. Οι Bell και Beirne (1988) ανέφεραν καλύτερη διατήρηση της ακρολοφίας με τη χρήση σωματιδίων παρά κώνων HA, οι οποίοι παρουσίασαν σημαντικές διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές επιπλοκές. Οι Froum και συνεργάτες (2004), σε μια κλινική πιλοτική μελέτη συγκρίναν απορροφήσιμο HA και μη απορροφήσιμο DBBM (OsteoGraf®) σε συνδυασμό με μεμβράνη e-PTFE ή μεμβράνη ακύτταρου δερματικού αλλομοσχεύματος για διατήρηση φατνίων. Μετά από 6 μήνες, ο μέσος όρος νέου ζωτικού οστού ήταν 27,6-34,5% με τον HA και 17,8-41,7% με το DBBM. Αντίθετα, οι Brunel και συν. (2001) ανέφεραν απρόβλεπτη οστική απορρόφηση και αναδόμηση του βιοϋλικού μετά από ΔΦΑ με απορροφήσιμο HA και μεμβράνη κολλαγόνου σε 14 ασθενείς.

Το TCP έχει προταθεί σαν οστεοσυνεργικό υλικό, ικανό να παρέχει ένα υπόστρωμα όπου μπορεί να γίνει απόθεση νέο οστού και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διατήρηση φατνίων (Guarnieri και συν. 2004, Brkovic και συν. 2008, Aimetti και συν. 2009). Ωστόσο, αντίθετα από τις περισσότερες μορφές HA, το TCP απορροφάται με τόσο γρήγορο ρυθμό που δεν επιτρέπει την αντικατάσταση οστού σε αναλογία 1:1 (Breitbart και συν. 1995). Έτσι, κυκλοφόρησε πρόσφατα ένας νέος συνδυασμός αδιάλυτου HA με β-TCP (Straumann® Bone Ceramic) που αξιολογήθηκε για ΔΦΑ σε δύο κλινικές μελέτες. Σε μια RCT, η χρήση του Straumann® Bone Ceramic με μεμβράνη κολλαγόνου οδήγησε σε μετεξακτική απορρόφηση της ΦΑ, παρόμοια με αυτή του Bio-Oss®, με εξαίρεση την παρειογλωσσική διάσταση που μειώθηκε κατά 1,1 mm στην ομάδα του HA/TCP και 2,1 mm στην ομάδα του DBBM (Mardas και συν. 2010). Παρόμοια ιστολογικά χαρακτηριστικά παρατηρήθηκαν στις βιοψίες των δύο ομάδων, όπου ο σχηματισμός νέου οστού ήταν περιορισμένος ακρορριζικά ενώ το μυλικό τμήμα του φατνίου ήταν κατειλημμένο από πυκνό τνώδη συνδετικό ιστό που περιχαρακωνε τα σωματίδια του κεραμικού και του DBBM. Οδοντικά εμφυτεύματα τοποθετήθηκαν με επιτυχία σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από μία στην ομάδα

DBBM, and human bone morphogenetic proteins. The authors observed that the Bio-Oss® particles were mainly surrounded by connective tissue and only isolated particles of the biomaterial were in contact with bone. Furthermore, in another RCT evaluating ridge dimensions and histological characteristics following ARP with two different techniques, the combination of deproteinized bovine bone and a collagen membrane was found to be inferior to a combination of DFDBA putty with a calcium sulfate barrier for new bone formation (Vance et al. 2004).

In conclusion, DBBM may partially preserve ridge dimensions and promote bone regeneration in extraction sockets. However, the healing process is unpredictable and the presence of DBBM may interfere with and delay initial bone formation in the extraction socket. The resorption mode of DBBM has not yet been clarified.

Alloplastic materials, such as synthetic hydroxyapatite (HA), tricalcium phosphate (TCP), bioactive glass, and composite polymers have been used for ARP, again with conflicting results. Quinn and Kent (1985) placed HA in baboons and concluded that the maximum preservation of AR requires immediate graft placement following tooth extraction. Bell and Beirne (1988) reported superior ridge preservation with the use of HA particles than with HA cones, which presented with significant intraoperative and postoperative complications. In a clinical pilot study, Froum et al. (2004) compared absorbable HA and nonabsorbable DBBM (OsteoGraf®), in combination with e-PTFE or acellular dermal allograft membrane for socket preservation. At 6 months after surgery, the mean vital bone range was 27.6-34.5% for HA and 17.8-41.7% for DBBM. In contrast, Brunel et al. (2001) reported unpredictable bone remodeling and biomaterial resorption after ARP with resorbable HA and collagen membrane in 14 patients.

TCP has been suggested as an osteoconductive material able to provide a matrix where new bone can be deposited and can thus be used for socket preservation (Guarnieri et al. 2004, Brkovic et al. 2008, Aimetti et al. 2009). However, unlike most forms of HA, TCP resorbs very quickly at a fast rate that does not allow bone replacement in an 1:1 ratio (Breitbart et al. 1995). Therefore, a new combination of insoluble HA with β-TCP (Straumann® Bone Ceramic) has recently been introduced in the market and has been tested for ARP in two clinical studies. In an RCT, the combined use of Straumann® Bone Ceramic with collagen membrane resulted in postextraction AR resorption similar to that with Bio-Oss®, except for the buccolingual dimension, which was decreased by 1.1 mm in the HA/TCP group and by 2.1 mm in the DBBM group (Mardas et al. 2010). Similar histological characteristics were observed in the biopsy samples of both groups; new bone formation was limited in the apical part of the socket and the coronal part was occupied by a dense fibrous connective tissue surrounding the ceramic and DBBM particles. Dental implants were successfully placed in

DBBM. Ωστόσο, σε 9 από τα 13 εμφυτεύματα της ομάδας HA/TCP και σε 8 από 12 εμφυτεύματα της ομάδας DBBM, παρουσιάστηκαν υπολειμματικές οστικές οπές και σχισμές που αντιμετωπίστηκαν με επιπλέον οστική αναγέννηση. Αντίθετα, οι De Coster και συν. (2011) διαπίστωσαν ότι η επούλωση σε φατνία που αντιμετωπίστηκαν με το ίδιο υλικό ήταν κατώτερη σε σχέση με τα φατνία ελέγχου με έντονη παρουσία χαλαρού συνδετικού ιστού και λιγότερο δικτυωτό οστό. Επιπλέον, στη χειρουργική τοποθέτηση των εμφυτευμάτων, το οστό στις πειραματικές θέσεις του μοσχεύματος ήταν πιο μαλακό σε σχέση με τους μάρτυρες, διακυβεύοντας την αρχική σταθερότητα του εμφυτεύματος σε ορισμένες περιπτώσεις.

Σωματίδια και ριζόμορφοι κώνοι βιοενεργού υαλομοσχεύματος έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στη διατήρηση της ακρολοφίας (Yilmaz και συν. 1998, Norton και Wilson 2002). Το ύψος και το πλάτος της ΦΑ παρέμειναν αμετάβλητα μετά από 1 χρόνο (Yilmaz και συν. 1998), ενώ ήταν εμφανής ο σχηματισμός νέου οστού και η βιοαποδόμηση του υαλομοσχεύματος (Froum και συν. 2002). Από την άλλη πλευρά, οι Norton και Wilson (2002) δε βρήκαν καθόλου νεόπλαστο οστό σε βιοψίες μετά από 6 μήνες επούλωσης, ενώ οι Camargo και συν. (2000) δεν μπόρεσαν να επιδείξουν σημαντικό όφελος με τοποθέτηση υαλομοσχεύματος σε φατνία συγκριτικά με την απρόσκοπτη επούλωση της εξαγωγής στη διατήρηση των διαστάσεων της ακρολοφίας.

#### Κατευθυνόμενη οστική αναγέννηση

Η προβλεψιμότητα της ΚΟΑ για την αντιμετώπιση διαφόρων τύπων γναθοπροσωπικών βλαβών που περιλαμβάνουν το μετεξакτικό φατνίο έχει τεκμηριωθεί με αρκετές προκλινικές και κλινικές μελέτες (Retzepi και Donos 2010). Η αρχή της ΚΟΑ έχει εφαρμοστεί στη ΔΦΑ, είτε με τη χρήση αφοριστικών μεμβρανών μόνο ή σε συνδυασμό με οστικά μοσχεύματα. Οι Lekovic και συν. (1997) συγκρίναν σε 20 φατνία 10 ασθενών τη χρήση της μεμβράνης e-PTFE με την απρόσκοπτη επούλωση στη διατήρηση του μετεξакτικού φατνίου. Μετά από 6 μήνες επούλωσης, οι ερευνητές ανακάλυψαν σημαντικά μεγαλύτερη απώλεια οστού σε ύψος και εύρος στην ομάδα ελέγχου και μεγαλύτερη πλήρωση οστού στην ομάδα της ΚΟΑ όταν οι μεμβράνες δεν ήταν αποκαλυμμένες (30% αποκάλυψη). Για την αντιμετώπιση του υψηλού κινδύνου αποκάλυψης των μεμβρανών e-PTFE, οι Lekovic και συν. (1998) πρότειναν τη χρήση βιοαπορροφήσιμων μεμβρανών από γλυκολικο-γαλακτικά πολυμερή. Σε μια μελέτη παρόμοιου σχεδιασμού με 16 ασθενείς, οι συγγραφείς ανέφεραν στατιστικά σημαντικά λιγότερη οριζόντια απορρόφηση της ακρολοφίας και περισσότερη οστική πλήρωση μετά από 6 μήνες επούλωσης στις θέσεις της ΚΟΑ με απορροφήσιμες πολυμερείς μεμβράνες συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου όπου δεν εφαρμόστηκε ΚΟΑ.

Η ΚΟΑ σαν χειρουργική προσέγγιση συμπληρωματική της χρήσης οστικών μοσχευμάτων παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα. Ο συνδυασμός διαφόρων οστικών μοσχευμάτων ή υποκατάστατων με βιοαπορροφήσιμες ή μη απορροφήσιμες μεμβράνες για τη διατήρηση του φατνίου έχει αξιολογηθεί σε αρκετές κλινικές μελέτες, με ευνοϊκά κυρίως αποτελέσματα (Πίνακες 1 και 2). Η χρήση της συνδυαστικής θεραπείας βασίστηκε στην υπόθεση ότι το μοσχευματικό υλικό μπορεί να αποτρέψει την κατάρρευση της μεμβράνης στην περιοχή του φατνίου και να προωθήσει το σχηματισμό νέου οστού μέσω οστεοεπαγωγής

all but one case from the DBBM group. However, in 9 of 13 implants in the HA/TCP group and in 8 of 12 implants in the DBBM group, residual dehiscence or fenestration defects required additional bone augmentation. In contrast, De Coster et al. (2011) found that healing at extraction sockets grafted with the same material was consistently poorer than in control sockets, predominately presenting loose connective tissue and less woven bone. In addition, at the time of implant surgery, bone at experimental grafted sites was softer than in controls, compromising initial implant stability in some cases.

Bioactive glass particles and root form cones have been successfully used for ridge preservation (Yilmaz et al. 1998, Norton and Wilson 2002). The height and width of the AR remained the same up to 1 year after grafting (Yilmaz et al. 1998), and new bone formation and biodegradation of the glass was evident (Froum et al. 2002). On the other hand, Norton and Wilson (2002) found no new bone formation when biopsy samples from the treated sites were taken after 6 months of healing, and Camargo et al. (2000) failed to demonstrate a significant benefit of grafting the postextraction sockets with bioactive glass over extraction alone for preserving ridge dimensions.

#### Guided bone regeneration

The predictability of GBR for the treatment of various types of maxillofacial defects, including the extraction socket, has been demonstrated in several preclinical and clinical studies (Retzepi and Donos 2010). The GBR principle has been applied to ARP, either with the use of barrier membranes alone or in combination with bone grafts. Lekovic et al. (1997) compared the use of e-PTFE membranes to unassisted socket healing for socket preservation in 20 sockets of 10 patients. After 6 months of healing, significantly greater loss of bone height and width was found in the control group and more bone fill in the GBR group when the membranes were not exposed (30% exposure). To deal with the high risk of exposure implicated with the use of e-PTFE membranes, Lekovic et al. (1998) suggested the use of bioabsorbable membranes made of glycolide and lactide polymers. In a similar study with 16 patients, statistically significant less horizontal ridge resorption and more socket osseous fill were detected after 6 months of healing in the GBR-treated sites with absorbable barriers than in the control group, without any socket preservation.

GBR as a surgical procedure complementary to bone grafting for ridge preservation was presented in the previous section. The combination of various bone grafts or bone substitutes with bioabsorbable or nonresorbable membranes for socket preservation has been evaluated in several clinical studies, mostly with favorable results (Tables 1 and 2). The use of the combined treatment was based on the assumption that grafting material may be useful to prohibit membrane collapse into the socket area and to further enhance new bone formation through osteoinduction and osteoconduc-

και οστεοσυνέργειας. Ωστόσο, η υπόθεση αυτή δεν αποδείχθηκε σε τρεις ελεγχόμενες μελέτες ΔΦΑ όπου η προσθήκη ενός οστικού μοσχεύματος ή υλικού πλήρωσης κάτω από μία μεμβράνη συγκρίθηκε μόνο με τη μεμβράνη. Οι Dies και συν. (1996) πρότειναν ότι η προσθήκη σωματιδίων BioOss® κάτω από μεμβράνη e-PTFE μπορεί να καθυστερήσει το σχηματισμό οστού σε μετεξακτικά φατνία, ενώ οι Pinho και συν. (2006) διαπίστωσαν ότι η προσθήκη αυτόλογου οστού κάτω από μεμβράνες ενισχυμένες με τιτάνιο δεν προώθησε το σχηματισμό οστού ή τη διατήρηση των διαστάσεων της ακρολοφίας, σε σύγκριση μόνο με τη μεμβράνη. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν με τη χρήση ακύτταρης δερματικής αλλομοσχευματικής μεμβράνης με ή χωρίς HA για διατήρηση των φατνίων (Luczynski και συν. 2005).

Με βάση την περιορισμένη τεκμηρίωση, οι απορροφήσιμες μεμβράνες θα πρέπει να προτιμούνται από τις μη απορροφήσιμες αφού παρουσιάζουν χαμηλότερο ποσοστό αποκάλυψης και συνεπώς καλύτερη κλινική συμπεριφορά (Lekovic και συν. 1998, Froum και συν. 2004). Από την άλλη πλευρά, οι μειωμένες μηχανικές ιδιότητες των περισσότερων από τις διαθέσιμες απορροφήσιμες μεμβράνες απαιτούν συχνά τη χρήση ενός υλικού πλήρωσης που αποτρέπει την κατάρρευση. Σ' αυτήν την περίπτωση όμως, δεν υπάρχει τεκμηρίωση που να υποστηρίζει την ανωτερότητα ενός μοσχευματικού υλικού έναντι των υπόλοιπων (Dies και συν. 1996, Froum και συν. 2004, Mardas και συν. 2010).

#### Άλλα υλικά

Οι Serino και συν. (2003, 2008) σε μία κλινική και μία ιστολογική μελέτη, συγκρίναν τη ΔΦΑ με βιοαπορροφήσιμο σπόγγο από πολυγαλακτο-πολυγλυκολικό συμπολυμερές με τη φυσική επούλωση. Όλα τα πειραματικά φατνία παρουσίασαν λιγότερη οστική απορρόφηση από τα φατνία μάρτυρες, ιδίως στο μέσο της παρειακής πλευράς, παρέχοντας τη δυνατότητα τοποθέτησης εμφυτευμάτων. Η επούλωση χαρακτηριζόταν μυλικά από νεόπλαστο δοκιδωτό οστό με μεγάλες μυελοκυψέλες και ακρορριζικά από ώριμο και συμπαγές οστό, τόσο στην πειραματική όσο και στην ομάδα ελέγχου. Οι συγγραφείς πρότειναν ότι ο σπόγγος παρεμπόδιζε την εξάπλωση των γύρω μαλακών ιστών στο φατνίο κατά την επούλωση, διευκολύνοντας έτσι το σχηματισμό οστού.

Τέλος, οι Fiorellini και συν. (2005) αξιολόγησαν σε μια RCT την ικανότητα δύο διαφορετικών συγκεντρώσεων της ανασυνδυασμένης οστικής μορφογενετικής πρωτεΐνης-2 (rhBMP-2) με φορέα σπόγγο κολλαγόνου να προάγουν το de novo σχηματισμό οστού σε φατνία. Η ιστολογική και ακτινογραφική αξιολόγηση 4 μήνες μετά την εξαγωγή έδειξε ότι η υψηλότερη συγκέντρωση της rhBMP-2 οδήγησε σε σημαντικά περισσότερο σχηματισμό οστού και καλύτερη διατήρηση του όγκου της ακρολοφίας σε σχέση με το φορέα μόνο ή τη φυσική επούλωση. Επιπλέον, στη ομάδα με την υψηλότερη συγκέντρωση rhBMP-2, 18 από τα 21 εμφυτεύματα τοποθετήθηκαν χωρίς να υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω αναγέννηση οστού, ενώ 9 από τα 20 εμφυτεύματα χρειάστηκαν οστική αύξηση στις δύο ομάδες ελέγχου.

#### Χειρουργική τεχνική

Μια τεχνική ΔΦΑ που δεν περιλαμβάνει αναπέταση και μετατόπιση βλενογονοπεριόστεων κρημών ολικού πάχους, θα καταστύσει την όλη διαδικασία λιγότερο τραυματική και θα μπορούσε να προστατεύσει το παρειακό οστικό πέταλο από την

tion. However, this assumption was not proven in three controlled ARP studies in which the addition of a bone graft or filler under a membrane was compared with membrane alone. Dies et al. (1996) suggested that the addition of Bio-Oss® particles under e-PTFE membranes may delay bone formation in extraction sockets, and Pinho et al. (2006) found that the addition of autogenous bone graft under titanium-reinforced membranes did not further enhance osseous formation or the preservation of preextraction ridge dimensions when compared with the use of membrane alone. Similar results were reported when acellular dermal allograft membrane was used with or without HA for socket preservation (Luczynski et al. 2005).

Based on the limited available evidence, resorbable membranes should be preferred over nonresorbable barriers because of the lower rate of exposure and thus better clinical performance (Lekovic et al. 1998, Froum et al. 2004). On the other hand, the reduced mechanical properties of most of the currently available resorbable barriers often require the use of a space filler to prevent collapse of the membrane. In such a case, however, there is no evidence to support the superiority of one grafting material over another (Dies et al. 1996, Froum et al. 2004, Mardas et al. 2010).

#### Other materials

Serino et al. (2003, 2008) compared ARP results when using a bioabsorbable polylactide-polyglycolide sponge with unassisted socket healing in one clinical and one histological study. All test sockets healed with less bone resorption than the controls, especially in the midbuccal region, and were eligible for implant placement. The healing was characterized by newly formed trabecular bone with large marrow spaces coronally and more mature and compact bone apically part in both the test and control groups. The authors suggested that the sponge prevented the proliferation of the surrounding soft tissue into the socket during the healing process, thus facilitating bone formation.

Finally, Fiorellini et al. (2005) evaluated in an RCT the ability of two different concentrations of recombinant bone morphogenetic protein-2 (rhBMP-2) in a collagen sponge carrier to promote de novo bone formation in fresh extraction sockets. Histological and radiographic assessment at 4 months postextraction showed that the higher concentration of rhBMP-2 resulted in significantly higher bone formation and better ridge volume preservation than did treatment with the carrier alone or no treatment. Furthermore, in the group with the higher concentration of rhBMP-2, 18 of 21 implants were placed with no need for further bone augmentation, whereas 9 of 20 implants required no further augmentation in the two control groups.

#### Surgical technique

An ARP technique that does not involve elevation and advancement of full thickness mucoperiosteal flaps would make the whole procedure less traumatic and may protect the buccal bone plate from the exter-

εξωτερική απορρόφηση που προκαλεί η διατάραξη του περιόστεου. Συνεπώς, πολλοί κλινικοί πρότειναν τη ΔΦΑ χωρίς αναπέταση κρημνών (Jung και συν. 2004, Sclar 2004, Aimetti και συν. 2009). Σε μια πρόσφατη μελέτη με ζώα, οι Fickl και συν. (2008a) απέδειξαν ότι μετά την αναπέταση κρημνού για την εξαγωγή, η μείωση μαλακών και σκληρών ιστών ήταν 14% μεγαλύτερη σε σχέση με την εξαγωγή χωρίς κρημνό, μετά από 3 μήνες επούλωσης. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και σε μια άλλη μελέτη με σκύλους (Blanco και συν. 2008). Από την άλλη πλευρά, οι Araújo και συν. (2009a), έδειξαν ότι μετά από 6 μήνες επούλωσης, η εξαγωγή με ή χωρίς αναπέταση κρημνού, οδήγησε σε παρόμοια μείωση των διαστάσεων των σκληρών ιστών σε σκυλιά. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η αναπέταση κρημνού δεν προκαλεί πρόσθετο μηχανικό τραύμα τέτοιου μεγέθους ώστε να έχει μακροπρόθεσμα αποτελέσματα στις τελικές διαστάσεις της νωδής ακρολοφίας αφού η διαδικασία της απορρόφησης ξεκινάει στην εσωτερική επιφάνεια των τοιχωμάτων του φατνίου και πραγματοποιείται με ή χωρίς την αναπέταση κρημνού. Επιπλέον, οι τεχνικές χωρίς αναπέταση κρημνού δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε περιπτώσεις όπου η ΚΟΑ έχει επιλεγεί για ΔΦΑ.

Η κάλυψη της εισόδου του φατνίου με μαλακούς ιστούς έχει διερευνηθεί επίσης, με στόχο τη διατήρηση, τη σταθεροποίηση και την προστασία των μοσχευμάτων. Έτσι, έχουν προταθεί πολλές τεχνικές για πλήρη σύγκλειση που περιλαμβάνουν τη μυλική μετατόπιση του παρειακού κρημνού (Lekovic και συν. 1997, 1998, Barone και συν. 2008), μετατοπιζόμενους κρημνούς από παρακείμενους ιστούς (Nemcovsky και Serfaty 1996, Artzi και συν. 2000) ή ελεύθερα ουλικά μοσχεύματα (Jung και συν. 2004). Αντίθετα, σε μια πρόσφατη μελέτη με ζώα, η συμπληρωματική χρήση ελεύθερου ουλικού μοσχεύματος για σύγκλειση των φατνίων δεν είχε επιπλέον ευνοϊκά αποτελέσματα από τη διατήρηση των φατνίων χωρίς πλήρη σύγκλειση (Fickl και συν. 2008b).

### Συμπεράσματα

- Μετά την οδοντική εξαγωγή, η πολύπλοκη διαδικασία επούλωσης μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια των διαστάσεων της ακρολοφίας και να διακυβευσει την τοποθέτηση μελλοντικών συμβατικών ή επιεμφυτευματικών αποκαταστάσεων.
- Ενώ ένας μεγάλος αριθμός τεχνικών και υλικών έχουν προταθεί για τη ΔΦΑ, κάποιοι κλινικοί αμφισβητούν την αποτελεσματικότητά και την εφαρμοστικότητα τους και πιστεύουν ότι αποτελούν υπερθεραπεία παρά έγκυρη προπροσθητική θεραπεία. Δυστυχώς, η διαθέσιμη τεκμηρίωση που υποστηρίζει τη χρήση των διαφόρων τεχνικών ΔΦΑ, προέρχεται κυρίως από βραχυπρόθεσμες αναφορές περιστατικών χωρίς ομάδες ελέγχου. Η χρήση της απλής επούλωσης σαν αρνητικού μάρτυρα θα μπορούσε να εξαλείψει ή να μειώσει τον κίνδυνο συστηματικών σφαλμάτων που προκύπτουν από προσωπικές προτιμήσεις ή πεποιθήσεις. Έτσι, για τις περισσότερες από τις προτεινόμενες τεχνικές, δεν έχει τεκμηριωθεί ακόμη κανένα πρόσθετο όφελος στη διατήρηση των διαστάσεων της ΦΑ και την προώθηση της επούλωσης με σχηματισμό νέου οστού σε σχέση με την απλή επούλωση.
- Προς το παρόν, υπάρχει τεκμηρίωση ότι κάποιες διαδικασίες διατήρησης της ακρολοφίας είναι σε κάποιο βαθμό αποτελεσματικές στον περιορισμό της μετεξακτικής μείωσης των διαστάσεων της ακρολοφίας και στη μερική προώθηση της οστικής αναγέννησης στα φατνία. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούν μεμβράνες

nal resorption initiated by the disruption of the periosteum. For this reason, clinicians have suggested a flapless approach for ARP (Jung et al. 2004, Sclar 2004, Aimetti et al. 2009). In a recent animal study, Fickl et al. (2008a) demonstrated that after flap elevation for tooth extraction, soft and hard tissue reduction was 14% more than it was for a flapless extraction after a 3-month healing period. Similar results were reported in another study in dogs (Blanco et al. 2008). On the other hand, Araújo and Lindhe (2009a) indicated that after 6 months of healing, the flapless and flap extraction resulted in similar amounts of reduction of the hard tissue dimensions in dogs. The investigators concluded that flap elevation does not provoke an additional mechanical trauma large enough to have a long-lasting effect on the final dimensions of the edentulous ridge because the resorptive process is initiated in the internal surface of the socket walls and will occur with or without flap reflection. In addition, flapless techniques cannot be performed in cases in which GBR has been selected for ARP.

Soft tissue coverage of the socket entrance has also been considered in order to retain, stabilize, and protect grafting materials. Therefore, many techniques have been suggested to achieve primary closure of the socket entrance, including coronal advancement of the buccal flap (Lekovic et al. 1997, 1998, Barone et al. 2008), rotating flaps from tissue adjacent to the defect (Nemcovsky and Serfaty 1996, Artzi et al. 2000), or free gingival tissue grafts (Jung et al. 2004). On the contrary, in a recent animal study, the supplementary use of a free gingival graft to seal the grafted socket had no additional beneficial effect over the unsealed socket preservation (Fickl et al. 2008b).

### Conclusions

- After tooth extraction, the complex process of wound healing may result in loss of ridge dimensions and compromise the placement of future conventional or implant-supported restorations.
- Whereas, a large number of techniques and materials have been suggested for ARP, some clinicians question their efficacy or applicability and believe that such procedures are an overtreatment rather than a valid preprosthetic therapy. Unfortunately, the available evidence supporting the use of various ARP techniques comes mainly from short-term case reports without control groups. The inclusion of unassisted socket healing as a negative control could exclude or minimize the risk of bias generated by personal preferences or beliefs. Therefore, additional benefit over conventional postextraction healing in terms of further preserving AR dimensions and promoting healing with new bone formation has not yet been demonstrated for most of the suggested techniques.
- Currently, there is evidence that some ridge preservation procedures are to some extent effective in limiting postextraction ridge dimensional loss and in partially promoting bone regeneration in the extraction socket. Techniques utilizing GBR membranes with or

ΚΟΑ με ή χωρίς οστικά μοσχεύματα ή υποκατάστατα οστών έχουν παρουσιάσει μέχρι στιγμής το πιο ευνοϊκά αποτελέσματα με βάση RCTs ή ελεγχόμενες κλινικές μελέτες όπου η απρόσκοπτη επούλωση χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και δύο πρόσφατες συστηματικές ανασκοπήσεις (Darby και συν. 2009, Horvath και συν. 2010).

- Η ετερογένεια μεταξύ των διαθέσιμων ελεγχόμενων κλινικών μελετών σε σχέση με τα υλικά, τα θεραπευτικά πρωτόκολλα και τις περιόδους επούλωσης αλλά και οι μεθοδολογικές ανεπάρκειες, δεν επιτρέπουν ουσιαστικές συγκρίσεις ή μετα-ανάλυση (Horvath και συν. 2010). Οι περισσότερες από τις διαθέσιμες μελέτες χαρακτηρίζονται από έλλειψη επαρκούς πληθυσμιακού δείγματος και στατιστικής ανάλυσης, ανεπαρκή τυχαιοποίηση ή απόκρυψη από τους ερευνητές που μπορεί να αποτελούν αιτίες σφάλματος. Συνεπώς, η βαρύτητα της διαθέσιμης τεκμηρίωσης κυμαίνεται από αδύναμη έως μέτρια και κάθε συμπέρασμα θα πρέπει να γίνεται αποδεκτό με επιφύλαξη όταν εφαρμόζεται στην καθημερινή κλινική πράξη (Horvath και συν. 2010).

- Οι διάφορες ιστολογικές αναφορές σε ανθρώπους έδειξαν ότι η επούλωση μετά από ΔΦΑ χαρακτηρίζεται από διαφορετικού βαθμού οστική αναγέννηση, ανάλογα με το είδος του υλικού και την περίοδο επούλωσης. Η αντιμετώπιση φατνίων με μοσχεύματα οδήγησε σε διάφορες ποσότητες υπολειπόμενων σωματιδίων του υλικού που είτε βρισκόταν σε άμεση επαφή με το νεόπλαστο οστό είτε ήταν περιχαρακωμένα από πυκνό συνδετικό ιστό, ανάλογα με τις ιδιότητες και το ρυθμό απορρόφησής τους. Επειδή η ποιότητα και η ποσότητα του οστού μετά τη ΔΦΑ δεν έχουν ακόμη πλήρως διερευνηθεί, η ποιότητα της οστεοενσωμάτωσης εμφυτευμάτων που τοποθετούνται σε μετεξακτικά φατνία τα οποία έχουν αντιμετωπιστεί με μοσχεύματα παραμένει άγνωστη. Συνεπώς, η επιλογή των βιοϋλικών που χρησιμοποιούνται σήμερα στη ΔΦΑ θα πρέπει να βασίζεται στις ίδιες βιολογικές αρχές που διέπουν τη χρήση των οστικών μοσχευμάτων και στη διαθέσιμη τεκμηρίωση σχετικά με την αποτελεσματικότητα αυτών των υλικών στη θεραπεία άλλων γναθοπροσωπικών οστικών βλαβών.

- Εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας υλικών, τεχνικών, θέσεων και περιόδων επούλωσης, είναι αδύνατο να γίνουν άμεσες συγκρίσεις ανάμεσα στις διάφορες τεχνικές ΔΦΑ. Προς το παρόν, δεν υπάρχει αρκετή τεκμηρίωση που υποστηρίζει την κλινικά σημαντική υπεροχή μιας τεχνικής ή ενός υλικού σε σχέση με τα άλλα και συνεπώς, απαιτείται επιπλέον έρευνα για την εδραίωση οριστικών συμπερασμάτων.

- Προς το παρόν, δεν υπάρχει ολοκληρωμένη λίστα ενδείξεων και αντενδείξεων για τη ΔΦΑ που βασίζεται σε τοπικά και συστηματικά κριτήρια. Επίσης δεν υπάρχει διαθέσιμη τεκμηρίωση σχετικά με τους τοπικούς ή συστηματικούς συγχυτικούς παράγοντες που περιλαμβάνουν τη θέση, τη μορφολογία και τις διαστάσεις του φατνίου, την αιτία εξαγωγής, την περίοδο επούλωσης, την αντιβιοτική κάλυψη, το κάπνισμα και τα συστηματικά φάρμακα που μπορεί να επηρεάσουν την επιτυχία της ΔΦΑ. Θα πρέπει να πραγματοποιηθεί επιπλέον έρευνα για τον προσδιορισμό όλων των πιθανών παραγόντων κινδύνου που σχετίζονται με τη ΔΦ.

### Δηλώσεις/Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς δηλώνουν ότι δεν υπάρχουν οικονομικές ή άλλες αντιθέσεις συμφερόντων σε σχέση με την παρούσα δημοσίευση.

without bone grafts or bone substitutes have currently presented the most favorable results based on RCTs or controlled clinical trials in which unassisted socket healing was used as a control. Similar conclusions have been drawn from two recent systematic reviews (Darby et al. 2009, Horvath et al. 2010).

- The heterogeneity between the existing controlled clinical trials in terms of materials, treatment protocols, and healing periods, as well as methodological inadequacies, do not allow meaningful comparisons or a meta-analysis (Horvath et al. 2010). Most of the available studies are characterized by the lack of appropriate sample size and statistical analysis, inadequate randomization, or masking of the investigators that may be the source of potential bias. Therefore, the strength of current evidence in the field ranges from weak to moderate and any conclusions should be handled carefully when applied to everyday clinical practice (Horvath et al. 2010).

- The various human histological reports showed that the healing following ARP was characterized by a different degree of bone regeneration, depending on the type of material used and the healing period. Socket treatment with grafts resulted in various amounts of residual particles of the grafting material, either in direct connection with the newly formed bone or embedded in a dense connective tissue, depending on their properties and their resorption rate. Since the quality and quantity of bone following ARP has not yet been fully estimated, the quality of the osseointegration of dental implants placed into previously augmented sockets remains unknown. Therefore, the selection of biomaterials used for ARP today should be based on the same biologic principles of bone grafting and the available evidence regarding the effectiveness of these grafting materials in the treatment of other maxillofacial osseous defects.

- Because of the extensive variety of materials, techniques, sites, and healing periods, direct comparisons of the various ARP techniques are impossible. Currently, there is not enough evidence to support a clinically significant superiority of one technique or material over the other and, therefore, additional research is required to reach definitive conclusions.

- A comprehensive list of indications and contraindications for ARP based on local and systemic criteria is still missing. No evidence is available regarding the importance of local or systemic confounding factors including socket location, morphology, and dimensions, reason for tooth extraction, healing period, antibiotic regime, smoking, and systemic medications that could potentially affect the success of ARP. Further investigation to determine all the possible risk factors associated with ARP should be performed in the future.

### Acknowledgments

The authors declare that there are no financial or other conflicts of interest related to this publication.

## Βιβλιογραφία - References

- Aimetti, M., Romano, F., Griga, F. B. & Godio, L. (2009) Clinical and histologic healing of human extraction sockets filled with calcium sulfate. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **24**, 902-909.
- Amler, M. H. (1969) The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surgery Oral Medicine and Oral Pathology* **27**, 309-318.
- Amler, M. H. (1993) Age factor in human alveolar bone repair. *Journal of Oral Implantology* **19**, 138-142.
- Amler, M. H., Johnson, P. L. & Salman, I. (1960) Histological and histochemical investigation of human alveolar socket healing in undisturbed extraction wounds. *Journal of American Dental Association* **61**, 46-48.
- Anitua, E. (1999) Plasma rich in growth factors: preliminary results of use in the preparation of future sites for implants. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **14**, 529-535.
- Araújo, M. G. & Lindhe, J. (2005) Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* **32**, 212-218.
- Araújo, M. G. & Lindhe, J. (2009a) Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: an experimental study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* **20**, 545-549.
- Araújo, M., Linder, E., Wennstrom, J. & Lindhe, J. (2008) The influence of Bio-Oss Collagen on healing of an extraction socket: an experimental study in the dog. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* **28**, 123-135.
- Araújo, M. G. & Lindhe, J. (2009b) Ridge preservation with the use of Bio-Oss collagen: a 6-month study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* **25**, 433-440.
- Araújo, M. G., Linder, E. & Lindhe, J. (2009) Effect of a xenograft on early bone formation in extraction sockets: an experimental study in dog. *Clinical Oral Implants Research* **20**, 1-6.
- Artzi, Z., Tal, H. & Dayan, D. (2000) Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets. Part 1: histomorphometric evaluations at 9 months. *Journal of Periodontology* **71**, 1015-1023.
- Atwood, D. A. (1957) A cephalometric study of the clinical rest position of the mandible. Part II. The variability in the rate of bone loss following the removal of occlusal contacts. *Journal of Prosthetic Dentistry* **7**, 544-552.
- Atwood, D. A. (1971) Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. *Journal of Prosthetic Dentistry* **26**, 266-279.
- Atwood, D. A. & Coy, W. A. (1971) Clinical, cephalometric and densitometric study of reduction of residual ridges. *Journal of Prosthetic Dentistry* **26**, 280-295.
- Barone, A., Aldini, N. N., Fini, M., Giardino, R., Calvo Guirado, J. L. & Covani, U. (2008) Xenograft versus extraction alone for ridge preservation after tooth removal: a clinical and histomorphometric study. *Journal of Periodontology* **79**, 1370-1377.
- Becker, W., Becker, B. E. & Caffesse, R. (1994). A comparison of demineralized freeze-dried bone and autologous bone to induce bone formation in human extraction sockets. *Journal of Periodontology* **65**:1128-1133.
- Becker, W., Clokie, C., Sennerby, L., Urist, M. R. & Becker, B. E. (1998) Histologic findings after implantation and evaluation of different grafting materials and titanium micro screws into extraction sockets: case reports. *Journal of Periodontology* **69**, 414-421.
- Becker, W., Urist, M., Becker, B. E., Jackson, W., Parry, D. A., Bartold, M., Vincenzzi, G., De Georges, D. & Niederwanger, M. (1996). Clinical and histologic observations of sites implanted with intraoral autologous bone grafts or allografts. 15 human case reports. *Journal of Periodontology* **67**, 1025-1033.
- Bell, R. & Beirne, O. R. (1988) Effect of hydroxyapatite, tricalcium phosphate and collagen on the healing of defects in the rat mandible. *Journal of Oral Maxillofacial Surgery* **46**, 589-594.
- Blanco, J., Nunez, V., Aracil, L., Munoz, F., Ramos, I. (2008) Ridge alterations following immediate implant placement in the dog: flap versus flapless surgery. *Journal of Clinical Periodontology* **35**, 640-648.
- Bodner, L., Kaffe, I., Littner, M. M. & Cohen, J. (1993) Extraction site healing in rats. A radiologic densitometric study. *Oral Surgery and Oral Medicine and Oral Pathology* **75**, 367-372.
- Boyne, P. J. (1966) Osseous repair of the postextraction alveolus in man. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology* **21**, 805-813.
- Breitbart, A. S., Staffenberg, D. A., Thorne, C. H., Glat, P. M., Cunningham, N. S., Reddi, A. H., Ricci, J. & Steiner, G. (1995) Tricalcium phosphate and osteogenin: a bioactive onlay bone graft substitute. *Plastic Reconstructive Surgery* **96**, 699-708.
- Brkovic, B. M., Prasad, H. S., Konandreas, G., Milan, R., Antunovic, D., Sandor, G. K. & Rohrer, M. D. (2008) Simple preservation of a maxillary extraction socket using beta-tricalcium phosphate with type I collagen: preliminary clinical and histomorphometric observations. *Journal of Canadian Dental Association* **74**, 523-528.
- Brugnami, F., Then, P. R., Moroi, H. & Leone, C. W. (1996) Histologic evaluation of human extraction socket treated with demineralized freeze-dried bone allograft (DFDBA) and cell occlusive membrane. *Journal of Periodontology* **67**, 821-825.
- Brunel, G., Brocard, D., Duffort, J. F., Jacquet, E., Justumus, P., Simonet, T. & Benque, E. (2001) Bioabsorbable materials for guided bone regeneration prior to implant placement and 7-year follow-up: report of 14 cases. *Journal of Periodontology* **72**, 257-264.
- Camargo, P. M., Lekovic, V., Weinlaender, M., Klokkevold, P. R., Kenney, E. B., Dimitrijevic, B., Nedic, M., Jancovic, S. & Orsini, M. (2000) Influence of bioactive glass on changes in alveolar process dimensions after exodontia. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **90**, 581-586.
- Cardaropoli, G., Araujo, M. & Lindhe, J. (2003) Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *Journal of Clinical Periodontology* **30**, 809-818.
- Carlsson, G. E., Bergman, B. & Hedegaard, B. (1967) Changes in contour of the maxillary alveolar process under immediate dentures. A longitudinal clinical and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Acta Odontologica Scandinavica* **25**, 45-75.
- Carlsson, G. E. & Persson, G. (1967) Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. A longitudinal, clinical, and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Odontologisk Revy* **18**, 27-54.
- Carmagnola, D., Adriaens, P. & Berglundh, T. (2003) Healing of

- human extraction sockets filled with Bio-Oss. *Clinical Oral Implants Research*, **14**, 137-143.
- Carvalho, T. L., Bombonato, K. F. & Brentegani, L. G. (1997) Histometric analysis of rat alveolar wound healing. *Brazilian Dental Journal* **8**, 9-12.
- Chen, S. T. & Buser, D. (2009) Clinical and esthetic outcomes of implants placed in post extraction sites. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **24** (Suppl.), 186-217.
- Chiapasco, M., Zaniboni, M. & Boisco M. (2006) Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clinical Oral Implant Research* **17** (Suppl. 2), 136-159.
- Darby, I., Chen, S. T. & Buser, D. (2009) Ridge preservation techniques for implant therapy. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **24**, 260-271.
- De Coster, P., Browaeys, H & De Bruyn, H. (2011) Healing of extraction sockets filled with Bone Ceramic® prior to implant placement: preliminary histological findings. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **13**, 34-45.
- Dies, F., Etienne, D., Abboud, N. B. & Ouhayoun, J. P. (1996) Bone regeneration in extraction sites after immediate placement of an e-PTFE membrane with or without a biomaterial. A report on 12 consecutive cases. *Clinical Oral Implants Research* **7**, 277-285.
- Donos, N, Mardas, N. & Chadha, V. (2008) Clinical outcomes of implants following lateral bone augmentation: systematic assessment of available options (barrier membranes, bone grafts, split osteotomy). *Journal of Clinical Periodontology* **35** (Suppl. 8), 173-202.
- Evian, C. I., Rosenberg, E. S., Coslet, J. G. & Corn, H. (1982) The osteogenic activity of bone removed from healing extraction sockets in humans. *Journal of Periodontology* **53**, 81-85.
- Fickl, S., Zuhr, O., Wachtel, H., Bolz, W. & Huerzeler, M. (2008a) Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: a volumetric study in the beagle dog. *Journal of Clinical Periodontology* **35**, 356-363.
- Fickl, S., Zuhr, O., Wachtel, H., Bolz, W. & Huerzeler, M. B. (2008b) Hard tissue alterations after socket preservation: an experimental study in the beagle dog. *Clinical Oral Implants Research* **19**, 1111-1118.
- Fiorellini, J. P., Howell, T. H., Cochran, D., Malmquist, J., Lilly, L. C., Spagnoli, D., Toljanic, J., Jones, A. & Nevins, M. (2005) Randomized study evaluating recombinant human bone morphogenetic protein-2 for extraction socket augmentation. *Journal of Periodontology* **76**, 605-613.
- Fotek, P. D. Neiva, R. F. & Wang, H. L. (2009) Comparison of dermal matrix and polytetrafluoroethylene membrane for socket bone augmentation: a clinical and histologic study. *Journal of Periodontology* **80**, 776-785.
- Froum, S., Cho, S. C., Elian, N., Rosenberg, E., Rohrer, M. & Tarnow, D. (2004) Extraction sockets and implantation of hydroxyapatites with membrane barriers: a histologic study. *Implant Dentistry* **13**, 153-164.
- Froum, S., Cho, S. C., Rosenberg, E., Rohrer, M. & Tarnow, D. (2002). Histological comparison of healing extraction sockets implanted with bioactive glass or demineralized freeze-dried bone allograft: a pilot study. *Journal of Periodontology* **73**, 94-102.
- Guarnieri, R., Pecora, G., Fini, M., Aldini, N. N., Giardino, R., Orsini, G. & Piattelli, A. (2004) Medical grade calcium sulfate hemihydrate in healing of human extraction sockets: clinical and histological observations at 3 months. *Journal of Periodontology* **75**, 902-908.
- Horvath, A., Mardas, N., Mezzomo, L. A., Needleman, I. G. & Donos, N. (2010) A systematic review of ridge preservation techniques. *Journal of Dental Research* **89** (Special Issue B), 4685.
- Huebsch, R. F. & Hansen, L. S. A. (1969) Histopathologic study of extraction wounds in dogs. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology* **28**, 187-196.
- Iasella, J. M., Greenwell, H., Miller, R. L., Hill, M., Drisko, C., Bohra, A. A. & Scheetz, J. P. (2003) Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant site development: a clinical and histologic study in humans. *Journal of Periodontology* **74**, 990-999.
- Jahangiri, L., Devlin, H., Ting, K. & Nishimura, I. (1998) Current perspectives in residual ridge remodeling and its clinical implications: a review. *Journal of Prosthetic Dentistry* **80**, 224-237.
- Johnson, K. (1969) A study of the dimensional changes occurring in the maxilla following tooth extraction. *Australian Dental Journal* **14**, 241-244.
- Jung, R. E., Siegenthaler, D. W. & Hämmerle, H. (2004) Postextraction tissue management: a soft tissue punch technique. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* **24**, 545-553.
- Kanayama, M., Kuboki, T., Akiyama, K., Nawachi, K., Miyauchi, F. M., Yatani, H., Kubota, S., Nakanishi, T. & Takigawa, M. (2003) Connective tissue growth factor expressed in rat alveolar bone regeneration sites after tooth extraction. *Archives of Oral Biology* **48**, 723-730.
- Kingsmill, V. J. (1999) Post-extraction remodeling of the adult mandible. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* **10**, 384-404.
- Kuboki, Y., Hashimoto, F. & Ishibashi, K. (1988) Time-dependent changes of collagen crosslinks in the socket after tooth extraction in rabbits. *Journal of Dental Research* **67**, 944-948.
- Lam, R.V. (1960) Contour changes of the alveolar processes following extractions. *Journal of Prosthetic Dentistry* **10**, 25-32.
- Lekovic, V., Camargo, P. M., Klokkevold, P. R., Weinlaender, M., Kenney, E. B., Dimitrijevic, B. & Nedic, M. (1998) Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *Journal of Periodontology* **69**, 1044-1049.
- Lekovic, V., Kenney, E. B., Weinlaender, M., Han, T., Klokkevold, P., Nedic, M. & Orsini, M. (1997) A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction. Report of 10 cases. *Journal of Periodontology* **68**, 563-570.
- Lin, W. L., McCulloch, C. A. & Cho, M. I. (1994) Differentiation of periodontal ligament fibroblasts into osteoblasts during socket healing after tooth extraction in the rat. *Anatomical Records* **1240**, 492-506.
- Luczyszyn, S. M., Papalexiou, V., Novaes, A. B. Jr., Grisi, M. F., Souza, S. L. & Taba, M. Jr. (2005) Acellular dermal matrix and hydroxyapatite in prevention of ridge deformities after tooth extraction. *Implant Dentistry* **2005** **14**, 176-84.
- Mardas, N., Chadha, V. & Donos, N. (2010) Alveolar ridge preservation with guided bone regeneration and a synthetic bone substitute or a bovine-derived xenograft: a randomized, controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research* **21**, 688-698.
- Mardas, N., Kostopoulos, L. & Karring, T. (2002) Bone

- and suture regeneration in calvarial defects by e-PTFE membranes and demineralized bone matrix and the impact on calvarial growth: an experimental study in the rat. *Journal of Craniofacial Surgery* **13**, 453-462.
- Marks, S. C. & Schroeder, H. E. (1996) Tooth eruption: theories and facts. *Anatomical Records* **245**, 374-93.
- Neiva, R. F., Tsao, Y. P., Eber, R., Shotwell, J., Billy, E. & Wang, H. L. (2008) Effects of a putty-form hydroxyapatite matrix combined with the synthetic cell-binding peptide P-15 on alveolar ridge preservation. *Journal of Periodontology* **79**, 291-299.
- Nemcovsky, C. E. & Serfaty, V. (1996) Alveolar ridge preservation following extraction of maxillary anterior teeth. Report on 23 consecutive cases. *Journal of Periodontology* **67**, 390-395.
- Nevins, M., Camelo, M., De, P. S., Friedland, B., Schenk, R. K., Parma-Benfenati, S., Simion, M., Tinti, C. & Wagenberg, B. (2006) A study of the fate of the buccal wall of extraction sockets of teeth with prominent roots. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* **26**, 19-29.
- Norton, M. R., Odell, E. W., Thompson, I. D. & Cook, R. J. (2003) Efficacy of bovine bone mineral for alveolar augmentation: a human histologic study. *Clinical Oral Implants Research* **14**, 775-783.
- Norton, M. R. & Wilson, J. (2002) Dental implants placed in extraction sites implanted with bioactive glass: human histology and clinical outcome. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **17**, 249-259.
- Pietrokovski J, Massler M. (1967) Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *Journal of Prosthetic Dentistry* **17**, 21-7.
- Pinho, M. N., Roriz, V. L., Novaes, A. B., Jr., Taba, M., Jr., Grisi, M. F., de Souza, S. L. & Palioto, D. B. (2006) Titanium membranes in prevention of alveolar collapse after tooth extraction. *Implant Dentistry* **15**, 53-61.
- Quinn, J. H. & Kent, J. N. (1984) Alveolar ridge maintenance with solid nonporous hydroxyapatite root implants. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* **58**: 511-521.
- Retzepi, M. & Donos N. (2010) Guided bone regeneration: biological principle and therapeutic applications. *Clinical Oral Implants Research* **21**, 567-576.
- Sato, H. & Takeda, Y. (2007) Proliferative activity, apoptosis, and histogenesis in the early stages of rat tooth extraction wound healing. *Cells, Tissues, Organs* **186**, 104-111.
- Schenk, R. K., Buser, D., Hardwick, W. R. & Dahlin, C. (1994) Healing pattern in membrane protected defects: a histological study in the canine mandible. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **9**, 13-29.
- Schropp, L., Wenzel, A., Kostopoulos, L. & Karring, T. (2003) Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* **23**, 313-323.
- Schwarz, F., Wieland, M., Schwartz, Z., Zhao, G., Rupp, F., Geisgerstorfer, J., Schedle, A., Broggin, N., Bornstein, M. M., Buser, D., Ferguson, S. J., Becker, J., Boyan, B. D. & Cochran, D. L. (2009) Potential of chemically modified hydrophilic surface characteristics to support tissue integration of titanium dental implants. *Journal of Biomedical Material Research. Part B, Applied Biomaterials*. **88**, 544-557.
- Sclar A. G. (2004) Strategies for management of single-tooth extraction sites in aesthetic implant therapy. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **62** (Suppl. 2), 90-105.
- Serino, G., Rao, W., Iezzi, G. & Piattelli, A. (2008) Polylactide and polyglycolide sponge used in human extraction sockets: bone formation following 3 months after its application. *Clinical Oral Implants Research*. **19**, 26-31.
- Serino, G., Biancu, S., Iezzi, G. & Piattelli, A. (2003). Ridge preservation following tooth extraction using a polylactide and polyglycolide sponge as space filler: a clinical and histological study in humans. *Clinical Oral Implants Research* **14**, 651-668.
- Tallgren A. (1969) Positional changes of complete dentures. A 7-year longitudinal study. *Acta Odontologica Scandinavica* **27**, 539-561.
- Torabinejad, M., Anderson, P., Bader, J., Brown, L. J., Chen, L. H., Goodacre, C. J., Kattadiyil, M. T., Kutsenko, D., Lozada, J., Patel, R., Petersen, F., Puterman, I. & White, S. N. (2007) Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry* **98**, 285-311.
- Trombelli, L., Farina, R., Marzola, A., Bozzi, L., Liljenberg, B. & Lindhe, J. (2008) Modeling and remodeling of human extraction sockets. *Journal of Clinical Periodontology* **35**, 630-639.
- Van der Weijden, F., Dell'Acqua, F. & Slot, D. E. (2009) Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *Journal of Clinical Periodontology* **36**, 1048-1058.
- Vance, G. S., Greenwell, H., Miller, R. L., Hill, M., Johnston, H. & Scheetz, J. P. (2004) Comparison of an allograft in an experimental putty carrier and a bovine-derived xenograft used in ridge preservation: a clinical and histologic study in humans. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **19**, 491-497.
- Vercellotti T. (2004) Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatologica*. **53**, 5-20.
- Watt, D. M. & Likeman, P. R. (1974) Morphological changes in the denture bearing area following the extraction of maxillary teeth. *British Dental Journal* **136**, 225-235.
- Yilmaz, S., Efeoglu, E. & Kilic, A. R. (1998) Alveolar ridge reconstruction and/or preservation using root form bioglass cones. *Journal of Clinical Periodontology* **25**, 832-839.
- Zubillaga, G., Von, H. S., Simon, B. I. & Deasy, M. J. (2003) Changes in alveolar bone height and width following post-extraction ridge augmentation using a fixed bioabsorbable membrane and demineralized freeze-dried bone osteoinductive graft. *Journal of Periodontology* **74**, 965-975.

**Επικοινωνία:** Νίκος Μάρδας, Μονάδα Περιοδοντολογίας, UCL Οδοντιατρικό Ινστιτούτο Eastman, 256 Gray's Inn Road, Λονδίνο WC1X8LD, Ηνωμένο Βασίλειο, Τηλ: +44(20) 7915 2379, Fax: +44(20) 7915 1137, e-mail: n.mardas@eastman.ucl.ac.uk

**Correspondence:** Dr. Nikos Mardas, Periodontology Unit, UCL Eastman Dental Institute, 256 Gray's Inn Road, London, WC1X8LD, United Kingdom, Tel: +44(20) 7915 2379, Fax: +44(20) 7915 1137, e-mail: n.mardas@eastman.ucl.ac.uk