

Τα μίνι-εμφυτεύματα αποτελούν ορόσημο στη σύγχρονη κλινική Ορθοδοντική: βιβλιογραφική ανασκόπηση και παρουσίαση περιστατικών

Καζανόπουλος Ν.^{*}, Ξανθάκης Ι.^{*}, Σώτηρα Μ.^{*}, Κωνσταντώνης Δ.^{**}

^{*} Φοιτητής Οδοντιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

^{**} Ορθοδοντικός, MS, PhD, Επιστημονικός Συνεργάτης Εργαστηρίου Ορθοδοντικής, Οδοντιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ, Επιστημονικός Συνεργάτης - Ερευνητής Κλινικής Ορθοδοντικής και Παιδοδοντιατρικής Πανεπιστημίου Ζυρίχης, Ελβετία

Εργαστήριο Ορθοδοντικής, Οδοντιατρική Σχολή ΕΚΠΑ, Θηβών 2, 11527 Αθήνα

Τα μίνι-εμφυτεύματα είναι ορθοδοντικοί μηχανισμοί οι οποίοι τοποθετούνται στο φατνιακό οστό με σκοπό την ενίσχυση της ορθοδοντικής στήριξης για τη διόρθωση διάφορων συγκλειακών ή άλλων ορθοδοντικών προβλημάτων. Ταξινομούνται ανάλογα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και τη χρήση τους σε μίνι-εμφυτεύματα, μίνι-βίδες στήριξης, υπερώια εμφυτεύματα και μίνι-πλάκες. Τα τελευταία χρόνια η εφαρμογή τους έχει αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμη για τους κλινικούς διότι μπορούν να πραγματοποιήσουν θεραπείες ορθοδοντικών ανωμαλιών στο προσθιοπίσθιο, κατακόρυφο και εγκάρσιο επίπεδο, διορθώσεις οδοντοσκελετικών ασυμμετριών ενώ συχνή πλέον είναι η χρήση τους σε περιστατικά που απαιτείται προ-προσθετική ορθοδοντική θεραπεία. Παρ' όλα αυτά στα μίνι-εμφυτεύματα παρατηρούνται επιπλοκές τόσο κατά την τοποθέτησή τους όσο και κατά τη διάρκεια παραμονής τους στο στόμα που οδηγούν πολλές φορές ακόμα και στην αποτυχία τους. Για το λόγο αυτό, κρίνεται αναγκαία η κατανόηση των παραγόντων που συμβάλουν στην επιτυχία των μίνι-εμφυτευμάτων. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να σχετίζονται με τον ασθενή, με τα χαρακτηριστικά του ίδιου του εμφυτεύματος ή με τη διαδικασία τοποθέτησης.

Λέξεις ευρετηρίου: Μίνι-εμφυτεύματα, μίνι-βίδες στήριξης, υπερώια εμφυτεύματα, μίνι-πλάκες, ορθοδοντική στήριξη, παράγοντες επιτυχίας μίνι-εμφυτευμάτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο ορθοδοντική στήριξη περιγράφουμε την αντίσταση σε ανεπιθύμητες οδοντικές μετακινήσεις. Η ορθοδοντική στήριξη αποτελεί καθοριστική παράμετρο για την επιτυχή αντιμετώπιση οδοντικών και σκελετικών ανωμαλιών.^{(1) (2)} Απόλυτη ή μέγιστη στήριξη ορίζεται η πλήρης αντίσταση των οδοντικών στηρικτικών μονάδων στη μετακίνηση που ενδέχεται να προκύψει κατά την άσκηση ορθοδοντικών δυνάμεων. Τέτοιου είδους στήριξη μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ειδικών ορθοδοντικών συσκευών,

αγκυλωμένων δοντιών ή πρόσφατα με την τοποθέτηση μίνι-εμφυτευμάτων τα οποία εδράζονται αμετακίνητα στο φατνιακό οστό.⁽¹⁾

Στο παρελθόν η ορθοδοντική στήριξη επιτυχανόταν με εξωστοματικές (εξωστοματικό τόξο) καθώς και με ενδοστοματικές συσκευές (υπερώια δοκός, μηχανισμός τετραπλής έλικας, μηχανήμα στήριξης τύπου Nance κ.ά.) (Εικόνα 1). Η αποτελεσματικότητα των συσκευών αυτών περιορίζεται από διάφορους παράγοντες όπως η ανάγκη συνεργασίας του ασθενή, τα περιοδοντικά προβλήματα, η έλλειψη απαραίτητων οδοντικών μονάδων στήριξης, οι αλλεργίες, οι

Temporary anchorage devices as a milestone in contemporary orthodontics: bibliographic review and presentation of clinical cases

Kazanopoulos N.* , Xanthakis I.* , Sotira M.* , Konstantonis D.**

* Student, Dental School, National and Kapodistrian University of Athens, Greece.

** Orthodontist, MS, PhD, Research Scientist Department of Orthodontics, Dental School, National and Kapodistrian University of Athens, Greece and Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, University of Zurich, Switzerland

Mini-implants are orthodontic devices that are placed in the alveolar bone in order to reinforce anchorage needed for the correction of various orthodontic problems. According to the morphological characteristics and their use, they are classified into mini-implants, mini-screws, palatal-implants and mini-plates. Their application in recent years has proven to be very useful for clinicians where orthodontic treatment of anterior-posterior, vertical and transverse anomalies is required. Additionally, they are utilized as a valuable aid in the correction of dental and skeletal asymmetries and also in cases with interdisciplinary treatment needs. However, complications occur either upon intraoral placement or during the course of orthodontic treatment and often lead to their failure. Still, the knowledge of the factors that may increase the success rate of the mini-implants is considered of outmost importance. These factors include those relating to the patient, the implant morphology and also the placement procedure.

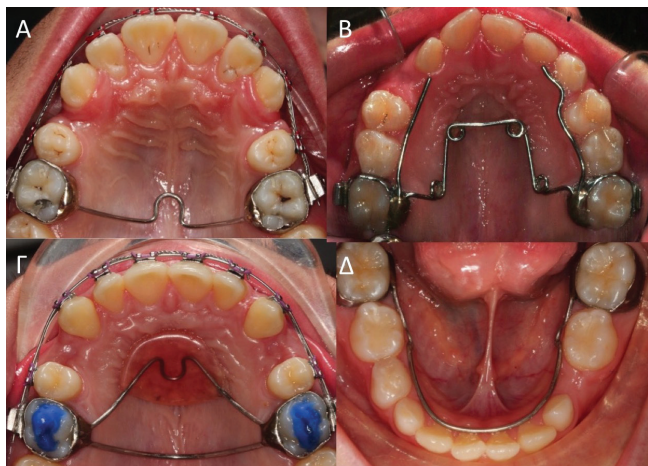
Keywords: Temporary anchorage devices, TADs, mini-implants, mini-screws, palatal implants, mini-plates, orthodontic anchorage, mini-implants success factors

ιατρογενείς τραυματισμοί αλλά και οι αναπόφευκτες (αντιδραστικές) μετακινήσεις των δοντιών.⁽³⁾

Οι συσκευές σκελετικής στήριξης έρχονται να δώσουν λύσεις στα προαναφερθέντα προβλήματα καθώς δεν απαιτούν τη συνεργασία του ασθενούς, ελαχιστοποιούν το μετεγχειρητικό πόνο και το οίδημα εξαιτίας της λιγότερο επεμβατικής τεχνικής, τοποθετούνται και αφαιρούνται ευκολότερα, έχουν χαμηλό κόστος και συνολικά σημειώνουν υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης.^{(4) (5)}

Η πρώτη βιβλιογραφική αναφορά εφαρμογής ορθodontικής δύναμης με τη βοήθεια συσκευών σκελετικής στήριξης έγινε το 1945 από τους Gainsforth και Higley σε σκύλους όπου χρησιμοποιήθηκαν οστικοί κοχλίες βιταλλίου και ορθodontικά σύρματα στην κάτω γνάθο χωρίς όμως επιτυχία.⁽⁶⁾ Η πρώτη εφαρμογή τους σε ανθρώπους σημειώνεται το 1983 από τους Creekmore και Eklund που τοποθέτησαν κοχλίες βιταλλίου στην πρόσθια ρινική άκανθα

ασθενή με τραυματογόνο βαθειά δήξη αποσκοπώντας στην εμβύθιση των άνω τομέων.⁽⁸⁾ Παρά τα εντυπωσιακά κλινικά αποτελέσματα τα μίνι-εμφυτεύματα δεν έτυχαν ευρείας αποδοχής λόγω της ελλιπούς κατανόησης των βιολογικών τους μηχανισμών. Το 1977 ο Kanomi δημοσίευσε επιτυχές περιστατικό τοποθέτησης μίνι-βιδών στήριξης (διαμέτρου 1,2 χιλ. και μήκος 6 χιλ.) για την εμβύθιση των κάτω τομέων κατά 6 χιλ. και ανέφερε ότι δεν παρατηρήθηκε απορρόφηση ρίζας ή κάποιο παθολογικό περιοδοντικό εύρημα.⁽⁷⁾ Αργότερα, το 1999 ο Park παρουσίασε ένα περιστατικό τοποθέτησης μίνι-βιδών στήριξης σε χειρουργικό στάδιο ορθodontικής θεραπείας προκαλώντας έντονο ενδιαφέρον για τη χρήση των μίνι-εμφυτευμάτων ως μέσο σκελετικής στήριξης λόγω των ελάχιστων ανατομικών περιορισμών τους, της εύκολης τοποθέτησής τους και των ποικίλων εφαρμογών τους.⁽⁷⁾ Η εξέλιξη των μίνι-εμφυτευμάτων τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει τα δεδομένα στην καθημε-



Εικόνα 1: Ενδοστοματικές συσκευές στήριξης. Α: Υπερώια δοκός, Β: Μηχανισμός τετραπλής έλίκας, Γ: Μηχάνημα στήριξης τύπου Nance, Δ: Γλωσσικό τόξο

ρινή ορθοδοντική πράξη. Εργασίες που αποτελούν μέρος της καθημερινής ορθοδοντικής πράξης όπως μετακινήσεις έκτοπων δοντιών, εγγύς ή άπω μετακινήσεις οπισθίων δοντιών, κλείσιμο διαστημάτων και διόρθωση της μέσης γραμμής μπορούν να πραγματοποιηθούν με μεγαλύτερη ευκολία σε σύγκριση με τη συμβατική ορθοδοντική θεραπεία. Επιπλέον, τα μίνι-εμφυτεύματα δίνουν τη δυνατότητα στους κλινικούς να ολοκληρώνουν πιο απαιτητικές ορθοδοντικές θεραπείες όπως ανατολή εγκλείστων γομφίων, εμφύσηση άνω και κάτω γομφίων, ορθοπεδικές διορθώσεις καθώς και διόρθωση της κλίσης του μαστικού επιπέδου.

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι η συγκέντρωση βιβλιογραφικών αναφορών σχετικά με την ταξινόμηση των εμφυτευμάτων, τις κλινικές τους εφαρμογές, τους παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία τους αλλά και τις πιθανές επιπλοκές κατά την τοποθέτησή τους. Επίσης θα παρουσιαστούν ενδιαφέροντα κλινικά περιστατικά στα οποία χρησιμοποιήθηκαν ορθοδοντικά μίνι-εμφυτεύματα.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τη βιβλιογραφική ανασκόπηση χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρονική βάση δεδομένων Medline (PubMed) και το αρχείο των περιοδικών American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (AJODO), European Journal of Orthodontics (EJO), Angle Orthodontist με χρονική αρχή το 2003. Οι λέξεις κλειδιά ήταν: mini-implants, mini-screws, TADs in orthodontics, temporary orthodontic anchorage devices. Χρησιμοποιήθηκαν μόνο άρθρα γραμμένα στην

αγγλική γλώσσα.

Δεν έγινε συστηματική εκτίμηση της ποιότητας των μελετών και βαθμολόγηση τους σύμφωνα με κάποιο επίσημο σύστημα τεκμηρίωσης, δεδομένου ότι αυτό δεν συμπεριλαμβανόταν στους σκοπούς της παρούσας ανασκόπησης.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Τα τελευταία χρόνια νέοι τύποι συσκευών προσωρινής σκελετικής στήριξης έχουν εισαχθεί στην ορθοδοντική πράξη προσφέροντας πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές ορθοδοντικές τεχνικές. Μερικά από αυτά είναι το μικρότερο μέγεθός τους σε διάμετρο και μήκος, η διατήρηση της ακεραιότητας των γειτονικών ανατομικών δομών, η ευκολία στην τοποθέτηση και στην αφαίρεσή τους καθώς και το χαμηλότερο κόστος.^{(9) (10)} Οι συσκευές προσωρινής σκελετικής στήριξης (Temporary anchorage devices: TADs) μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

1. Μίνι-εμφυτεύματα (Mini-implants)
2. Μίνι-βίδες στήριξης (Mini-screws)
3. Μίνι-πλάκες στήριξης (Mini-plates)
4. Μίνι-υπερώια εμφυτεύματα (Palatal implants)

1. Τα μίνι-εμφυτεύματα προέρχονται από τα κλασικά ενδοστικά εμφυτεύματα. Έχουν κωνικό σχήμα και αποτελούνται από μία κεφαλή που αναδύεται από το βλεννογόνο και επιτρέπει τη σύνδεση με ορθοδοντικές συσκευές, ένα λείο διαβλεννογόνο αυχένα και ένα ενδοστικό σπειρωτό σώμα με μεγάλη ποικιλία ως προς το σχεδιασμό των σπειρών και το σχήμα του σώματος. Η επιφάνειά τους είναι γενικά λεία ώστε να αποτρέπεται η οστεοενσωμάτωσή τους η οποία δεν είναι επιθυμητή σε αυτού του είδους τις προσωρινές συσκευές στήριξης. Το υλικό κατασκευής τους αποτελείται από ιατρικό κράμα τιτανίου τύπου Ti6Al4V ή σπανιότερα από χειρουργικό ανοξείδωτο ατσάλι. Το κράμα Ti6Al4V περιέχει τιτάνιο, βανάδιο, αλουμίνιο και οξυγόνο.⁽¹¹⁾ Τέλος, μεγάλη ποικιλία παρατηρείται στο μέγεθος και στη διάμετρο ανάμεσα στις εταιρείες παραγωγής μίνι-εμφυτευμάτων.⁽¹⁰⁾ (Εικόνα 2)

2. Οι μίνι-βίδες στήριξης είναι κατασκευασμένες από τιτάνιο και ειδικά σχεδιασμένες για ορθοδοντική στήριξη. Ο σχεδιασμός τους είναι παρόμοιος με αυτόν των μίνι-εμφυτευμάτων αλλά συνήθως είναι μικρότερες (λιγότερο από 2 χιλ. σε διάμετρο) ενώ μερικές φορές είναι περισσότερο κωνικές. Ο ειδικός σχεδιασμός τους επιτρέπει την άμεση τοποθέτηση χωρίς την ανάγκη διάνοιξης προηγούμενης οπής, γεγονός που απλοποιεί τη διαδικασία.^{(9) (10)}

3. Οι μίνι-πλάκες στήριξης οι οποίες χρησιμοποιούνται



Εικόνα 2: Περιγραφή του Μίνι-εμφυτεύματος: Κεφαλή: αναδύεται από το βλεννογόνο και σε αυτή εφαρμόζονται οι ορθοδοντικοί μηχανισμοί. Διαβληνογόνο αυχένas: υπάρχει σε διάφορα μήκη που επιλέγονται ανάλογα με το είδος και το πάχος του βλεννογόνου. Ο αυχένas έχει υποστεί ειδική επεξεργασία στίλβωσης ώστε να αποτρέπεται η φλεγμονή των μαλακών ιστών και να διευκολύνεται η στοματική υγιεινή. Ενδοστικό σπείρωμα: το συγκεκριμένο σπείρωμα διευκολύνει την τοποθέτηση και παρέχει τη μέγιστη δυνατή συγκράτηση αποτρέποντας τη μηχανική καταπόνηση του οστού. (Τροποποιημένη, από Spider Screw by Ortho Technology Inc. Tampa, USA)

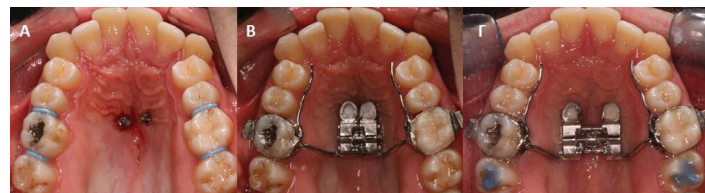
στην ορθοδοντική είναι παρόμοιες με τις γναθοπροσωπικές πλάκες αποτελούμενες από μία βασική πλάκα και βίδες στερέωσης από τιτάνιο. Το σχήμα και το μέγεθός τους μπορεί να διαφέρει ενώ ο αριθμός των βιδών συγκράτησης κυμαίνεται από δύο έως πέντε.⁽¹⁰⁾

4. Τα υπερώια εμφυτεύματα έχουν μικρό μήκος και αδρή επιφάνεια. Χάρη στο μέγεθός τους είναι κατάλληλα για περιοχές με μικρό κατακόρυφο ύψος οστού όπως η υπερώα. Αντίστανται στη μετακίνηση υπό την εφαρμογή ορθοδοντικών δυνάμεων ενώ δύνανται να ενσωματωθούν μεταξύ άλλων σε ακίνητους μηχανισμούς διάνοιξης υπερώας επιτυγχάνοντας την άσκηση της δύναμης όχι στα δόντια αλλά στο εμφύτευμα. (**Εικόνα 3**) Παρ' όλα αυτά, μειονέκτημά τους αποτελεί η ανάγκη προετοιμασίας του υποστρώματος για την εισαγωγή του εμφυτεύματος, η περίοδος επούλωσης πριν την φόρτιση του εμφυτεύματος αλλά και το μεγάλο τραύμα που προκύπτει στην υπερώα κατά την αφαίρεση τους.^{(1) (9) (10) (12)} (**Εικόνα 4**)

Στη συγκεκριμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση θα αναλυθούν οι χρήσεις και τα χαρακτηριστικά των mini-implants και των mini-screws. Με τον όρο «μίνι-εμφυτεύματα» που θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια, εννοούνται και οι δυο παραπάνω όροι εφόσον οι διαφορές τους είναι αμελητέες.

ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΙΝΙ-ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΩΝ

Στη σύγχρονη ορθοδοντική πράξη οι κλινικές εφαρμο-



Εικόνα 3: Υπερώια εμφυτεύματα: Α: Τοποθέτηση υπερώιων εμφυτευμάτων με σκοπό τη διάνοιξη της υπερώας, Β: Τοποθέτηση του μηχανισμού ταχείας διάνοιξης υπερώας, Γ: Επιτυχής διάνοιξη της εξελίκτης του ορθοδοντικού μηχανισμού μετά από επανειλημμένες ενεργοποιήσεις.



Εικόνα 4: Στον ασθενή της εικόνας 3 μετά την απομάκρυνση των υπερώιων εμφυτευμάτων διακρίνεται ο τραυματισμός της υπερώας.

γές των μίνι εμφυτευμάτων μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

1. Διορθώσεις σε προσθιοπίσθιο επίπεδο:

- Σε II τάξη κατά Angle ύστερα από εξαγωγές δύο άνω προγομφίων με σκοπό την προς τα άνω έλξη των άνω προσθίων δοντιών και την παρεμπόδιση της αντιδραστικής μετακίνησης των γομφίων. Η επίτευξη της απόλυτης στήριξης μέσω των μίνι-εμφυτευμάτων μειώνει ακόμα το συνολικό χρόνο θεραπείας.^{(1) (5) (13) (14)} (**Εικόνα 5**)
- Σε ασθενείς με αμφιγναθικό οδοντοφατνιακό προ-οδοντισμό (bimaxillary protrusion) και σοβαρή ανεπάρκεια των χειλέων που απαιτείται μέγιστη στήριξη με σκοπό το κλείσιμο των διαστημάτων των εξαγωγών αποκλειστικά με άνω μετακίνηση των προσθίων οδοντικών τμημάτων. Η θεραπεία περιλαμβάνει συνήθως εξαγωγές των 4 πρώτων προγομφίων.⁽¹³⁾

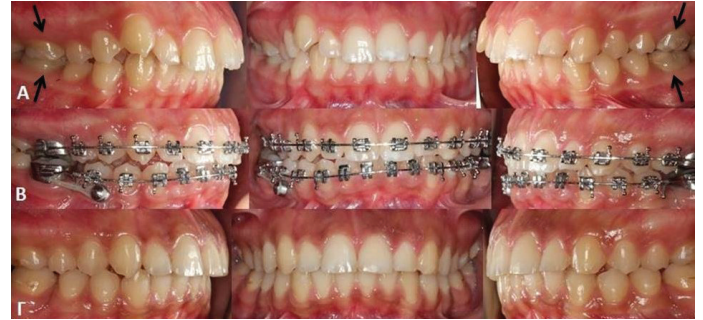


Εικόνα 5: Αγόρι με συγκλειασικό πρόβλημα II τάξης κατά Angle, 1ης κατηγορίας με αυξημένη οριζόντια και κατακόρυφη πρόταση. Α: Αρχική κατάσταση. Β: Μετά τις εξαγωγές των άνω πρώτων προγομφίων ακολούθησε η τοποθέτηση δυο μίνι-εμφυτευμάτων εκατέρωθεν στην περιοχή εγγύς των άνω 1ων γομφίων με σκοπό την προς τα άνω έλξη των προσθίων δοντιών. Γ: Τέλος της ορθοδοντικής θεραπείας και αφαίρεση των μίνι-εμφυτευμάτων και των ακίνητων μηχανισμών. Είναι εμφανής η διόρθωση της οριζόντιας πρόταξης και της βαθειάς δήξης καθώς και η επίτευξη ιδανικής σύγκλεισης χωρίς την απώλεια ορθοδοντικής στήριξης.

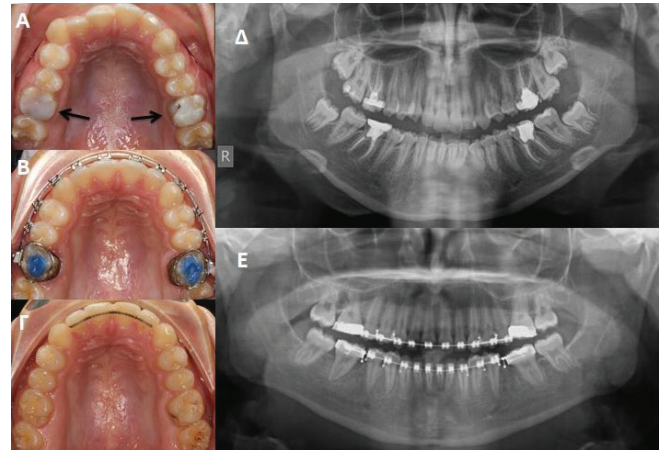
- Σε περιπτώσεις αγενεσίας των άνω πλαγίων τομέων που σχεδιάζεται υποκατάστασή τους από τους κυνόδοντες και ταυτόχρονη εγγύς μετακίνηση των οπισθίων δοντιών.⁽¹³⁾
- Σε περιπτώσεις που απαιτείται ενίσχυση της στήριξης στην πρόσθια περιοχή με σκοπό τη σύγκλειση διαστημάτων με ορθοδοντική μετακίνηση των οπισθίων δοντιών. Οι περιπτώσεις αυτές συνήθως προκύπτουν μετά από εξαγωγές ή αγενεσίες δοντιών.⁽¹³⁾ (Εικόνα 6 και 7)
- Σε ασθενείς II τάξης κατά Angle που επιχειρείται προς τα άνω μετακίνηση των γομφίων με σκοπό την αντιμετώπιση του συνωστισμού και την αποφυγή των εξαγωγών.⁽¹³⁾ (Εικόνα 8)

2. Διορθώσεις σε κατακόρυφο επίπεδο:

- Σε περιστατικά πρόσθιας ανοικτής δήξης με σκοπό την εμβύθιση των άνω ή/και κάτω οπισθίων δοντιών που έχουν υπερεκφυθεί.^{(1) (13)} (Εικόνα 9)
- Για έλεγχο της κάθετης διάστασης μέσω σταθεροποίησης των οπισθίων δοντιών σε ασθενείς με αυξημένη γωνία βάσεως της κάτω γνάθου.⁽¹³⁾ (Εικόνα 10)
- Σε περιπτώσεις ασθενών με βαθειά δήξη και ουλικό χαμόγελο που επιχειρείται εμβύθιση των άνω τομέων.⁽¹³⁾ (Εικόνα 11)
- Για εμβύθιση των κάτω τομέων σε ασθενείς με βαθειά δήξη και αυξημένη καμπύλη του Spee.⁽¹³⁾



Εικόνα 6: Γυναίκα ασθενής με συγκλειασικό πρόβλημα II τάξης κατά Angle, 1ης κατηγορίας. Αντί των υγίων προγομφίων επιλέχθηκε να εξαχθούν οι τέσσερις 1οι γομφίοι λόγω των εκτεταμένων αποκαταστάσεων και ενδοδοντικών θεραπειών. Με τα βέλη υποδεικνύονται οι 1οι γομφίοι που επιλέχθηκαν να εξαχθούν. Α: Αρχική κατάσταση. Β: Ενδιάμεση κατάσταση μετά την εξαγωγή των τεσσάρων 1ων γομφίων και την τοποθέτηση μίνι-εμφυτευμάτων. Με τη χρήση των μίνι-εμφυτευμάτων επιδιώχθηκε επιπρόσθετη στήριξη με σκοπό την έλξη των οπισθίων δοντιών προς τα εγγύς. Συγκεκριμένα το σχέδιο θεραπείας περιλάμβανε τη μετακίνηση των 2ων γομφίων στη θέση των 1ων και τη μετακίνηση των έγκλειστων 3ων στη θέση των 2ων γομφίων. Γ: Τελική κατάσταση όπου διακρίνεται η επιτυχής έκβαση της θεραπείας μετά την απομάκρυνση των εμφυτευμάτων και των ακίνητων μηχανισμών.



Εικόνα 7: Κλινική και ακτινογραφική εικόνα της ασθενούς της εικόνας 6. Α: Αρχική κατάσταση της άνω γνάθου σε μαστική όψη. Με τα βέλη υποδεικνύονται οι 1οι γομφίοι που επιλέχθηκαν να εξαχθούν. Β: Ενδιάμεση κατάσταση μετά τις εξαγωγές των 1ων γομφίων και το κλείσιμο των διαστημάτων των εξαγωγών. Γ: Τελική κατάσταση. Δ: Αρχική ακτινογραφική εικόνα. Ε: Ενδιάμεση ακτινογραφική εικόνα μετά τις εξαγωγές.



Εικόνα 8: Γυναίκα ασθενής με συγκλειατικό πρόβλημα II τάξης κατά Angle, 1ης κατηγορίας με αυξημένη κατακόρυφη και οριζόντια πρόταση. Οι άνω αριστερά 2ος και 3ος γομφίος έχουν εξαχθεί. Α: Αρχική κατάσταση Β: Ενδιάμεση κατάσταση μετά την τοποθέτηση μίνι-εμφυτεύματος στο αριστερό ημιμόριο στην περιοχή άπω του 1ου γομφίου με σκοπό την έλξη όλων των δοντιών του άνω αριστερού ημιμρίου προς τα άπω. Στο αριστερό ημιμόριο χάρη στη χρήση του μίνι-εμφυτεύματος αποφεύχθηκε η εξαγωγή του 1ου προγομφίου. Αντίθετα, στο δεξί άνω ημιμόριο έγινε εξαγωγή του 14. Με το βέλος υποδεικνύεται το εξαχθέν δόντι. Γ: Τελική κατάσταση μετά την αφαίρεση του μίνι-εμφυτεύματος και των ακίνητων μηχανισμών. Είναι εμφανής η διόρθωση της βαθιάς δήξης και της οριζόντιας πρόταξης καθώς και η επίτευξη 1ης τάξης κατά Angle κυνοδόντων.



Εικόνα 9: Γυναίκα ασθενής με συγκλειατικό πρόβλημα II τάξης κατά Angle, 1ης κατηγορίας και πρόσθια ανοιχτή δήξη. Στο σχέδιο θεραπείας συμπεριλήφθηκε η εξαγωγή των τεσσάρων 1ων γομφίων και η τοποθέτηση μίνι-εμφυτευμάτων. Α: Αρχική κατάσταση μετά την εξαγωγή των τεσσάρων πρώτων γομφίων. Β: Στην ασθενή τοποθετήθηκαν τέσσερα μίνι-εμφυτεύματα εκατέρωθεν στην άνω και στην κάτω γνάθο στην περιοχή των γομφίων. Με τη χρήση τους πραγματοποιήθηκε εμβύθιση των γομφίων με σκοπό τη διόρθωση της χασμοδοντίας. Παρατηρείται η σταδιακή διόρθωση της ανοιχτής δήξης. Γ: Φωτογραφία προόδου της ασθενούς όπου διακρίνεται και η προσπάθεια εμβύθισης των δεύτερων προγομφίων. Δ: Φωτογραφία προόδου όπου διακρίνεται η σύγκλιση των διαστημάτων των εξαγωγών καθώς και η επίτευξη ιδανικής κατακόρυφης πρόταξης.



Εικόνα 10: Γυναίκα ασθενής με συγκλειατικό πρόβλημα I τάξης κατά Angle, πρόσθια ανοιχτή δήξη και διάστημα μεταξύ των άνω κεντρικών τομέων. Α: Αρχική κατάσταση. Β: Στην ασθενή τοποθετήθηκαν δυο μίνι-εμφυτεύματα εκατέρωθεν στην άνω γνάθο στην περιοχή των γομφίων. Με τη χρήση τους πραγματοποιήθηκε εμβύθιση των γομφίων άνω με σκοπό τη διόρθωση της χασμοδοντίας. Γ: Φωτογραφία προόδου της ασθενούς που παρατηρείται διόρθωση της ανοιχτής δήξης και κλείσιμο του διαστήματος των κεντρικών.

- Για διορθώσεις κλίσης του μασπτικού επιπέδου.⁽¹³⁾ (Εικόνα 12 και 13)
- Για ορθοδοντική ανατολή εγκλείστων δοντιών.^{(12) (13)}

3. Διορθώσεις σε εγκάρσιο επίπεδο:

- Ορθοπεδική διάνοξη υπερώας αποφεύγοντας αποκλίσεις των οπισθίων δοντιών που συνήθως παρατηρούνται στις συμβατικές τεχνικές.^{(9) (12) (13)} (Εικόνα 3)
- Διόρθωση μονόπλευρων σταυροειδών συγκλείσεων με σκοπό τη απόκλιση υπεύθυνων δοντιών.⁽⁹⁾

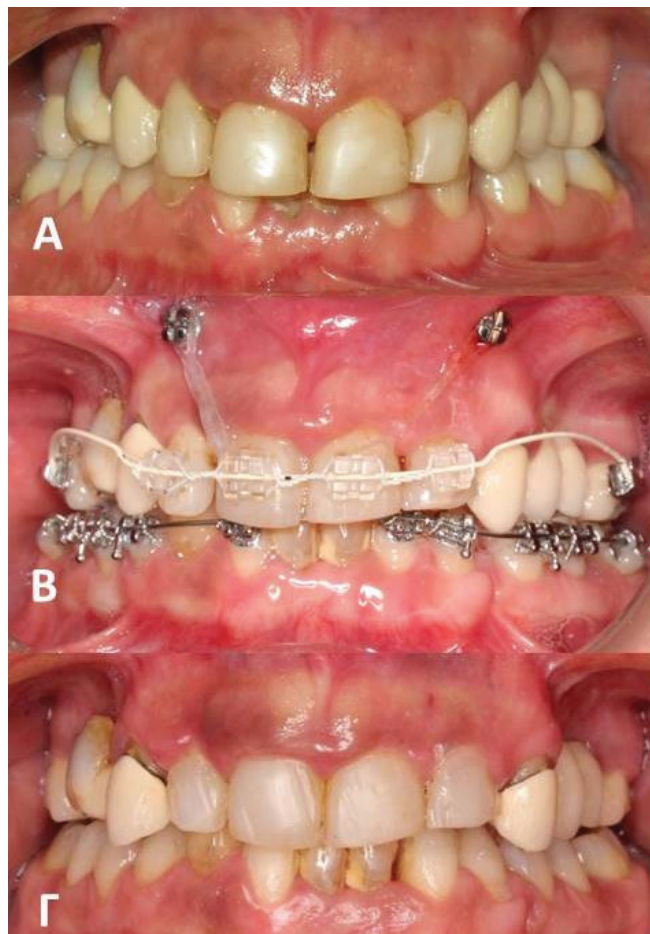
4. Διορθώσεις ασυμμετριών ή υπεραποκλίσεων κάτω γνάθου με συνδυασμό ή χωρίς ορθογναθικού χειρουργείου.⁽¹⁵⁾

5. Προπροσθετική ορθοδοντική σε περιπτώσεις ανόρθωσης γομφίων, διαχείρισης χώρου και εμβύθισης μεμονωμένων δοντιών σε ασθενείς με υπερεκφυμένους ανταγωνιστές.^{(1) (13)}

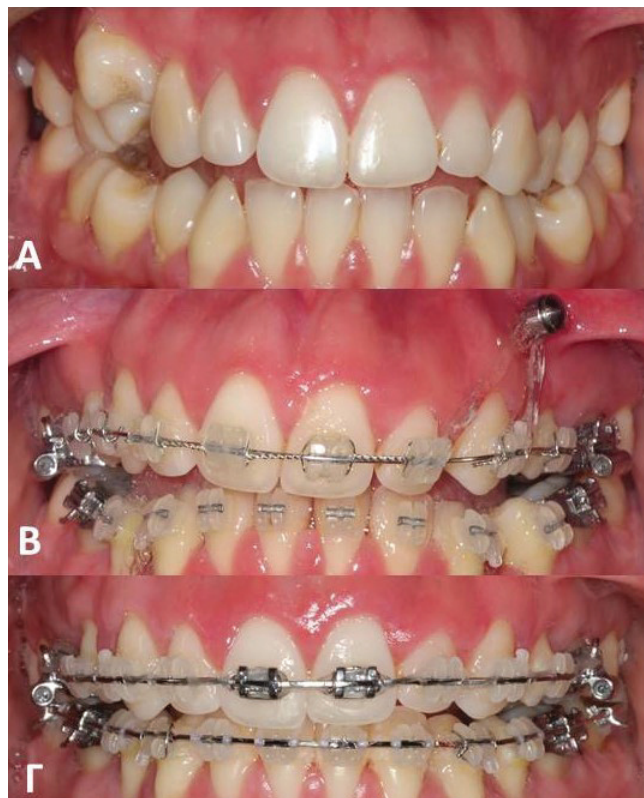
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ

Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση των μίνι-εμφυτευμάτων στην ορθοδοντική έχει δημιουργήσει την ανάγκη διερεύνησης των παραγόντων που συντελούν στην επιτυχημένη εφαρμογή τους. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

1. Παράγοντες που σχετίζονται με τον ασθενή
2. Παράγοντες που σχετίζονται με τα εμφυτεύματα



Εικόνα 11: Γυναίκα ασθενής με αυξημένη κατακόρυφη πρόταξη και ουλικό χαμόγελο. Α: Αρχική κατάσταση. Β: Στην ασθενή τοποθετήθηκαν δυο μίνι-εμφυτεύματα εκατέρωθεν στην άνω γνάθο στην περιοχή των πλάγιων τομέων. Με τη χρήση τους επιχειρήθηκε εμβύθιση των δυο κεντρικών τομέων ώστε να βελτιωθεί η όψη του ουλικού χαμόγελου. Γ: Φωτογραφία ασθενούς μετά την αφαίρεση των δυο μίνι-εμφυτευμάτων και των ακίνητων μηχανισμών. Παρατηρείται η βελτίωση της κατακόρυφης πρόταξης. Μετά το πέρας της θεραπείας η ασθενής θα παραπεμφθεί στον οδοντίατρο της για ολοκλήρωση των προσθετικών αποκαταστάσεων.



Εικόνα 12: Γυναίκα ασθενής με έντονη απόκλιση του μαστικού επιπέδου. Α: Αρχική κατάσταση. Β: Τοποθέτηση του μίνι-εμφυτεύματος στο άνω αριστερό ημιμόριο στην περιοχή του κυνόδοντα με σκοπό την εμβύθιση της σύστοιχης πλευράς. Γ: Διόρθωση της απόκλισης του αριστερού ημιμορίου.



Εικόνα 13: Το χαμόγελο της ασθενούς της εικόνας 12 στις τρεις διαφορετικές φάσεις της θεραπείας. Παρατηρείται η διόρθωση της απόκλισης του μαστικού επιπέδου.

3. Παράγοντες που σχετίζονται με τη διαδικασία τοποθέτησης

Παράγοντες που σχετίζονται με τον ασθενή:

Ηλικία: Στη βιβλιογραφία διερευνάται η συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας του ασθενή και των ποσοστών επιτυχίας. Στις περισσότερες έρευνες δεν αποδείχθηκε στατιστικά σημαντική αυτή η σχέση ^{(2) (10) (15-22)}, ενώ μόνο μία υποστήριξε ότι οι έφηβοι αποτελούν ομάδα υψηλού κινδύνου για αποτυχία. ⁽²³⁾ Μία πιθανή εξήγηση είναι ότι η πυκνότητα

του οστού και το πάχος του συμπαγούς πετάλου είναι μεγαλύτερα στους άνω των 20 ετών ασθενείς και επομένως επιτυγχάνεται καλύτερη συγκράτηση του εμφυτεύματος. ^{(2) (10)}

Φύλο: Σχετικά με το φύλο καμία έρευνα δεν απέδειξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ^{(2) (10) (15,16,17,18) (20,21,22,23,24)} με την επιτυχία του εμφυτεύματος αν και σε μία μελέτη οι γυναίκες φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας. ⁽¹⁷⁾

Είδος βλεννογόνου: Το είδος του βλεννογόνου στο σημείο τοποθέτησης του εμφυτεύματος έχει επίδραση στη

σταθερότητα και συνεπώς στην επιτυχία του. Τα συνηθέστερα σημεία τοποθέτησης είναι τα προσπεφυκτά ούλα, η ουλοβλεννογονία ένωση και ο κινητός βλεννογόνας. Οι δυο πρώτοι ιστοί είναι κερατινοποιημένοι ενώ ο τελευταίος είναι μη κερατινοποιημένος. Γενικά οι έρευνες έδειξαν ότι οι κερατινοποιημένοι ιστοί ήταν περισσότερο αποτελεσματικοί στη συγκράτηση του εμφυτεύματος, μόνο δύο όμως από αυτές υπέδειξαν το είδος του βλεννογόνου ως στατιστικά σημαντικό παράγοντα επιτυχίας. Μία πιθανή αιτιολογία είναι ότι στο μη κερατινοποιημένο επιθήλιο αυξάνονται οι πιθανότητες φλεγμονής της περιοχής που μπορούν να οδηγήσουν στην αποτυχία του εμφυτεύματος. Επιπλέον, όταν η τοποθέτηση γίνεται στα προσπεφυκτά ούλα μειώνεται η ενόχληση του ασθενούς και η πιθανότητα υπερτροφίας του ιστού.⁽¹⁰⁾

Πάχος και χαρακτηριστικά οστού: Το πάχος και τα χαρακτηριστικά του οστού αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την επιτυχία των εμφυτευμάτων. Οι περισσότερες έρευνες υποστηρίζουν πως όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του οστού που τοποθετείται το εμφύτευμα, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα επιτυχίας.^{(13) (17)} Συγκεκριμένα, έρευνες υποστηρίζουν πως όταν το πάχος του συμπαγούς πετάλου είναι μικρότερο από 1 χιλ. τότε αυξάνεται η πιθανότητα αποτυχίας του εμφυτεύματος.^{(2) (15) (19)} Παράλληλα, έχει αποδειχθεί ότι όσο παχύτερο είναι το συμπαγές οστό τόσο αυξάνεται η πρωταρχική σταθερότητα του εμφυτεύματος, ενώ η δευτερεύουσα μειώνεται. Γενικά, πρωταρχική σταθερότητα ονομάζεται εκείνη που δημιουργείται αμέσως μετά την τοποθέτηση του εμφυτεύματος, ενώ δευτερεύουσα ορίζεται αυτή που οφείλεται στην οστεοενσωμάτωση του εμφυτεύματος και επιτυγχάνεται μετά την περίοδο επούλωσης και κατά το μεγαλύτερο μέρος της φόρτισης.^{(22) (25) (26)} Τέλος, άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ένα παχύτερο πέταλο συμπαγούς οστού δεν εξασφαλίζει πάντα την μακροπρόθεσμη σταθερότητα και στήριξη του εμφυτεύματος.⁽²¹⁾

Περιοχές τοποθέτησης: Οι περισσότερες έρευνες υποστηρίζουν ότι τα ποσοστά επιτυχίας των εμφυτευμάτων είναι υψηλότερα για εκείνα που τοποθετούνται στην άνω παρά στην κάτω γνάθο σε στατιστικά σημαντικό βαθμό.^{(2) (10) (15) (18) (24) (25)} Στις πιθανές εξηγήσεις περιλαμβάνονται οι ανατομικές και ιστολογικές διαφορές ανάμεσα στις δύο γνάθους και συγκεκριμένα:^{(2) (15) (25)}

- η μεγαλύτερη οστική πυκνότητα της κάτω γνάθου στην οποία απαιτείται μεγαλύτερη δύναμη για την τοποθέτηση του εμφυτεύματος
- η υπερθέρμανση του οστού κατά την διάρκεια της τοποθέτησης που είναι μεγαλύτερη στην κάτω γνάθο
- ο σχηματισμός λιγότερου συμπαγούς οστού γύρω

από τα εμφυτεύματα που τοποθετούνται στην κάτω γνάθο

- το στενότερο προστόμιο στην κάτω γνάθο, γεγονός που εμποδίζει τους ασθενείς να καθαρίζουν επαρκώς την περιοχή
- η μεγαλύτερη δυσκολία για την εισαγωγή του εμφυτεύματος στην κάτω γνάθο εξαιτίας των ανατομικών περιοχών που δυσχεραίνουν τη χειρουργική διαδικασία.

Παρ' όλα αυτά ορισμένες έρευνες παρουσίασαν παρόμοια ποσοστά επιτυχίας και για τις δύο γνάθους.^{(16) (27)}

Σχετικά με την πλευρά τοποθέτησης του εμφυτεύματος, αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι τα εμφυτεύματα που τοποθετούνται στην αριστερή πλευρά του στόματος έχουν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας. Το παραπάνω αποτέλεσμα αποδείχθηκε στατιστικά σημαντικό από τους περισσότερους ερευνητές. Αυτό ίσως οφείλεται στην προτίμηση των ασθενών να μασούν από τη δεξιά πλευρά και στην αποτελεσματικότερη στοματική υγιεινή της αριστερής πλευράς για τους δεξιόχειρες ασθενείς.^{(2) (12) (10) (18) (22)} Ενδιαφέρον κρίνεται το αποτέλεσμα μιας άλλης έρευνας η οποία εν αντιθέσει με τα παραπάνω υποδεικνύει ως αποτελεσματικότερα τα μίνι-εμφυτεύματα της δεξιάς πλευράς, γιατί παρέχεται μεγαλύτερη ευχέρεια κινήσεων για τους δεξιόχειρες χειρουργούς.⁽²⁸⁾ Ορισμένες μελέτες, τέλος, εκφράζουν την άποψη ότι δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις δύο πλευρές τοποθέτησης.^{(15) (20) (23) (24)}

Εγγύτητα του μίνι-εμφυτεύματος με τη ρίζα: Η γενική άποψη που επικρατεί από τις περισσότερες έρευνες είναι ότι η εγγύτητα του μίνι-εμφυτεύματος με τη ρίζα επηρεάζει σημαντικά την επιβίωση του. Πολλές αναφορές γίνονται στην έρευνα των Kuroda και συν. οι οποίοι είχαν αποδείξει ότι όταν το εμφύτευμα είναι κοντά στη ρίζα του γειτονικού δοντιού αυξάνονται οι πιθανότητες αποτυχίας του εμφυτεύματος.^{(25) (29)} Ορισμένες ερευνητικές μελέτες υποδεικνύουν τη σχέση αυτή ως στατιστικά σημαντική με πιθανή εξήγηση την αυξημένη μηχανική καταπόνηση του μίνι-εμφυτεύματος.^{(2) (15) (17) (27)} Ωστόσο, μελέτη παρατήρησε ότι παρά τη στατιστικά σημαντική σχέση που υπάρχει μεταξύ αποτυχίας και εγγύτητας ρίζας, εάν η διάμετρος του εμφυτεύματος ξεπερνάει τα 1,6 χιλ., αυτό τείνει να επιβιώσει.⁽²⁷⁾ Παρόλα αυτά, υπάρχει και η αντίθετη άποψη σύμφωνα με την οποία η επαφή μιας επιφάνειας του εμφυτεύματος με τη ρίζα δεν συνεπάγεται αποτυχία καθώς οι υπόλοιπες επιφάνειες που εφάπτονται στο οστό μπορούν να εξασφαλίσουν επαρκή σταθερότητα. Αν όμως οι επιφάνειες επαφής του μίνι-εμφυτεύματος επεκτείνονται σε περισσότερες από μία πλευρές των όμορων ριζών τότε μειώνεται και το ποσοστό επιτυχίας.⁽¹⁰⁾

Ένα ακόμα σημαντικό ζήτημα που προκύπτει είναι να καθοριστεί η περιοχή τοποθέτησης του μίνι-εμφυτεύματος ως προς την εγγύτητα των ριζών. Υπάρχουν περιοχές οι οποίες εξασφαλίζουν επαρκές πάχος οστού και ικανοποιητική απόσταση από τη ρίζα. Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται ως “ασφαλείς” ζώνες για την τοποθέτηση των εμφυτευμάτων. Στην άνω γνάθο προτείνεται η τοποθέτηση στα διαστήματα μεταξύ των δοντιών στο ύψος των προσπεφυκότων ούλων από τον κυνόδοντα μέχρι το δεύτερο γομφίο υπερώια και από τον κυνόδοντα μέχρι τον πρώτο γομφίο παρειικά. Στην κάτω γνάθο αντίστοιχα τα διαστήματα αυτά είναι ανάμεσα στον κυνόδοντα και τον δεύτερο γομφίο. Επιπλέον, έχει βρεθεί ότι όσο ακρορριζικότερα τοποθετείται το εμφύτευμα τόσο μεγαλύτερη σταθερότητα έχει λόγω του παχύτερου και πιο πυκνού συμπαγούς αλλά και σπογγώδους φατνιακού οστού.^{(17) (18) (24) (30)} Τέλος, έρευνες υποστηρίζουν ότι το τραύμα της ρίζας μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να επουλωθεί μετά την αφαίρεση του εμφυτεύματος. Αυτό συμβαίνει καθώς περιορίζεται η φλεγμονή στην περιοχή μετά την απομάκρυνσή του, εμποδίζοντας την περαιτέρω απορρόφηση της ρίζας του δοντιού.^{(2) (15)}

Στοματική υγιεινή και κάπνισμα: Έρευνες έχουν δείξει ότι όταν οι μαλακοί ιστοί γύρω από το εμφύτευμα δεν φλεγμαίνονται αυξάνεται στατιστικά σημαντικά η επιτυχία του εμφυτεύματος.⁽¹⁰⁾ Παρ’ όλα αυτά άλλες έρευνες υποστηρίζουν ότι δεν είναι πιθανό η αποτυχία να οφείλεται σε περιοδοντοπαθογόνα μικρόβια καθώς ο χρόνος παραμονής των εμφυτευμάτων είναι περιορισμένος στο στόμα και άρα όχι επαρκής ώστε να προκληθεί περιεμφυτευματίτιδα.^{(3) (31)} Όσον αφορά στο κάπνισμα, αυτό έχει συσχετιστεί με αυξημένο αριθμό επιπλοκών όπως ουλίτιδα, περιεμφυτευματίτιδα και τελικά απώλεια του εμφυτεύματος.⁽¹⁰⁾

Παράγοντες που σχετίζονται με το εμφύτευμα:

Διάμετρος: Πολλές μελέτες διερευνούν την επίδραση της διαμέτρου του εμφυτεύματος σε σχέση με την επιτυχία του.⁽³²⁾ Η άποψη που φαίνεται επικρατέστερη είναι πως τα μικρότερα σε διάμετρο εμφυτεύματα προσφέρουν καλύτερη πρωταρχική σταθερότητα, μικρότερο τραύμα στους μαλακούς και περιοδοντικούς ιστούς, εξασφαλίζοντας μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας. Αντίθετα, στα εμφυτεύματα μεγάλης διαμέτρου αυξάνεται η μηχανική καταπόνηση επιτείνοντας τις πιθανότητες αποτυχίας.⁽¹¹⁾ Πιο συγκεκριμένα, μελέτη αναδεικνύει ως στατιστικά σημαντική την υπεροχή των εμφυτευμάτων διαμέτρου 1,3χιλ. σε σχέση με εκείνων 2,0 και 2,3χιλ.. Άλλη, κρίνει στατιστικά μεγαλύτερη επιτυχία σε αυτά των 1,3χιλ. συγκριτικά με εκείνα των 1,5χιλ..⁽²⁴⁾ Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν εκείνες που υποστηρίζουν ότι όσο μειώνεται η διάμετρος μειώνεται αντίστοιχα η

Πίνακας 1: Επίδραση της διαμέτρου και του μήκους των μίνι-εμφυτευμάτων στην επιτυχή συγκράτησή τους στο φατνιακό οστό. Οι περισσότερες έρευνες συγκλίνουν ότι τα μίνι-εμφυτεύματα μεγαλύτερης διαμέτρου ή/και μήκους έχουν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας.

ΕΡΕΥΝΕΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)			ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ (mm)
Adriano G. και συν. ⁽¹⁸⁾	1.1	1.6		1.6
Antonio M. και συν. ⁽²⁴⁾	1.3	1.5		1.3
	1.3	2	2.3	
Berens A. και συν. ⁽³⁴⁾	2	2>	2<	2>
Domenico D. και συν. ⁽¹⁰⁾	1.3	1.3>	1.3<	1.3>
Miyavaki S. και συν. ⁽³³⁾	1	1.5	2.3	1.5 και 2.3
ΜΗΚΟΣ (mm)				
Adriano G. και συν. ⁽¹⁸⁾	6	8		8
Antonio M. και συν. ⁽²⁴⁾	8	14		14
Domenico D. και συν. ⁽¹⁰⁾	8	8>	8<	8>

επιτυχία των εμφυτευμάτων και τα ποσοστά επιβίωσης. Οι Miyawaki και συν. σημείωσαν ως στατιστικά σημαντική την επιτυχία εκείνων με διάμετρο 1,5 και 2,3χιλ. έναντι εκείνων με 1χιλ.. Άλλη έρευνα τάσσεται υπέρ της υπεροχής των εμφυτευμάτων με διάμετρο 1,6χιλ. συγκριτικά με εκείνα του 1,1χιλ., ενώ οι Berens και συν. αναφέρουν υψηλότερη επιτυχία για μεγαλύτερης διαμέτρου εμφυτεύματα (2χιλ.) αλλά μόνο στην κάτω γνάθο.^{(7) (18) (24) (33) (34)} Τέλος, άλλη έρευνα δεν βρίσκει στατιστικά σημαντική διαφορά στην επιτυχία του εμφυτεύματος όταν η διάμετρος είναι μεγαλύτερη από 1,3χιλ.⁽¹⁰⁾ (Πίνακας 1)

Μήκος: Η επίδραση του μήκους του εμφυτεύματος στην επιτυχία του, μελετάται από διάφορους ερευνητές χωρίς σαφή αποτελέσματα.^{(7) (22)} Συγκεκριμένα, μία έρευνα παρατήρησε ότι εμφυτεύματα μήκους 8χιλ. υπερτερούσαν έναντι εκείνων των 6χιλ.⁽¹⁸⁾, άλλη ότι εμφυτεύματα των 14χιλ. είχαν μεγαλύτερη επιτυχία συγκριτικά με των 8χιλ.

ενώ μία τρίτη πως τα εμφυτεύματα μήκους μεγαλύτερα από 8χιλ. απέδιδαν γενικά καλύτερα.^{(10) (24)} Σημαντικό είναι να τονιστεί πως το επιθυμητό μήκος του μίνι-εμφυτεύματος καθορίζεται από το σημείο τοποθέτησής του και την κατάσταση του βλεννογόνου της περιοχής. Για παράδειγμα, εμφυτεύματα μεσαίου μεγέθους (6-8 χιλ.) είναι καλύτερο να τοποθετούνται σε παρειακές επιφάνειες της άνω και κάτω γνάθου, ενώ εκείνα μεγαλύτερου μήκους (μεγαλύτερα από 10 χιλ.) προτιμώνται σε περιοχές με παχύτερο βλεννογόνο όπως η υπερώα.⁽³⁵⁾ Γενικά, μεγαλύτερο μήκος εμφυτεύματος δε συνεπάγεται μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας, διότι η σταθερότητα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό και από το τμήμα του εμφυτεύματος που είναι εκτεθειμένο στη στοματική κοιλότητα. Το τμήμα αυτό όταν προεξέχει σημαντικά αυξάνει τη μηχανική τάση που δέχεται το εμφύτευμα, αυξάνοντας την πιθανότητα αποτυχίας του.^{(7) (36)} **(Πίνακας 1)**

Σπείρες μίνι-εμφυτεύματος: Οι σπείρες του μίνι-εμφυτεύματος επηρεάζουν έμμεσα το βαθμό επιτυχίας. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους είναι καθοριστικός παράγοντας που αυξάνει την ενδοοστική επιφάνεια του εμφυτεύματος και επιτυγχάνει την πρωταρχική σταθερότητά του.⁽¹¹⁾ Έρευνες έχουν δείξει ότι ο αριθμός των σπειρών δεν επηρεάζει την επιτυχία του εμφυτεύματος, ενώ όσο αυξάνεται το βάθος των σπειρών μειώνεται η σταθερότητά του και άρα η επιτυχία του.⁽³²⁾ Παρ' όλα αυτά μελέτη υποστηρίζει ότι οι τάσεις που δέχεται το εμφύτευμα έχουν μεγαλύτερη επίδραση στον αυχένα του. Επομένως, εμφυτεύματα με μικρό βάθος σπειρών και άρα μικρότερη διάμετρο είναι περισσότερο επιρρεπή σε θραύση ή πλαστική παραμόρφωση.⁽⁴⁾ **(Εικόνα 2)**

Παράγοντες που σχετίζονται με τη διαδικασία τοποθέτησης:

Τεχνικές τοποθέτησης: Οι κύριες τεχνικές τοποθέτησης των μίνι-εμφυτευμάτων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη πραγματοποιείται με αυτό-τοποθετούμενα συστήματα (self-tapping) και τα εμφυτεύματα που χρησιμοποιούνται διαθέτουν ένα μη κοπτικό άκρο και γι' αυτό απαιτείται η δημιουργία ενός οδηγού καναλιού. Αντίθετα, η δεύτερη τεχνική είναι τα αυτό-κοχλιούμενα συστήματα (self-drilling) που περιλαμβάνουν εμφυτεύματα με κοπτικό άκρο χωρίς την ανάγκη οδηγού καναλιού. Τα αυτό-τοποθετούμενα συστήματα θεωρούνται ελαφρώς πιο επεμβατικά όμως προτιμώνται όταν εφαρμόζονται σε συμπαγές οστό διότι δεν απαιτείται υψηλή πίεση κατά την τοποθέτησή τους. Επιπλέον, διευκολύνουν τους χειρισμούς του κλινικού καθώς προσφέρουν απική αίσθηση και σταθερότητα κατά την εισαγωγή του εμφυτεύματος.⁽¹³⁾ Τέλος, το κανάλι οδηγός καθιστά την τοποθέτηση εύκολη και μειώνει το

τραύμα στους γύρω ιστούς. Σύμφωνα με έρευνα το κανάλι πρέπει να είναι 0,2-0,5 χιλ. μικρότερο από τη διάμετρο του εμφυτεύματος και να έχει μικρότερο μήκος από αυτό.⁽⁷⁾ Από την άλλη πλευρά τα αυτό-κοχλιούμενα συστήματα φαίνεται να υπερτερούν σε περιοχές όπου το πάχος του συμπαγούς οστού είναι μικρό, όπως στην οπίσθια περιοχή της άνω γνάθου. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι επιθυμητή μια πιο απλή μέθοδος τοποθέτησης με λιγότερη διάρκεια και χωρίς την δημιουργία οδηγού. Επίσης τα αυτό-κοχλιούμενα μίνι εμφυτεύματα εμφανίζουν μεγαλύτερη πρωταρχική σταθερότητα. Συνεπώς, τα παραπάνω δείχνουν ότι η επιλογή τεχνικής τοποθέτησης επηρεάζεται τόσο από τον κλινικό όσο και από την κατάσταση της φατνιακής ακρολοφίας του ασθενή.⁽¹³⁾

Χρόνος φόρτισης του εμφυτεύματος: Όσον αφορά στο χρόνο φόρτισης σε συσχέτιση με την επιτυχία του εμφυτεύματος, οι απόψεις των ερευνητών διίστανται. Κάποιες έρευνες υποστηρίζουν ότι η άμεση φόρτιση αποσταθεροποιεί τα εμφυτεύματα και αυξάνει την αποτυχία τους. Άλλες, διαφωνούν λέγοντας ότι η άμεση φόρτιση έχει στατιστικά σημαντική θετική επίδραση στο οστό αυξάνοντας την κυτταρική αναγέννηση και πυκνότητα στις γειτονικές περιοχές.⁽²⁴⁾ Ακόμα, υπάρχουν και εκείνες που δε βρήκαν διαφορά ανάμεσα στην άμεση και την έμμεση φόρτιση των εμφυτευμάτων.⁽¹⁰⁾ Στα μίνι εμφυτεύματα έχει αποδειχθεί ότι δεν χρειάζεται μεγάλο διάστημα επούλωσης και για αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί άμεση φόρτιση. Η διαδικασία αυτή δεν οδηγεί απαραίτητα στη δημιουργία ινώδους ιστού κατά την επούλωση, αλλά αντίθετα με την πάροδο του χρόνου συμβάλλει στην επαφή οστού-εμφυτεύματος επιτυγχάνοντας μερική οστεοενσωμάτωση. Η άμεση φόρτιση, επίσης, πλεονεκτεί όσον αφορά στη μείωση του χρόνου της ορθοδοντικής θεραπείας και της ταλαιπωρίας του ασθενούς, ενώ ένα μειονέκτημα που αφορά τόσο την άμεση όσο και την έμμεση φόρτιση είναι η μετατόπιση του εμφυτεύματος όταν είναι τοποθετημένο σε λεπτού πάχους οστό.^{(7) (18)}

Είδος χειρουργείου: Υπάρχουν δύο τρόποι τοποθέτησης των εμφυτευμάτων χειρουργικά. Πρώτον, η τεχνική με διεξαγωγή κρημνού στην οποία ένας βλεννοπεριοστικός κρημνός δημιουργείται επιτρέποντας άμεση πρόσβαση στο οστό της γνάθου και συρράπτεται μετά την εισαγωγή του εμφυτεύματος. Στη δεύτερη τεχνική, δεν απαιτείται κρημνός αλλά δημιουργείται μία οπή με ένα στρογγυλό κοπτικό εργαλείο το οποίο πραγματοποιεί τον αρχικό τρυπανισμό για το εμφύτευμα.⁽¹⁰⁾ Οι πιο πολλές έρευνες υποστηρίζουν την υπεροχή της τεχνικής χωρίς κρημνό ως λιγότερο επεμβατικής και επώδυνης για τους ασθενείς, ενώ μόνο μία τάσσειται υπέρ της τεχνικής με τον κρημνό.⁽¹⁸⁾

Δύναμη εισαγωγής: Σε περιπτώσεις που η δύναμη εισαγωγής είναι αυξημένη αποδεικνύεται στατιστικά σημαντικό ποσοστό αποτυχίας του εμφυτεύματος. Αυτό συμβαίνει γιατί η υπερβολική δύναμη μπορεί να προκαλέσει μικρορωγμές στο σπογγώδες οστό, τοπική ισχαιμία και νέκρωση των οστεοβλαστών και των οστεοκυττάρων της περιοχής. Χωρίς αυτά τα κύτταρα το συμπαγές και το σπογγώδες οστό τείνει να απορροφηθεί λόγω της φλεγμονής που δημιουργείται γύρω από το εμφύτευμα με τελικό αποτέλεσμα την απώλεια του εμφυτεύματος.^{(2) (7) (15) (21) (30)} Προς αποφυγή των παραπάνω προτείνεται η σταδιακά αυξανόμενη δύναμη εισαγωγής του εμφυτεύματος ώστε να μειωθεί το τραύμα των γύρω ιστών καθώς και η πιθανότητα θραύσης.⁽³⁷⁾

Γωνία τοποθέτησης εμφυτεύματος: Οι γωνιώσεις κατά την εισαγωγή ενός εμφυτεύματος διακρίνονται σε κατακόρυφη και οριζόντια. Όσον αφορά στην κατακόρυφη γωνία με τον επιμήκη άξονα του δοντιού, οι περισσότερες έρευνες υποστηρίζουν ότι η τοποθέτηση του εμφυτεύματος με κλίση 30° ή 45° επιτυγχάνει καλύτερη πρωταρχική σταθερότητα γιατί αυξάνεται η επιφάνεια επαφής με το συμπαγές οστό.⁽³⁸⁾ Όλες οι έρευνες συμφωνούν ότι όσο η γωνία μειώνεται κάτω από τις 90° αυξάνεται ο κίνδυνος επαφής με ανατομικά στοιχεία όπως το ιγμόρειο στην περιοχή των άνω γομφίων αλλά και με τις ρίζες των δοντιών.^{(18) (39) (40)} Τέλος, όσον αφορά στην οριζόντια γωνίωση, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την επιτυχία του εμφυτεύματος.⁽²⁷⁾

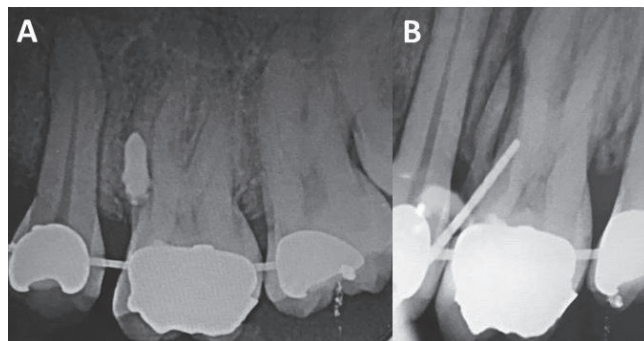
Εμπειρία κλινικού: Οι περισσότερες έρευνες θεωρούν την κλινική εμπειρία ως σημαντικό παράγοντα επιτυχίας. Συγκεκριμένα, υποστηρίζουν ότι κλινικοί με εμπειρία τοποθέτησης 20 μίνι-εμφυτευμάτων και παραπάνω, μπορούν να διατηρήσουν την κατάλληλη γωνία τοποθέτησης, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα επαφής με τη ρίζα. Άλλες έρευνες υποστηρίζουν ότι η αποτυχία σχετίζεται με το εμφύτευμα και είναι ανεξάρτητη του κλινικού που το τοποθετεί.^{(10) (16)}

Είναι προφανές από τα παραπάνω, ότι η επιτυχία των μίνι-εμφυτευμάτων εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες. Δυστυχώς, τα αποτελέσματα των ερευνών που μελετήθηκαν ήταν μερικές φορές ασαφή και αντικρουόμενα και γι' αυτό καθίσταται αναγκαία η περαιτέρω διερεύνηση κυρίως για χαρακτηριστικά που αφορούν στη διάμετρο και το μήκος του μίνι-εμφυτεύματος, αλλά και στο πάχος του οστού.

ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ

Οι πιο συνηθισμένες επιπλοκές κατά την εφαρμογή των μίνι-εμφυτευμάτων είναι: ^{(1) (30)}

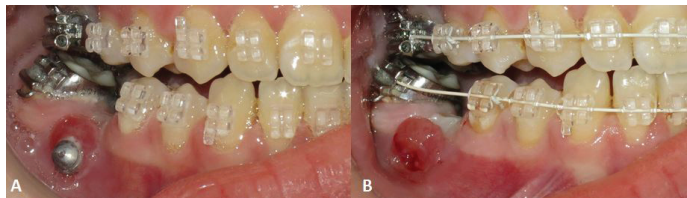
1. Τραύμα στον περιοδοντικό σύνδεσμο ή στη ρίζα γειγονικού δοντιού κατά την τοποθέτηση των εμφυ-



Εικόνα 14: Οπισθοφατνιακή ακτινογραφία μετά την τοποθέτηση μίνι-εμφυτεύματος εγγύς του 26. Δύο εβδομάδες μετά την τοποθέτηση η ασθενής ανέφερε συμπτώματα έντονης ενόχλησης. Η κλινική εξέταση αποκάλυψε βαθύ και στενό θύλακο εντοπισμένο στην εγγύς περιοχή του γομφίου. Ακτινογραφικά είναι εμφανές το κάταγμα της ρίζας του γομφίου μετά την αφαίρεση του μίνι-εμφυτεύματος (διακρίνεται ο περιοδοντικός ανιχνευτήρας).

τευμάτων στα μεσοδόντια διαστήματα. Πιθανές επιπλοκές του τραυματισμού της ρίζας περιλαμβάνουν απώλεια ζωτικότητας του πολφού, οστεοσκλήρυνση και αγκύλωση του δοντιού. Όταν το τραύμα γίνεται στην εξωτερική επιφάνεια της ρίζας χωρίς την εμπλοκή του πολφού δεν επηρεάζεται συνήθως η πρόγνωση του δοντιού. Όπως έχει αποδειχθεί τέτοιες βλάβες μπορούν να επανορθωθούν πλήρως σε διάστημα 12 -18 εβδομάδων μετά την αφαίρεση του εμφυτεύματος. Εάν πρόκειται για κάταγμα ρίζας, τότε η βλάβη είναι μη αντιστρεπτή και απαιτείται εξαγωγή του δοντιού. (Εικόνα 14)

2. Απώλεια στήριξης μετά την ορθοδοντική φόρτιση. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τα ποσοστά τέτοιου είδους απώλειας κυμαίνονται μεταξύ 11-30%. Αν το εμφύτευμα χαλαρώσει δε μπορεί να αποκατασταθεί η σταθερότητα και απαιτείται η αφαίρεση και αντικατάστασή του.
3. Κάλυψη του εμφυτεύματος από μαλακούς ιστούς. Εμφυτεύματα που είναι τοποθετημένα στο φατνιακό βλεννογόνο και ιδιαίτερα της κάτω γνάθου όσο και τα συστήματα που είναι εφαρμοσμένα σε αυτά είναι πιθανό να καλυφθούν από μαλακούς ιστούς ακόμα και την πρώτη μέρα μετά την τοποθέτηση. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της αντιδραστικής υπερπλασίας των χαλαρών ιστών της περιοχής. Η κάλυψη του εμφυτεύματος αποτελεί παράγοντα κινδύνου για τη σταθερότητα του, αλλά και ανησυχίας για τον ασθενή. Η χρήση χλωρεξιδίνης πέρα από τις αντιμικροβιακές ιδιότητες που μειώνουν τη



Εικόνα 15: Α: φλεγμονή και διαπύση της περιοχής πέριξ του μίνι-εμφυτεύματος Β: Μετά την απομάκρυνση του μίνι-εμφυτεύματος

φλεγμονή περιορίζει την επιθηλιοποίηση και κατ' επέκταση μειώνει την πιθανότητα υπερπλασίας των ιστών.

4. Φλεγμονή και μόλυνση των μαλακών ιστών, περιεμφυτευματίτιδα. Οι υγιείς περιεμφυτευματικοί ιστοί αποτελούν βιολογικούς φραγμούς για τα μικρόβια. Οι παραπάνω επιπλοκές συμβαίνουν μετά την τοποθέτηση του εμφυτεύματος. Η τοπική φλεγμονή έχει συσχετιστεί με 30% αύξηση των ποσοστών αποτυχίας. Η περιεμφυτευματίτιδα ορίζεται ως η μόλυνση του περιβάλλοντος ιστού με κλινική και ακτινογραφική απώλεια οστικής στήριξης, αιμορραγία κατά την ανίχνευση, διαπύση των ιστών, επιθηλιακή διήθηση και σταδιακή κινητικότητα. Κάποιοι κλινικοί προτείνουν διάστημα δυο εβδομάδων για την επούλωση των μαλακών ιστών πριν την εφαρμογή δύναμης στα εμφυτεύματα που τοποθετούνται στην φατνιακό βλεννογόνο. (Εικόνα 15)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα μίνι-εμφυτεύματα αποτελούν μία πολλά υποσχόμενη λύση σε ορθοδοντικά περιστατικά όπου απαιτείται σημαντική σκελετική στήριξη σε προσθοπίσθιο, κατακόρυφο

και εγκάρσιο επίπεδο. Ο συνολικά μικρότερος χρόνος ορθοδοντικής θεραπείας, η λιγότερο επεμβατική τοποθέτησή τους και η ευκολία στη χρήση τους τα καθιστούν πλέον μέθοδο εκλογής για ενδεδειγμένα περιστατικά.

Για να εξασφαλιστεί ωστόσο η επιτυχημένη εφαρμογή τους κρίνεται απαραίτητη η γνώση συγκεκριμένων παραμέτρων. Παράγοντες που σχετίζονται με τον ασθενή όπως το είδος του βλεννογόνου, η περιοχή τοποθέτησης, η ηλικία και το πάχος του οστού επηρεάζουν σημαντικά την επιβίωση των εμφυτευμάτων. Ακόμη, χαρακτηριστικά του ίδιου του εμφυτεύματος όπως το μήκος, η διάμετρος αλλά και ο αριθμός των σπειρών θεωρούνται σημαντικοί παράγοντες επιτυχίας. Σε σχέση με την τεχνική τοποθέτησης ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο είδος του χειρουργείου, στην εφαρμοζόμενη δύναμη, στη γωνία εισαγωγής και στο χρόνο φόρτισης. Στις σημαντικές επιπλοκές κατά την τοποθέτηση των μίνι-εμφυτευμάτων περιλαμβάνονται το τραύμα στο περιοδόντιο ή στη ρίζα όμορου δοντιού, καθώς και η φλεγμονή/περιεμφυτευματίτιδα που οδηγούν τελικά σε μειωμένη συγκράτηση και απώλεια του εμφυτεύματος.

Σημαντική είναι η συμβολή των μίνι-εμφυτευμάτων στην διευθέτηση πολύπλοκων ορθοδοντικών προβλημάτων. Στην παιδοδοντιατρική η απόφαση για εξαγωγή δοντιών με κακή πρόγνωση, όπως στην περίπτωση πρώτων μόνιμων γομφίων, λαμβάνεται και αιτιολογείται ευκολότερα όταν οι μελλοντικές απαιτήσεις ορθοδοντικής στήριξης μπορούν να διασφαλιστούν με την τοποθέτηση των μίνι-εμφυτευμάτων. Η σε βάθος γνώση, σε σχέση με τις υποστηριζόμενες από μίνι-εμφυτεύματα ορθοδοντικές μετακινήσεις, είναι απαραίτητη για την καλύτερη συνεργασία παιδοδοντιάτρου και ορθοδοντικού στην κατάρτιση του σχεδίου θεραπείας.

Συνοψίζοντας, τα μίνι-εμφυτεύματα αποτελούν ένα ορόσημο στην σύγχρονη κλινική Ορθοδοντική προσφέροντας σημαντικές δυνατότητες ως προς την επίτευξη των στόχων της θεραπείας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Masaru Yamaguchi, Toshihiro Inami , Ko Ito , Kazutaka Kasai, Yasuhiro Tanimoto. Mini-Implants in the Anchorage Armamentarium: New Paradigms in the Orthodontics. International Publishing of Biomaterials. 2012;; p. 1-8.
2. Spyridon N. Papageorgiou, Ioannis P. Zogakis , Moschos A. Papadopoulos. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: A meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012; 142: p. 577-95.
3. Stephanie Apel , Christian Apel , Camillo Morea , Andre Tortamano, Gladys Cristina Dominguez , Georg Conrads. Microflora associated with successful and failed orthodontic mini-implants. *Clin. Oral Impl. Res.* 2009; 20: p. 1186-1190.
4. Jenny Zwi-Chiang Chang , Yi-Jane Chen , Yuan-Yi Tung , Yu-Ying Chiang , Eddie Hsiang-Hua Lai , Weng-Pin Chen , et al. Effects of thread depth, taper shape, and taper length on the mechanical properties of mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012; 141: p. 279-88.
5. Joanna Antoszewska-Smith , Michal Sarul , Jan Lyczek , Tomasz Konopka, Beata Kawala. Effectiveness of orthodontic miniscrew implants in anchorage reinforcement during en-masse retraction: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017; 151: p. 440-55.
6. Lien-Hui Huang , Jeffrey Lynn Shotwell , Hom-Lay Wang. Dental implants for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 127: p. 713-22.
7. Yan Chen , Hee Moon Kyung, Wen Ting Zhao , Won Jae Yu. Critical factors for the success of orthodontic mini-implants: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 135: p. 284-91.
8. Matheus Alves Jr, Carolina Baratieri , Claudia Trindade Mattos, Monica Tirre de Souza Araujo , Lucianne Cople Maia. Root repair after contact with mini-implants: systematic review of the literature. *European Journal of Orthodontics.* 2013; 35: p. 491-499.
9. Heiner Wehrbein, Peter Cöllner. Skeletal Anchorage in Orthodontics-Basics and Clinical Application. *J Orofac Orthop.* 2007; 68: p. 443-461.
10. Domenico Dalessandri , Stefano Salgarello, Michela Dalessandri, Elena Lazzaroni , Mariagrazia Piacino, Corrado Paganelli, et al. Determinants for success rates of temporary anchorage devices in orthodontics: a meta-analysis(n>50). *European Journal of Orthodontics.* 2014; 36: p. 303-313.
11. Saeed AlSamak , Elias Bitsanis , Margarita Makou , George Eliades. Morphological and structural characteristics of orthodontic mini-implants. *J Orofac Orthop.* 2011; 73: p. 58-71.
12. Manuel Nienkemper , Benedict Wilmes , Alexander Pauls , Dieter Drescher. Multipurpose use of orthodontic mini-implants to achieve different treatment goals. *J Orofac Orthop.* 2012; 73: p. 467-476.
13. Sebastian Baumgaertel , Mohammad R. Razavi , Mark G. Hans. Mini-implant anchorage for the orthodontic practitioner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 133: p. 621-7.
14. Kyu-Rhim Chung , Seong-Hun Kim, Michael P. Chaffee , Gerald Nelson. Molar distalization with a partially integrated mini-implant to correct Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 138: p. 810-9.
15. Hong-Po Chang, Yu-Chuan Tseng. Miniscrew implant applications in contemporary orthodontics. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences.* 2014; 30: p. 111-115.
16. Hoi-Jeong Lim, Yoon-Jung Choi , Carla A. Evans, Hyeon-Shik Hwang. Predictors of initial stability of orthodontic miniscrew implants. *European Journal of Orthodontics.* 2011; 33: p. 528-532.
17. Yi-Ra Jung, Sang-Cheol Kim, Kyung-Hwa Kang , Jin-Hyoung Cho, Eon-Hwa Lee, Na-Young Chang. Placement angle effects on the success rate of orthodontic microimplants and other factors with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 143: p. 173-81.
18. Adriano G. Chrismani , Michael H. Bertl , Ales G. Celar , Hans-Peter Bantleon , Charles J. Burstone. Miniscrews in orthodontic treatment: Review and analysis of published clinical trials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137: p. 108-13.
19. Hassan Albogha , Toru Kitahara , Mitsugu Todo , Hiroto Hyakutake , Ichiro Takahashi. Predisposing Factors for Orthodontic Mini-Implant Failure Defined by Bone Strains in Patient-Specific Finite Element Models. *Annals of Biomedical Engineering.* 2016; 44: p. 2948-2956.
20. Cheol-Hyun Moon , Hyun-Kyung Park , Ji-Seon Nam , Jeong-Soo Im , Seung-Hak Baek. Relationship between vertical skeletal pattern and success rate of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 138: p. 51-7.
21. Mitsuru Motoyoshi , Miwa Uemura , Akiko Ono , Kumliko Okazaki, Toru Shigeeda, Noriyoshi Shimizu. Factors affecting the long-term stability of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137: p. 588e1-588e5.
22. Tzu-Ying Wu, Shou-Hsin Kuang, Cheng-Hsien Wu. Factors Associated With the Stability of Mini-Implants for Orthodontic Anchorage: A Study of 414 Samples in Taiwan. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 67: p. 1595-1599.
23. Shin-Jae Lee , Sug-Joon Ahn , Jae Won Lee , Seong-Hum Kim, Tae-Woo Kim. Survival analysis of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137: p. 194-9.
24. Antonio Manni , Mauro Cozzani , Fabio Tamborrino , Sergio De Rinaldis , Anna Menini. Factors influencing the stability of miniscrews. A retrospective study 300 miniscrews. *European Journal of Orthodontics.* 2011; 33: p. 388-395.
25. M. Motoyoshi, S. Ueno, K. Okazaki, N. Shimizu. Bone stress for a mini-implant close to the roots of adjacent teeth-3D finite element analysis. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2009; 38: p. 363-368.
26. Mariana Marquezan , Claudia Trindade Mattos, Eduardo Franzotti Sant Anna, Margareth Maria Gomes de Souza, Lucianne Cople Maia. Does cortical thickness influence the primary stability of miniscrews? A systematic review and meta-analysis. *Angle*

- Orthod. 2014; 84: p. 1093-1103.
27. Akihino Shinohara, Mitsuru Motoyoshi , Noriyoshi Shimizu. Root proximity and inclination of orthodontic mini-implants after placement: Cone-beam computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 144: p. 50-6.
 28. Chris Chang , Sean S. Y.Liu , W. Eugene Roberts. Primary failure rate for 1680 extra-alveolar mandibular buccal shelf mini-screws placed in movable mucosa or attached gingiva. *Angle Orthod.* 2015; 85: p. 905-910.
 29. Kuroda S , Yamada K , Deguchi T , Hashimoto T , Kyung Hm , Takano-Yamamoto T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007; 131: p. 68-73.
 30. Alberto Consolaro, Fabio Lourenco Romano. Reasons for mini-implant failure: choosing installation site should be valued! *Dental Press J Orthod.* 2014; 2: p. 18-24.
 31. Andre Tortmano, Gladys Christina Dominguez, Ana Christina Soares Santos Haddad , Fabio Daumas Nunes, Monica Nacao, Camillo Morea. Periodontopathogens around the surface of mini-implants removed from orthodontic patients. *Angle Orthod.* 2012; 82: p. 591-595.
 32. Manuel Nienkemper, Jörg Handschel , Dieter Drescher. Systematic review of mini-implant displacement under orthodontic loading. *International Journal of Oral Science.* 2013; 6: p. 1-6.
 33. Miyawaki S, Koyama I, Masahide I, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod and Dent Orthop.* 2003; 124: p. 373-378.
 34. Berens A, Wiechmann D , Dempf R. Mini- and micro-screws for temporary skeletal anchorage in orthodontic therapy. *Journal of Orofacial Orthopedies.* 2006; 67: p. 450-458.
 35. Mitsuru Motoyoshi. Clinical indices for orthodontic mini-implants. *J Oral Sci.* 2011; 53: p. 407-412.
 36. Te-Chun Liu, Chin-Han Chang, Tung-Yiu Wong, Jia-Kuang Liu. Finite element analysis of miniscrew implants used for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012; 141: p. 468-76.
 37. Young-kyun Kim, Yoon-Ji Kim , Pil-Young Yun , Jong-Wan Kim. Effects of the Taper Shape, Dual-Tread, and Length on the Mechanical Properties of Mini-Implants. *Angle Orthod.* 2009; 79: p. 908-914.
 38. Morten G. Laursen, Birte Melsen , Paolo M. Cattaneo. An evaluation of insertion sites for mini-implants A micro-CT study of human autopsy material. *Angle Orthod.* 2013; 83: p. 222-229.
 39. Eva Stahl , Ludger Keilig , Iman Abdelgader, Andreas Jäger, Christoph Bourauel. Numerical Analyses of Biomechanical Behavior of Various Orthodontic Anchorage Implants. *J Orofac Orthop.* 2009; 70: p. 115-27.
 40. Niles Woodall, Srinivas C. Tadepalli, Fang Qian, Nicole M. Grosland, Steve D. Marshall, Thomas E. Southard. Effect of miniscrew angulation on anchorage resistance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 139: p. 147-152.
 41. Sebastian Baumgaertel. Quantitative investigation of palatal bone depth and cortical bone thickness for mini-implant placement in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 136: p. 104-8.
 42. Maike Holm, Paul-Georg Jost-Brinkmann, James Mah, Alex Bumann. Bone thickness of the anterior palate for orthodontic miniscrews. *Angle Orthod.* 2016; 86: p. 826-831.
 43. Janine Züger, Nikolaos Pandis, Beat Wallkamm, Johannes Grosen, Christos Katsaros. Success rate of paramedian palatal implants in adolescent and adult orthodontic patients: a retrospective cohort study. *European Journal of Orthodontics.* 2014; 36: p. 22-25.
 44. Mhd Hassan Albogha, Toru Kitahara, Mitsugu Todo, Hiroto Hyakutake, Ichiro Takahashi. Maximum principal strain as a criterion for prediction of orthodontic mini-implants failure in subject-specific finite element models. *Angle Orthod.* 2016; 86: p. 24-31.
 45. Melissa Landin, Aniket Jadhav, Sumit Yadav, Aditya Tadinada. A comparative study between currently used methods and Small Volume-Cone Beam Tomography for surgical placement of mini implants. *Angle Orthod.* 2015; 85: p. 446-453.
 46. Mhd Hassan Albogha, Ichiro Takahashi. Generic finite element models of orthodontic mini-implants: Are they reliable? *Journal of Biomechanics.* 2015; 48: p. 3751-3756.
 47. Emmanuel Justens , Hugo De Bruyn. Clinical Outcome of Mini-Screws Used as Orthodontic Anchorage. *Journal Compilation.* 2008.
 48. Manuel Nienkemper, Benedict Wilmes , Alexander Pauls , Shuji Yamaguchi, Björn Ludwig, Dieter Drescher. Treatment efficiency of mini-implant-bone distalization depending on age and second-molar eruption. *J Orofac Orthop.* 2014; 75: p. 118-132.
 49. Yan Chen , Hee Moon Kyung , Limin Gao , Won-Jae Yu , Eun-Ju Bae, Sang-Min Kim. Mechanical properties of self-drilling orthodontic micro-implants with different diameters. *Angle Orthod.* 2010; 80: p. 821-827.