

Ακτινολογία Εμφυτευμάτων

**Διαγνωστική και Ακτινολογία Στόματος
Οδοντιατρική Σχολή Ε.Κ.Π.Α.**

Διευθυντής Κλινικής: Καθηγητής Κ. Τσιχλάκης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Απεικονιστικές Μέθοδοι στον Προεγχειρητικό Έλεγχο για την Τοποθέτηση Εμφυτευμάτων	7
Η Συμβατική Τομογραφία ως Απεικονιστική Μέθοδος Κατά τον Προεγχειρητικό Έλεγχο Τοποθέτησης Οστεοενσωματούμενων Εμφυτευμάτων	22
Η Χρήση της Υπολογιστικής (Αξονικής) Τομογραφίας στον Προεγχειρητικό Έλεγχο των Γνάθων για την Τοποθέτηση Οστεοενσωματούμενων Εμφυτευμάτων	32
Απεικονιστικές Μέθοδοι Κατά τη Διάρκεια της Χειρουργικής Τοποθέτησης των Οστεοενσωματούμενων Εμφυτευμάτων.....	45
Ακτινογραφική Εξέταση Ασθενών με Εμφυτεύματα.....	56

Απεικονιστικές Μέθοδοι στον Προεγχειρητικό Έλεγχο για την Τοποθέτηση Εμφυτευμάτων

Ε. Στεφάνου

Αναπληρωτής Καθηγητής Διαγνωστικής και Ακτινολογίας Στόματος Παν. Αθηνών

Ι. Φανουράκης

Επίκουρος Καθηγητής Διαγνωστικής και Ακτινολογίας Στόματος Παν. Αθηνών

Π. Γκρίτζαλης

Λέκτορας Διαγνωστικής και Ακτινολογίας Στόματος Παν. Αθηνών

Εισαγωγή

Τα οδοντικά εμφυτεύματα σήμερα αποτελούν μια συνήθη κλινική εφαρμογή για την αποκατάσταση ολικής και μερικής νωδότητας. Σε αυτό συνέβαλε η εξέλιξη των υλικών και των τεχνικών που χρησιμοποιούνται, με αποτέλεσμα την επιτυχή παραμονή των εμφυτευμάτων^{1,2} για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ένα άλλο γεγονός που έχει συμβάλλει σημαντικά στη ανάπτυξη των εμφυτευμάτων είναι η πολύ ελκυστική εναλλακτική λύση ακίνητων προσθετικών εργασιών έναντι κινητών¹.

Από βιολογική άποψη οι αποκαταστάσεις με εμφυτεύματα εξασφαλίζουν, στις περισσότερες περιπτώσεις, την ακεραιότητα των παρακείμενων δοντιών και την μικρότερη απορρόφηση της υπολειμματικής ακρολοφίας.

Σκοπός του προεγχειρητικού ελέγχου είναι η άντληση πληροφοριών για την θέση εμφύτευσης. Οι πλη-

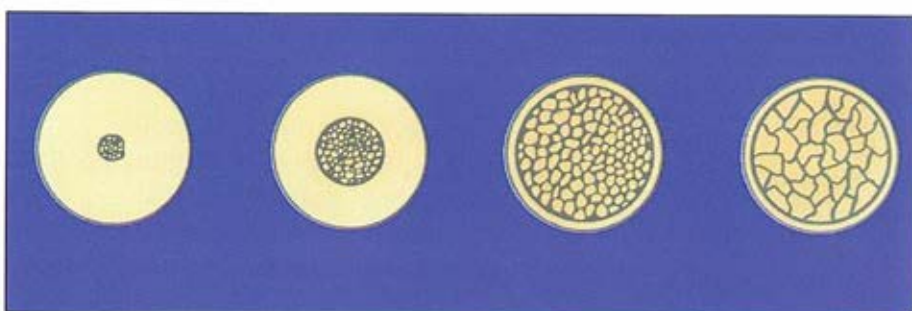
ροφορίες αυτές αφορούν :

- 1) την παρουσία ή απουσία βλάβης- παθολογίας,
- 2) την θέση ανατομικών στοιχείων που θα πρέπει να αποφευχθούν κατά τη διάρκεια της χειρουργικής τοποθέτησης, όπως είναι το ιγμόρειο άντρο, ο ρινουπερώιος πόρος, ο πόρος του κάτω φατνιακού και το γενειακό τρήμα,
- 3) την μορφολογία του οστικού υποστρώματος, όπως την ύπαρξη οξύαιχμης ακρολοφίας, τη θέση και το βάθος του γναθιαίου κυρτώματος, αποκλίσεις ανάπτυξης, μετεγχειρητικές ανωμαλίες, διευρησμένες μυελοκυψέλες, το πάχος και την ακεραιότητα του φλοιώδους οστού, και την πυκνότητα του δοκιδώδους οστού,
- 4) την ποσότητα του διαθέσιμου οστού στη θέση εμφύτευσης καθώς και την κλίση της υπολειμματικής ακρολοφίας. Οι υπολογισμοί αυτοί είναι απαραίτητοι

για να επιλεγεί το κατάλληλο από πλευράς ύψους και εύρους εμφύτευμα και, ακόμη για τον καθορισμό της θέσης και της κλίσης εμφύτευσης³. Εικ.1. Εικ. 2.

Η ιδιομορφία της ανατομίας, όπως αυτή παρατηρείται κοντά στην οπίσθια γλωσσική περιοχή της κάτω γνάθου, όταν δεν αξιολογηθεί σωστά, είναι δυνατόν να δυσκολέψει

την τοποθέτηση εμφυτευμάτων σε αυτή την περιοχή και να υπονομεύσει την ακεραιότητα της γλωσσικής αρτηρίας. Η λειτουργική φόρτιση του εμφυτεύματος μπορεί επίσης να επηρεαστεί δυσμενώς, όταν δεν υπάρχει επαρκές οστικό υπόστρωμα στη θέση εμφύτευσης και όταν η κλίση του οστικού τμήματος είναι ακατάλληλη⁴. Η ποιότητα του οστού στη θέση εμφύτευσης σύμ-



Εικόνα 1. Διαμόρφωση της ακρολοφίας μετά από την εξαγωγή των δοντιών από Spiekermann et. a.¹¹, σελ. 100.



Εικόνα 2. Σχέση της φλοιώδους και μυελώδους ουσίας του οστού και η πυκνότητα των μυελοκυψελών (από Spiekermann et. al.¹¹ σελ. 94-95).

φωνα με τη σχετική αναλογία και την πυκνότητα του φλοιώδους και μυελώδους οστού αποτελεί επιθυμία αξιολόγησης. Πολλοί ερευνητές προτείνουν διαγράμματα κατάταξης της ποιότητας του οστού κάνοντας χρήση διαφόρων διαβαθμίσεων και διαφορετικών απεικονιστικών μεθόδων, δίχως όμως να υπάρχει αντικειμενική πληροφορία για αυτή την ιδιότητα^{5,6}

Η εργασία αυτή έχει σαν στόχο την παρουσίαση των ακτινογραφικών τεχνικών που συμβάλλουν στην σταδιακή και εμπεριστατωμένη μετάβαση από την αρχική διάγνωση και διαμόρφωση του προκαταρκτικού σχεδίου θεραπείας, στην κατάρτιση του τελικού σχεδίου θεραπείας και τέλος στην χειρουργική τοποθέτηση του εμφυτεύματος.

Η απόκτηση αυτών των απαραίτητων πληροφοριών απαιτεί προσεκτική κλινική εξέταση και συλλογή στοιχείων από το ιστορικό του ασθενή, ιατρικό και οδοντιατρικό, εργαστηριακά βοηθήματα και απαραίτητα τη χρήση κάποιας μορφής διαθέσιμης σήμερα απεικονιστικής μεθόδου ή συνδυασμό αυτών, ανάλογα με την περίπτωση και την εμπειρία του ιατρού. Η μεγάλη ποικιλία των διαθέσιμων απεικονιστικών μεθόδων σήμερα για την ορθή αξιολόγηση της θέσης εμφύτευσης προϋποθέτει την ακέραιη ενημέρωση του κλινικού, ώστε να είναι σε θέση να παραπέμψει για την καταλληλότερη και να αντλήσει το μέγιστο όφελος από αυτές^{5,7}.

Κλινική εκτίμηση για την τοποθέτη-

ση οδοντικών εμφυτευμάτων

Η προεγχειρητική εκτίμηση και επιλογή του ασθενή πριν την χειρουργική τοποθέτηση των εμφυτευμάτων είναι εξαιρετικά σημαντική. Η διάγνωση και το σχέδιο θεραπείας που απαιτείται για την επιτυχή τοποθέτηση των εμφυτευμάτων είναι μια πολυσύνθετη προσπάθεια που απαιτεί την συνεργασία πολλών ατόμων. Ο κλινικός κατευθύνει τη σειρά των απαιτούμενων ερευνών και συγκεντρώνει τις απαραίτητες πληροφορίες για την τελική διάγνωση και θεραπεία^{8,9}.

Για κάθε ασθενή οι πληροφορίες συλλέγονται από το ιατρικό ιστορικό, το οδοντιατρικό ιστορικό, τα εκμαγεία μελέτης, τη λεπτομερή ενδοστοματική εξέταση, την ακτινογραφική εξέταση κ.α.¹⁰

Οι απεικονιστικές μέθοδοι είναι ένα αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας και αφορούν⁵:

- Τον προεγχειρητικό έλεγχο
- Την χειρουργική τοποθέτηση των εμφυτευμάτων
- Τον μετεγχειρητικό έλεγχο των εμφυτευμάτων

Απεικονιστικές μέθοδοι στον προεγχειρητικό έλεγχο

Η ποικιλία των διαθέσιμων σήμερα απεικονιστικών τεχνικών οι οποίες θα βοηθήσουν τον κλινικό περιλαμβάνουν^{9,10} απλές δισδιάστατες εικόνες, (οπισθοφατνιακές, δήξεως, πανοραμικές και κεφαλομετρικές ακτινογραφίες) και σύνθετες εικόνες σε πολλαπλά επίπεδα (συμβατική τομογραφία των γνάθων, αξονι-

κή τομογραφία και μαγνητική τομογραφία). Κάθε μια από τις αναφερόμενες απεικονιστικές μεθόδους προσφέρει στον κλινικό μοναδικές διαγνωστικές πληροφορίες για την εκτίμηση της τοποθέτησης των οδοντικών εμφυτευμάτων.

Οπισθοφατνιακές ακτινογραφίες:

Οι οπισθοφατνιακές ακτινογραφίες παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες για την δομή του οστού^{8,9} και για την σχέση της περιοχής εμφύτευσης με ανατομικές δομές. Στα πλεονεκτήματα των οπισθοφατνιακών ακτινογραφιών περιλαμβάνονται το χαμηλό κόστος, η καλή αποδοχή από τους ασθενείς και η παροχή εικόνων υψηλής ανάλυσης στην περιοχή εμφύτευσης. Εικ.3 Στα μειονεκτήματα περιλαμβάνονται η δυσκολία αναπαραγωγής ομοίτυπων ακτινογραφιών, οι παραμορφώσεις που είναι ενδογενείς της τεχνικής και η αδυναμία πληροφοριών για την εγκάρσια διάσταση, η οποία είναι σημαντική για την εκτίμηση της θέσης τοποθέτησης του εμφυτεύματος.

Ακτινογραφίες Δήξεως: Οι ακτινογραφικές προβολές δήξεως έχουν τα ίδια πλεονεκτήματα που περιγράφηκαν για τις οπισθοφατνιακές ακτινογραφίες και επιπλέον απεικονίζουν μεγαλύτερες περιοχές απ' ό,τι οι οπισθοφατνιακές ακτινογραφίες^{9,11}.

Ο συνδυασμός τους με οπισθοφατνιακές ή πανοραμικές ακτινογραφίες για την κάτω γνάθο, αποκαλύπτει την περιοχή ως προς τις τρεις διαστάσεις της χωρίς όμως, να εί-



Εικόνα 3. Οπισθοφατνιακή ακτινογραφία για τον έλεγχο της νωδής ακρολοφίας στην περιοχή του 11.

ναι δυνατές ακριβείς μετρήσεις. Επίσης χρησιμοποιούνται και για την εκτίμηση του τόξου της κάτω γνάθου, την ποιότητα του οστού (μυελώδους και φλοιώδους) και για την μελέτη της μεγαλύτερης παρειογλωσσικής διάστασης της κάτω γνάθου στην περιοχή που έχει προγραμματισθεί το εμφύτευμα. Εικ. 4

Κεφαλομετρικές Ακτινογραφίες: Η κεφαλομετρική ακτινογραφία είναι μία τυπική προβολή για την εκτίμηση της συμμετρίας, της αυξήσεως και ανάπτυξης του γναθοπροσωπικού συμπλέγματος. Η τεχνική αυτή προσφέρει μία συνολική άποψη των γνάθων δίνοντας πληροφορίες σχετικά με την κλίση των υπαρχόντων δοντιών, τις πιθανές κλίσεις



Εικόνα 4. Ακτινογραφία δήξεως σε νωδή κάτω γνάθο.

των εμφυτευμάτων και μια συνολική εκτίμηση των σχέσεων του πρόσθιου οδοντοφατνιακού συμπλέγματος. Επίσης δίνει ιδιαίτερα καλή εικόνα των κοιλοτήτων του ιγμορείου. Επιπρόσθετα είναι χρήσιμη προβολή για την απεικόνιση κατά οβελιαίο επίπεδο της δομής των οστών του μέσου και κάτω τριτημορίου του προσώπου, συμπεριλαμβανομένων των φατνιακών οστών της άνω και κάτω γνάθου στη μέση γραμμή^{8,9,12}.

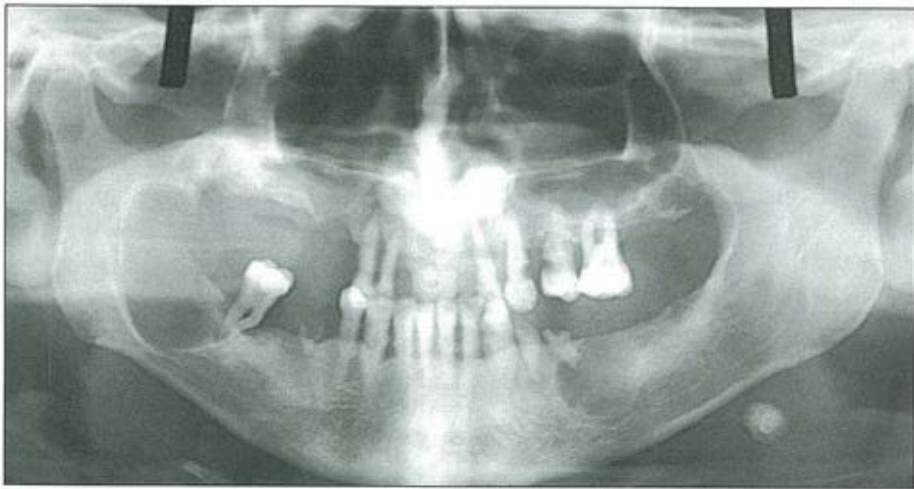
Πανοραμική Ακτινογραφία: Η πανοραμική ακτινογραφία συνδυάζοντας χαμηλό βιολογικό κίνδυνο και αξιόπιστη απεικόνιση των γνάθων και των παρακείμενων ανατομικών στοιχείων αποτελεί ακτινογραφία εκλογής στα πρώτα στάδια της προεγχειρητικής φάσης των εμφυτευμάτων¹³. Εικ. 5

Το μεγάλο πλεονέκτημα της πανοραμικής ακτινογραφίας είναι το εύρος του απεικονιζόμενου πεδίου^{13,14}.

Προεγχειρητικά η ακτινογραφία αυτή επιτρέπει να γίνει μια πρώτη αξιολόγηση των θέσεων στις οποίες θα τοποθετηθούν εμφυτεύματα, να μελετηθούν τα εναπομείναντα δόντια και να αποκλειστεί η ύπαρξη παθολογικών μεταβολών στις γνάθους. Εικ. 6 Είναι ένα είδος τομογραφίας που επιτρέπει την εκτίμηση δομών όπως το φατνιακό οστό και τη σχέση του με τον πόρο του κάτω φατνιακού, το γενειακό τμήμα, το έδαφος του ιγμορείου και



Εικόνα 5 . Πανοραμική ακτινογραφία σε νωδό ασθενή.



Εικόνα 6 Πανοραμική ακτινογραφία σε μερικώς νωδό ασθενή με παθολογικές αλλοιώσεις στις γνάθους.

την ρινική κοιλότητα. Παρέχει την δυνατότητα για μετρήσεις με αρκετή ακρίβεια στις δύο διαστάσεις που απεικονίζονται, εάν είναι γνωστός ο συντελεστής μεγέθυνσης του πανοραμικού ακτινογραφικού μηχανήματος. Οι πανοραμικές ακτινογραφίες έχουν ποικιλία μεγέθυνσης η οποία μπορεί να κυμαίνεται, στην ίδια πανοραμική ακτινογραφία από 10 έως 30%^{9,15,16}. Στα σύγχρονα πανοραμικά μηχανήματα η μεγέθυνση σε όλα τα σημεία της εικόνας είναι σταθερή και η τιμή της δίνεται από τον κατασκευαστή. Η ακτινογραφία αυτή όταν συνδυάζεται με την κλινική εκτίμηση του ασθενή μπορεί να δώσει στον κλινικό επαρκείς πληροφορίες για τον σχεδιασμό της θεραπείας¹³.

Η έλλειψη οξύτητας και λεπτομερειών στην πανοραμική ακτινογραφία, καθώς και η πιθανή παραμόρφωση μερικών περιοχών που μπο-

ρεί να συμβεί, αποτελεί ένδειξη για ενδοστοματικές ακτινογραφίες σε πλευρές που είναι αμφιλεγόμενες για να διαφωτιστούν λεπτομέρειες¹⁴.

Για παράδειγμα, όταν πρέπει να εκτιμηθεί η περιοδοντική κατάσταση των παρακείμενων δοντιών στην περιοχή που πρόκειται να τοποθετηθεί το εμφύτευμα, η οξύτερη απεικόνιση μιας οπισθοφανιακής ακτινογραφίας μπορεί να είναι απαραίτητη¹³.

Επίσης, θα πρέπει να τονιστεί ότι η πανοραμική ακτινογραφία είναι δισδιάστατη. Επομένως, δεν μπορεί να παρέχει στον κλινικό πληροφορίες που αφορούν την παρειγλωσσική διάσταση. Γι' αυτό, αν και μπορεί με γνώμονα την πανοραμική ακτινογραφία να φαίνεται επαρκές οστό για την τοποθέτηση εμφυτεύματος στην πραγματικότητα μπορεί η οστική υποστήριξη να μην εί-

ναι επαρκής όταν η φατνιακή απόφυση φανεί σε εγκάρσια τομή¹⁷.

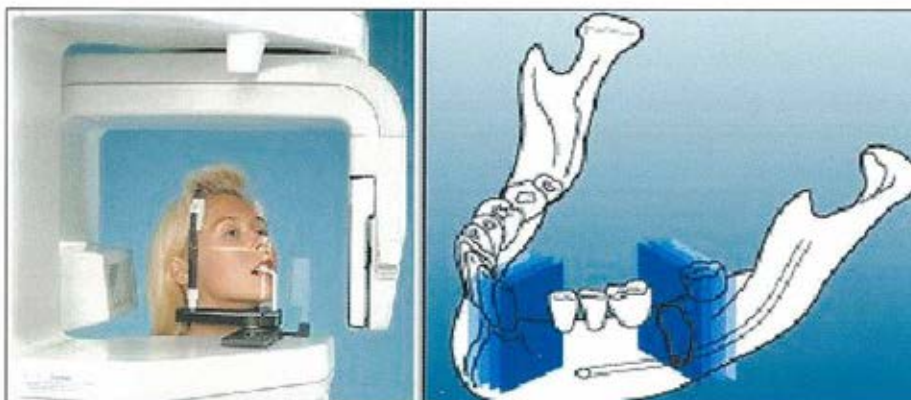
Συμβατική τομογραφία των γνάθων: Τομογραφία είναι η ακτινογραφική τεχνική με την οποία επιτυγχάνεται η απεικόνιση των εν τω βάθει ιστών σε κάποιο επιλεγμένο επίπεδο, με ταυτόχρονη ασαφοποίηση των υπερκείμενων και υποκείμενων ιστών. Αυτό επιτυγχάνεται με μία συνδυασμένη κίνηση της ακτινογραφικής λυχνίας και του ακτινογραφικού φιλμ. Υπάρχουν διάφοροι τύποι τομογραφικής κίνησης, όμως η πολλαπλής κατεύθυνσης τομογραφική κίνηση δίνει εικόνες με μεγαλύτερη οξύτητα, καλύτερη ασαφοποίηση των δομών που βρίσκονται εκτός τομογραφικού επιπέδου με ταυτόχρονη αποφυγή παρασιτικών γραμμών-ραβδώσεων (ψευδενδείξεων). Με την τομογραφία μπορούν να ληφθούν δύο ει-

δών τομές, η τοξοειδής (πανοραμική ακτινογραφία) και η επίπεδη (κατακόρυφη εγκάρσια τομογραφία). Το εύρος κάθε τομής με τον τρόπο αυτό εξαρτάται από το είδος του μηχανήματος και κυμαίνεται από 2-4 mm πάχος⁴.

Η κατακόρυφη εγκάρσια τομογραφία των γνάθων χρησιμοποιείται για την προεγχειρητική διερεύνηση των εμφυτευμάτων⁹. Η μεγέθυνση των λαμβανομένων εικόνων ποικίλει από μηχάνημα σε μηχάνημα, αλλά για κάθε μηχάνημα έχει σταθερή τιμή. Ο σταθερός συντελεστής μεγέθυνσης επιτρέπει την ακριβή μέτρηση των διαστάσεων των γνάθων τόσο κατά την κατακόρυφη όσο και κατά την εγκάρσια διάσταση του οστού των γνάθων στην περιοχή της τομής^{9,10,11}. Εικ. 7 Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου αναφέρονται η σταθερή μεγέθυνση, η δυνατότη-



Εικόνα 7. Κατακόρυφη εγκάρσια τομογραφία στην περιοχή του 47 με μεταλλικό οδηγό.

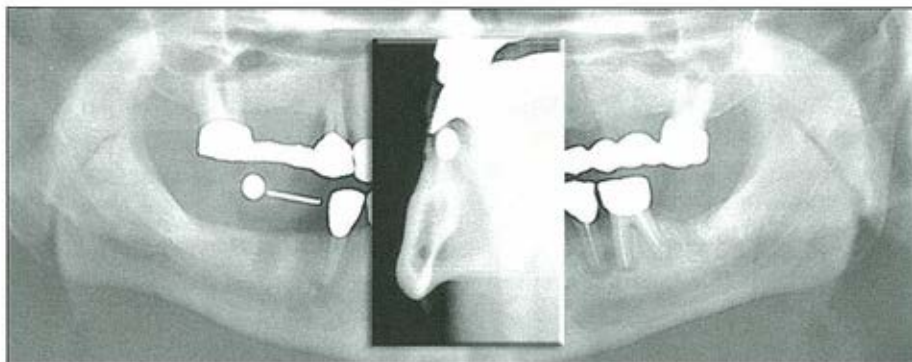


Εικόνα 8. Ειδικός κεφαλοστάτης σε σύγχρονο πανοραμικό μηχάνημα για την λήψη εγκάρσιων τομών.

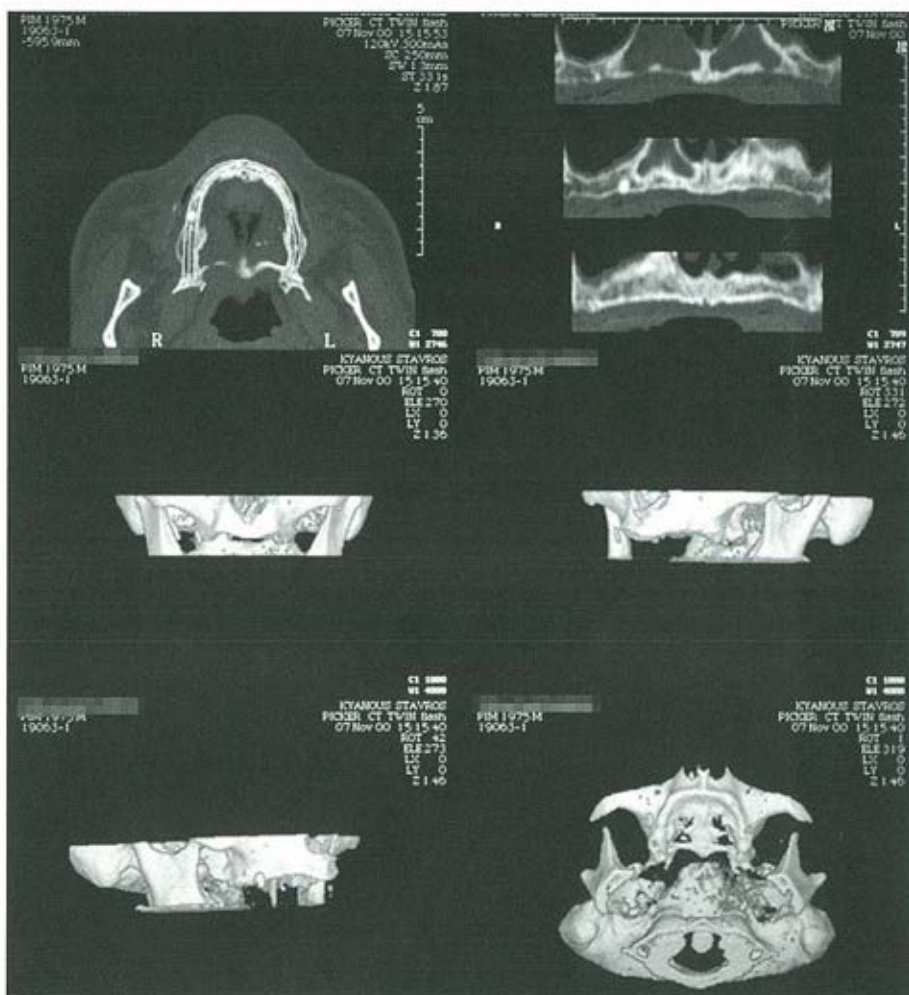
τα εφαρμογής της για κάθε σημείο των γνάθων, η επαναληψιμότητα της μεθόδου, όταν χρησιμοποιείται ο ειδικός κεφαλοστάτης και το όφελος σε κόστος και δόση ακτινοβολίας όταν συγκρίνεται με την αξονική τομογραφία¹⁸. Εικ. 8 Απαιτείται εξαιρετική εξειδίκευση και εμπειρία τόσο από τον ακτινολόγο για την λήψη σωστών τομών, όσο και από τον κλινικό για την σωστή ερμηνεία τους. Η ευδιάκριτη απεικόνιση ιδίως της οπίσθιας περιοχής της άνω γνάθου παρόλη την πρόοδο του εξοπλισμού παραμένει δύσκολη. Η λήψη πανοραμικής ακτινογραφίας προηγείται της λήψης τομών. Η πανοραμική ακτινογραφία του ασθενή που φορά νάρθηκα με μεταλλικούς οδηγούς μπορεί, να χρησιμοποιηθεί, ως βοήθημα στην εγκάρσια κατακόρυφο τομογραφία των γνάθων^{19,20}.

Η πανοραμική ακτινογραφία απεικονίζει τους μεταλλικούς οδηγούς κατά εγγύς-άπω διεύθυνση ενώ οι εγκάρσιες τομογραφίες απεικο-

νίζουν τους οδηγούς και, όλες τις οστικές δομές σε παρειογλωσσική και κατακόρυφη διεύθυνση²¹. Εικ. 9 *Αξονική ή Υπολογιστική Τομογραφία*: Στην απεικόνιση με υπολογιστική τομογραφία αποκτούνται πολλαπλές λεπτές αξονικές τομές των γνάθων και κατόπιν τα δεδομένα από τις τομές αυτές μετασχηματίζονται με ειδικά οδοντιατρικά προγράμματα (software) για την παραγωγή εγκάρσιων, κατακόρυφων εγκάρσιων και πανοραμικών εικόνων των γνάθων^{22,25}. Εικ. 10 Η τεχνολογική εξέλιξη των τελευταίων περίπου 25 χρόνων στην υπολογιστική τομογραφία, έχει κάνει τη χρήση της αναπόσπαστο κομμάτι της οδοντιατρικής διαγνωστικής διαδικασίας²⁶. Η υπολογιστική τομογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διαδικασία τοποθέτησης εμφυτευμάτων, καθιστώντας ασφαλές και επιτυχές το σχέδιο θεραπείας^{27,28}. Έχουν αναπτυχθεί καινούργια λογισμικά προγράμματα για εφαρμογές στην υπολογιστική



Εικόνα 9 Πανοραμική ακτινογραφία και κατακόρυφη εγκάρσια τομογραφία στην περιοχή του 47 με μεταλλικό οδηγό.



Εικόνα 10. Παραγωγή εγκάρσιων, κατακόρυφων εγκάρσιων, πανοραμικών εικόνων και τρισδιάστατης ανασύνθεσης της άνω γνάθου με αξονικό τομογράφο.

τομογραφία²⁹, τα οποία επιτρέπουν την αξιολόγηση της οστικής μορφολογίας και ποιότητας. Είναι επίσης δυνατή η πολυεπίπεδη ανακατασκευή των εικόνων που έχουν αποκτηθεί, μέσω ειδικών προγραμμάτων³⁰⁻³². Ειδικά υπολογιστικά προγράμματα για εμφυτεύματα είναι επίσης ικανά να αναλύουν τις αξονικές τομές και να βοηθούν στον σχεδιασμό της τοποθέτησης των εμφυτευμάτων με χρήση ηλεκτρονικών ομοιωμάτων³³.

Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων υπολογιστικής τομογραφίας περιλαμβάνουν

- 1) ομοιόμορφη μεγέθυνση,
- 2) υψηλής αντίθεσης εικόνες με σαφώς καθορισμένο επίπεδο τομής,
- 3) ευκολότερη αναγνώριση οστικών μοσχευμάτων ή άλλων επανορθωτικών υλικών σε σχέση με τη συμβατική τομογραφία,
- 4) πολυεπίπεδες εικόνες,
- 5) δυνατότητα τρισδιάστατης ανακατασκευής,
- 6) ταυτόχρονη δυνατότητα αξιολόγησης πολλαπλών θέσεων εμφύτευσης και
- 7) διαθεσιμότητα λογισμικού για επεξεργασία και ανάλυση της εικόνας.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου περιλαμβάνονται η υψηλότερη δόση ακτινοβολίας σε σχέση με τη συμβατική τομογραφία³⁴, η επιβεβλημένη συνεργασία του χειρουργού με τον ακτινολόγο και η άριστη γνώση της εγκάρσιας ανατομίας³⁵.

Μαγνητική τομογραφία: Η μαγνητική τομογραφία αποτελεί την εναλ-

λακτική λύση για άντληση πληροφοριών σε όλες τις διαστάσεις χωρίς τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας, εκμεταλλευόμενη την περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που αντιστοιχεί στα ραδιοκύματα-ραδιοσυχνότητες σε συνδυασμό με ισχυρά μαγνητικά πεδία. Το υψηλό κόστος αποτελεί σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα χρήσης της μεθόδου^{36,37}.

Συζήτηση

Οι διαθέσιμες απεικονιστικές μέθοδοι αποτελούν τη μοναδική δυνατότητα μη επεμβατικής άντλησης εξειδικευμένων πληροφοριών, ώστε να διαπιστωθεί η ύπαρξη των απαραίτητων προϋποθέσεων για την τοποθέτηση εμφυτευμάτων σε επιλεγμένα σημεία εμφύτευσης.

Υπάρχουν βασικές αρχές ακτινογράφησης, οι οποίες πρέπει να οδηγούν τον κλινικό στην επιλογή της κατάλληλης απεικονιστικής τεχνικής και να κρίνουν πότε η αποκτώμενη εικόνα είναι ποιοτικά επαρκής για το σκοπό που λήφθηκε. Κρίνεται έτσι απαραίτητο για την επιτυχή τοποθέτηση των εμφυτευμάτων, να απεικονίζεται ολόκληρη η περιοχή που ενδιαφέρει, σε δύο εικόνες κατά ορθή γωνία μεταξύ τους ώστε να παρέχονται πληροφορίες και για τις τρεις διαστάσεις της επιλεγμένης περιοχής, τα ανατομικά μόρια που ενδιαφέρουν, την ποιότητα και ποσότητα της υπολειμματικής ακρολοφίας. Η απεικονιστική μέθοδος που επιλέγεται να είναι ικανή να παρέχει τις

απαραίτητες πληροφορίες με ικανοποιητική ακρίβεια και ορθότητα στον προσδιορισμό διαστάσεων και με την μικρότερη δυνατή παραμόρφωση και αλληλεπίθεση των υπερβαλλόντων ιστών. Οι ακριβείς μετρήσεις του οστού βοηθούν στον καθορισμό του ιδανικού μήκους του εμφυτεύματος κατά περίπτωση⁴.

Σε κάθε ακτινογραφική τεχνική ο παράγων μεγέθυνση διαφέρει., και κυμαίνεται από 1.0-1.8, γι αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για ακριβείς μετρήσεις. Στις οπισθοφατνιακές ακτινογραφίες η μεγέθυνση ποικίλει, η χρησιμοποίηση ειδικών πλεγμάτων που τοποθετούνται μαζί με το πλακίδιο στο στόμα του ασθενή, βοηθά σημαντικά. Στις πανοραμικές ακτινογραφίες σε άλλα μηχανήματα ποικίλει ακόμη και στα διάφορα σημεία της ίδιας της ακτινογραφίας, ενώ στα τελευταίου τύπου (σύγχρονα) μηχανήματα είναι σταθερή και δίνεται από τον κατασκευαστή. Στην κατακόρυφη εγκάρσια αξονική τομογραφία των γνάθων η μεγέθυνση είναι σταθερή και δίδεται από τον κατασκευαστή ενώ στην αξονική τομογραφία ο υπολογιστής έχει την δυνατότητα να μας δώσει, το ακριβές μέγεθος³⁸. Η επαναληψιμότητα της απεικονιστικής μεθόδου έχει επίσης σημασία ώστε να μπορούν να υπάρξουν συγκρίσεις προ- και μετεγχειρητικά. Η χρήση ακτινοσκοπικών δεικτών συμβάλλει στη συσχέτιση των πληροφοριών των εικόνων με την ανατομία των ασθενών.

Η απόφαση του κλινικού για το ποιες απεικονιστικές μέθοδοι απαιτούνται θα πρέπει να βασίζεται στην κλινική εξέταση και το ιστορικό του ασθενή, στην αναγκαιότητα εκτίμησης της καταλληλότητας της υπολειμματικής ακρολοφίας για εμφυτεύματα, όπως επίσης στην διαρκή προσπάθεια διαφύλαξης του ασθενή από χρονοβόρες εξετάσεις και καταχρηστική ακτινοβολία³⁹.

Στον προεγχειρητικό έλεγχο ο κλινικός θα πρέπει να εκτιμήσει εάν υπάρχει επαρκές ύψος, εύρος και πυκνότητα οστού, όπως και κατάλληλη δυνατότητα προσανατολισμού του εμφυτεύματος για επιτυχή προσθετική αποκατάσταση. Η ελάχιστη ακτινογραφική εκτίμηση για να αρχίσει μια θεραπεία με εμφυτεύματα απαιτεί πανοραμική ακτινογραφία και όπου συμπληρωματικά χρειάζονται διευκρινιστικές οπισθοφατνιακές ακτινογραφίες⁴.

Η πανοραμική ακτινογραφία και οι οπισθοφατνιακές ακτινογραφίες δεν δίνουν πληροφορίες για την τρίτη διάσταση. Έτσι με αυτές δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί το εύρος του οστού στη θέση εμφύτευσης. Η τρίτη διάσταση του οστού θα πρέπει να υπολογιστεί από κατακόρυφη εγκάρσια τομογραφία των γνάθων³⁸, ή αξονική τομογραφία. Ο αριθμός των εμφυτευμάτων που προγραμματίζονται να τοποθετηθούν αποτελεί για αρκετούς ερευνητές κριτήριο για το πιο είδος τομογραφίας θα χρησιμοποιηθεί⁴.

Κάθε περιστατικό θα πρέπει να

αντιμετωπίζεται με υπευθυνότητα σύμφωνα με τις ανάγκες του. Απαραίτητη θεωρείται επίσης η συνεργασία του κλινικού ιατρού, χειρουργού και προσθετολόγου, με τον ειδικό ακτινολόγο ιατρό. Η πολυπλοκότητα των διαθέσιμων σήμερα απεικονιστικών μεθόδων καθιστά αυτή τη συνεργασία όλο και περισσότερο αναγκαία. Το αυξανόμενο πνεύμα της πολυπειθαρχημένης συνεργασίας μεταξύ των διαφόρων ειδικοτήτων εξασφαλίζει αμοιβαίους στόχους για τον ασθενή. Η δυνατότητα της ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας έχει διευρύνει το διαγνωστικό πεδίο και απαιτεί εξειδίκευση. Η ανάπτυξη νέων software που να ικανοποιούν τους κλινικούς στόχους θα είναι μια καλοδεχούμενη επιπρόσθετη εξέλιξη για την βελτίωση των απεικονιστικών δυνατοτήτων.

Η απεικονιστικές μέθοδοι είναι θεμελιώδους σημασίας για τον προεγχειρητικό έλεγχο τοποθέτησης οδοντικών εμφυτευμάτων. Ανάλογα με την ένδειξη διάφορες τεχνικές είναι σήμερα διαθέσιμες, έχο-

ντας η καθεμία πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Η πανοραμική ακτινογραφία είναι η ενδεικνυόμενη ως αρχική εξέταση για τη συλλογή πληροφοριών που απαιτούνται. Η χρήση της πανοραμικής ακτινογραφίας μαζί με επιλεγμένες κατακόρυφες εγκάρσιες τομές θεωρείται από πολλούς ερευνητές ως επαρκής για τον προεγχειρητικό έλεγχο των εμφυτευμάτων^{4,13,38,39,40}. Η συμβατική τομογραφία προτείνεται για τον προεγχειρητικό έλεγχο περιοχών περιορισμένης νωδότητας. Η αξονική τομογραφία προτείνεται για τον έλεγχο περιοχών εκτεταμένης νωδότητας, η σε σύνθετα περιστατικά γναθοπροσωπικής χειρουργικής αντιμετώπισης που θα αποκατασταθούν με εμφυτεύματα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η ευρεία χρήση των εμφυτευμάτων στην κλινική πράξη έχει οδηγήσει στην αναγκαιότητα λήψης πληροφοριών από εγκάρσιες τομές. Καμία μέθοδος δεν απαντά σε όλα και καμία δεν προσφέρει την απόλυτη διάγνωση. Σκοπός είναι να επιλεγεί η καταλ-

Κατάσταση του ασθενή	Οπισθοφανιακή a/a	Δήξεως a/a	Πανοραμική a/a	Συμβατική τομογραφία	Αξονική τομογραφία
1 Εμφύτευμα	x	x	x	x	
2-7 Εμφυτεύματα	x	x	x	x	
8 ή περισσότερα εμφυτεύματα	x		x		x
Προσθήκη οστού ή μοσχεύματος	x		x		x
Σοβαρός τραυματισμός	x		x		x

ληλότερη μέθοδος για την επίλυση ενός συγκεκριμένου κλινικού ερωτήματος. Ο παραπέμπων πρέπει να είναι εξοικειωμένος με τον αλγόριθμο των διαφόρων εξετάσεων για την σωστή ιεράρχησή τους. Έτσι σύμφωνα με τις ενδείξεις κάθε μεθόδου, με την ορθή κλιμάκωσή τους, επιτυγχάνεται τελική υπεύθυνη διάγνωση με το μικρότερο δυνατό κίνδυνο και ταλαιπωρία του αρρώστου και τη μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abrahams J.J. CT Assessment of Dental Implant Planning. Westesson P-L Oral and Maxillofacial Syrgery Clinics of North America. Contemporary maxillofacial imaging. W.B. Saunders Co. Vol. 4, No 1, P 1-18, 1992.
2. Albrektsson T and Lekholm U. : Osseointegration: Current state of the art. Dent. Clin. North. Am. 33: 537-554, 1989.
3. Abrahams J.J.: The Role of Diagnostic Imaging in Dental Implantology. Radiol. Clin. North. Amer. 31:163, 1993.
4. Tyndall A.A., Brooks S.L.. Selection criteria for dental implant site imaging: A position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000;89:630-7.
5. Lekholm U., Zarb G.A.. Patient selection and preparation. In: Branemark P-I, Zarb G.A., Albrektsson T., editors. Tissue - integrated prosthesis: osseointegration in clinical dentistry. Chicago: Quintessence; 1985 p.199-209.
6. Lindh C., Petersson A., Rohlin M.. Assessment of the trabecular pattern before endosseous implant treatment. Diagnostic outcome of periapical radiography in the mandible. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1996; 335-43
7. Ελευθεριάδης Ι., και Ιακωβίδης Δ.. Οι εφαρμογές τ.ης αξονικής τομογραφίας στην περυσική του στόματος και των γνάθων. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 1996.
8. Fonseca J.R. Howard D.W.. Reconstructive preprosthetic Oral and Maxillofacial Surgery. 2nd ed. W.B.. Saunders Company. Philadelphia-London-Toronto-Montreal-Sydney-Tokyo, 1996.
9. Goaz W.P., White C.S.. Oral Radiology, Principles and Interpretation. 3rd ed., Mosby, St. Louis, Baltimore, Boston, Chicago, London, Madrid, Philadelphia, Sydney, Toronto, 1994.
10. Hobo S., Ichida E., Garcia L.. Osseointegration and Occlusal Rehabilitation, Quintessence Publishing Co.,Tokyo, Berlin, London, Sao Paolo, Hong Kong, 1990.
11. Spiekermann H., Donath K., Jovanovic S. and Richter J.. Color Atlas of Dental Medicine Implantology. Stuttgart, New York, Thieme Medical Publishers. Inc. New York, 1995.
12. Verhoeven J.W, Cune M.S.. Oblique lateral cephalometric radiographs of the mandible in implantology: usefulness and accuracy of the technique in height measurements of mandibular bone in vivo. Clin Oral Implants Res 2000 Feb 11:39-43
13. Dula K, Mini R, van der Stelt PF,

- Buser D The radiographic assessment of implant patients: decision-making criteria. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001 Jan-Feb 16:80-9
14. Gher E.M.C., Richardson C.A.C.: The accuracy of dental radiographic techniques used for evaluation of implant fixture placement. *Int J Periodont Res Dent* 15:268-283, 1995
 15. Langland E.O., Langlais P.R.: Principles of dental imaging. Lippincott Williams & Wilkins 1997. pag. 225-261.
 16. Langlais P.R., Langland E.O. and Nortje J.C.: Diagnostic Imaging of the Jaws. A Lea and Febiger Book, Baltimore, Philadelphia, Hong Kong, London, Munich, Sydney, Tokyo, 1995.
 17. Frederiksen L.N.: Diagnostic imaging in dental implantology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Endod* 80:540-54, 1995
 18. Lecomber AR, Yoneyama Y, Lovelock D.J., Hosoi T., Adams AM.: Comparison of patient dose from imaging protocols for dental implant planning using conventional radiography and computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2001 Sep 30:255-9
 19. Stella J.P., Tharanon W.: A precise radiographic method to determine the location of the inferior alveolar canal in the posterior edentulous mandible: implications for dental implants. Part I: Technique. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:15-22.
 20. Kassebaum D.K., Nummikoski P.V., Triplett R.G., Langlais P.R.: Cross-sectional radiography for implant site assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990;70:674-8.
 21. Fabrication of imaging and surgical guides for dental implants. *Almog DM, Torrado E, Meitner SWJ Prosthet Dent* 2001 May 85:5 504-8
 22. McGivney G.P., Hanghton V., Strandt J.A., Eichholz J.E. and Lubar D.M.: A comparison of computer-assisted tomography and data-gathering modalities in prosthodontics. *Int. J. Oral and Maxillofac. Imp.* 1:55-68, 1986.
 23. Schwarz M.S., Rothman S.L.G., Rhodes M.L. and Chafetz N.: Computed tomography Part I: Pre-operative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. *Int. J. Oral. Maxillofac. Impl.*, 2:137-141, 1987.
 24. Schwarz M.S., Rothman S.L.G., Rhodes M.L. and Chafetz N.: Computed tomography Part II: Pre-operative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. *Int. J. Oral. Maxillofac. Impl.*, 2:143-148, 1987.
 25. Anderson J-E. and Svartz K.: CT-scanning in the preoperative planning of osseointegrated implants in the maxilla. *Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 17:33-35, 1988
 26. Σιχλάκης Κ. Συμβολή της αξονικής τομογραφίας στη μελέτη της μορφολογίας και παθολογίας των οστών των γνάθων. Ερευνητική μονογραφία. Αθήνα 1998
 27. Hollender L. and Rockier B.: Radiographic evaluation of osseointegrated implants of the jaws. *Dentomaxillofac. Radiol.* 9:91-95, 1980.
 28. Parks ET. Computed tomography application for dentistry. *Dent Clin North Am* 2000 Apr;44(2):371-394.
 29. Abrahams J.J.: Dental CT imaging: a look at the jaw. *Radiology* 2001 May 219:334-45.
 30. Wishan M.S., Bahat O., Krane M.: Computed tomography as an adjuvant in dental implant surgery. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants.* 8:31-47, 1988.
 31. Smith R.A.: New development and

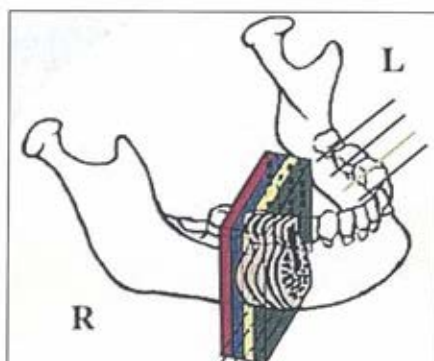
- advance in dental implantology. Oral Maxillofac. Surg. Infections. 2:42-54, 1992.
32. Cucchiara R., Franchini F., Lamma A., Lamma E., Sansoni T., Sarti E.. Enhancing implant surgery planning via computerized image processing. Int J Comput Dent 2001 Jan 4:9-24
 33. Quirynen M., Naert I., van Steenberghe D., Terrinck J., Dekeyser C., Theuniers G.. Periodontal aspects of osseointegrated fixtures supporting an overdenture. A 4-year retrospective study. J Clin Periodontol 1991;18:719-28
 34. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L Impact of conventional tomography on prediction of the appropriate implant size. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001 Oct 92:458-63
 35. McGivney G.P., Haughton V. and Stradt J.A.: A comparison of computer-assisted tomography and data-gathering modalities in prosthodontics. Int. J. Oral. Maxillofac. Impl. 1:55-59, 1986.
 36. Hassfeld S., Fiebach J., Widmann S., Heiland S., Muhling J.. Magnetic resonance tomography for planning dental implantation. Mund Kiefer Gesichtschir 2001 May 5:186-92
 37. Salvolini E., De Florio L., Regnicolo L., Salvolini U.. Magnetic Resonance applications in dental implantology: technical notes and preliminary results. Radiol Med (Torino) 2002 May-Jun 103:526-9
 38. Naitoh M., Kawamata A., Iida H., Aiji E.. Cross-sectional imaging of the jaws for dental implant treatment: accuracy of linear tomography using a panoramic machine in comparison with reformatted computed tomography. Int J Oral Maxillofac Implants 2002 Jan-Feb 17:107-12
 39. Lecomber A.R., Yoneyama Y., Lovelock D.J., Hosoi T., Adams A.M.. Comparison of patient dose from imaging protocols for dental implant planning using conventional radiography and computed tomography. Dentomaxillofac Radiol 2001 Sep 30:255-9
 40. Frederiksen NL Diagnostic imaging in dental implantology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995 Nov 80:540-54
 41. Jacobs R.. Preoperative planning for the placement of a single implant. Ned Tijdschr Tandheelkd 1999 May 106:187-90

Η Συμβατική Τομογραφία ως Απεικονιστική Μέθοδος Κατά τον Προεγχειρητικό Έλεγχο Τοποθέτησης Οστεοενσωματούμενων Εμφυτευμάτων

Χαράλαμπος Σταματάκης

Διδάκτωρ Γναθοπροσωπικής Ακτινολογίας Παν/μιου Karolinska,
Στοκχόλμη, Σουηδία

Η ακτινογραφική εξέταση είναι πρωταρχικής σημασίας κατά τον προεγχειρητικό έλεγχο τοποθέτησης οστεοενσωματούμενων εμφυτευμάτων για τον καθορισμό της μορφολογίας του φατνιακού οστού και την εντόπιση τόσο των σημαντικών ανατομικών μορίων, όσο και πιθανών μη φυσιολογικών ευρημάτων που θα καθιστούσαν την τοποθέτηση του εμφυτεύματος δυσχερή ή και αδύνατη. Για να θεωρηθεί επαρκής, η ακτινογραφική εξέταση κατά τον προεγχειρητικό έλεγχο πρέπει να συμπεριλαμβάνει και τομογραφικές απεικονίσεις, απεικονίσεις δηλαδή σταθερής μεγέθυνσης, που δίνουν πληροφορίες και για την τρίτη διάσταση του φατνιακού οστού. (Εικ.1) Οι κυριότερες τεχνικές τομογραφικής εξέτασης είναι η συμβατική τομογραφία των γνάθων, η αξονική τομογραφία (CT scan) και τώρα τελευταία η υπολογιστική τομογραφία χαμηλής δό-



Εικόνα 1. Οι κάθετες τομές δίνουν πληροφορίες και για τη τρίτη διάσταση του φατνιακού οστού.

σης (Cone Beam Computed Tomography).^{1,2,3}

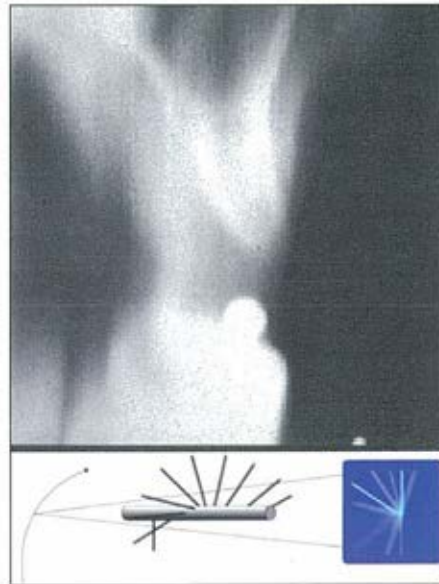
Συμβατική τομογραφία - Τεχνικές
Κατά τη συμβατική τομογραφία δίδεται η απεικόνιση συγκεκριμένων περιοχών των γνάθων με κάθετες τομές, με αποτέλεσμα να είναι δυνατός ο ακριβής υπολογισμός του διαθέσιμου ύψους και πάχους του φατνιακού οστού καθώς και η ακριβής εντόπιση των σημαντικών ανα-

τομικών μορίων που ενδιαφέρουν τον χειρουργό.

Οι τεχνικές της συμβατικής τομογραφίας διαχωρίζονται ανάλογα με την κίνηση της πηγής ακτινοβολίας και του μέσου καταγραφής σε γραμμική τομογραφία και τομογραφία σύνθετης κίνησης, όπως η κυκλική τομογραφία, η ελλειπτική τομογραφία, η πολυκυκλοειδική τομογραφία και η ελικοειδής τομογραφία.

Η γραμμική τομογραφία

Κατά τη γραμμική τομογραφία, η πηγή ακτινοβολίας και το φιλμ κινούνται διαγράφοντας μια απλή γραμμική τροχιά με κέντρο περιστροφής την περιοχή ενδιαφέροντος που απεικονίζεται με μεγαλύτερη σαφήνεια σε σύγκριση με τα ανατομικά μόρια που βρίσκονται εκτός του κέντρου περιστροφής. Πρόκειται για την πρώτη γενιά συμβατικής τομογραφίας, η οποία πρόσφερε πολλά στην τομογραφική εξέταση των γνάθων όταν εμφανίσθηκε, χαρακτηρίζεται όμως από μια σειρά μειονεκτημάτων. Το κυριότερο μειονέκτημα της τεχνικής αυτής αποτελούν οι έντονες επιπροβολές των επικείμενων στην περιοχή ενδιαφέροντος ανατομικών μορίων και η δημιουργία ανεπιθύμητων σκιών, απόρροια της απλοϊκής γραμμικής κίνησης που επιτελείται⁴ (Εικ.2). Επιπρόσθετα, οι οπίσθιες περιοχές των γνάθων απεικονίζονται με μεγάλη ασάφεια, γεγονός που καθιστά πιο χρήσιμη την τεχνική αυτή για την απεικόνιση κυ-



Εικόνα 2. Παράδειγμα γραμμικής τομογραφίας περιοχής άνω γνάθου.

ρίως των προσθίων περιοχών, ενώ πρέπει να αναφερθεί και ο μεγάλος χρόνος εξέτασης που απαιτείται για την εξέταση της συγκεκριμένης περιοχής ενδιαφέροντος.

Συμβατική τομογραφία σύνθετης κίνησης

Γενικά

Η εξέλιξη υπήρξε ταχεία στην εφαρμογή της τεχνικής της συμβατικής τομογραφίας με την εμφάνιση συστημάτων που επιτελούσαν πιο σύνθετες κινήσεις, όπως την κυκλική, την ελλειπτική και την πολυκυκλοειδική που προαναφέρθηκαν^{5,6}. Απώτερος σκοπός ήταν η, όσο το δυνατόν, καθαρότερη απεικόνιση των καθέτων τομών και η ελαχιστοποίηση των ανεπιθύμητων επιπροβολών από ανατομικά μόρια

που βρίσκονται εκτός της τομογραφικής ζώνης, δεδομένου ότι όσο πιο σύνθετη είναι η κίνηση που εκτελείται, τόσο καλύτερο το τελικό αποτέλεσμα.

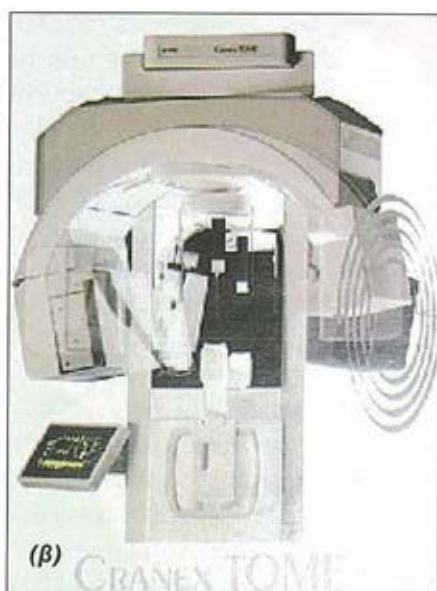
Η ελικοειδής τομογραφία

Η τελευταία και πλέον σύγχρονη τεχνική σύνθετης κίνησης είναι η ελικοειδής τομογραφία που πρώτα εφαρμόσθηκε από συστήματα όπως το Scanora® και μετέπειτα το CranexTome® (Soredex, Orion Corp., Finland) (Εικ. 3α,β) Κατά την τεχνική αυτή, η ακτινική δέσμη ακτινοβολεί την περιοχή ενδιαφέροντος με συνεχώς μεταβαλλόμενη γωνία προβολής, δίκην έλικας με

αποτέλεσμα την δημιουργία καθάρων απεικονίσεων καθέτων τομών της φατνιακής ακρολοφίας.^{7,8,9} Το πάχος της κάθετης τομής είναι ανάλογο του εύρους της κίνησης, έτσι ώστε μεγαλύτερο εύρος κίνησης να έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία λεπτότερων τομών. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η σαφήνεια της απεικόνισης της εξεταζόμενης περιοχής, απαλλαγμένης από ανεπιθύμητες επιπροβολές και σκιάσεις, σε αντιδιαστολή με την τεχνική της γραμμικής τομογραφίας.

Τεχνική

Ο κοινός περιορισμός όλων των τε-



Εικόνα 3. (α) Scanora (Soredex, Orion Corp., Helsinki, Finland)

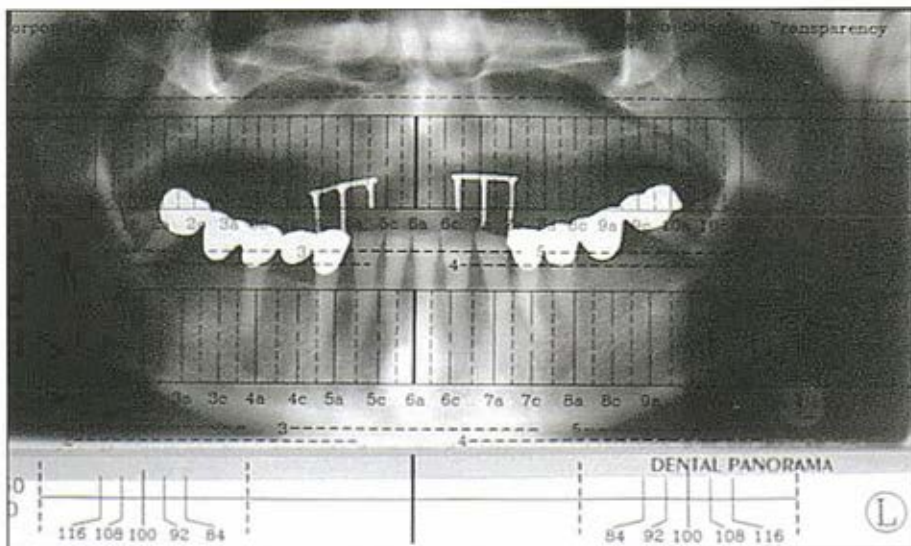
(β) CranexTOME (Soredex, Orion Corp., Helsinki, Finland)

χνικών συμβατικής τομογραφίας, καθώς και της ελικοειδούς τεχνικής, είναι η δυνατότητα εξέτασης συγκεκριμένης μόνον περιοχής των γνάθων ανά λήψη. Για το λόγο αυτό κρίνεται επιθυμητή η χρήση ακτινογραφικών οδηγών με ακτινοσκίερά στοιχεία που φέρει ο ασθενής κατά την εξέταση.

Οι ακτινογραφικοί οδηγοί που χρησιμοποιούνται είναι διαφόρων μορφών, όπως για παράδειγμα με τη μορφή ολικής οδοντοστοιχίας που φέρει οδηγιά σημεία γουταπέρκας ή άλλων μεταλλικών οδηγών που προσκολλούνται στο βλενογόνο της φατνιακής ακρολοφίας με τη βοήθεια ειδικών υλικών. Ο ρόλος τους είναι η ταυτοποίηση των απεικονίσεων των καθέτων τομών με την περιοχή που ενδιαφέρει τον χειρουργό για την τοποθέτηση των

εμφυτευμάτων.

Το πρώτο στάδιο κατά τον προεγχειρητικό έλεγχο με την εφαρμογή ελικοειδούς τομογραφίας είναι η λήψη μιας αρχικής πανοραμικής ακτινογραφίας του ασθενούς, με τοποθετημένο τον ακτινογραφικό οδηγό για την απεικόνιση των οδηγών σημείων. Στην αρχική αυτή πανοραμική επιπροβάλλεται ειδική διαφάνεια που παρέχεται από την κατασκευάστρια εταιρεία του ελικοειδούς τομογράφου που φέρει συντεταγμένες για την επιλογή του συγκεκριμένου προγράμματος λήψης για την απεικόνιση της επιθυμητής περιοχής (Εικ.4). Ο τομογράφος επιτελεί εν συνεχεία ελικοειδή κίνηση πηγής ακτινοβολήσης - ακτινογραφικού φιλμ με κέντρο περιστροφής την περιοχή της φατνιακής ακρολοφίας που αντιστοιχεί



Εικόνα 4. Διαφάνεια συντεταγμένων για την επιλογή συγκεκριμένου προγράμματος λήψης καθέτων τομών και τοποθέτησή της πάνω στο αρχικό πανοραμικό ακτινογράφημα - οδηγό.

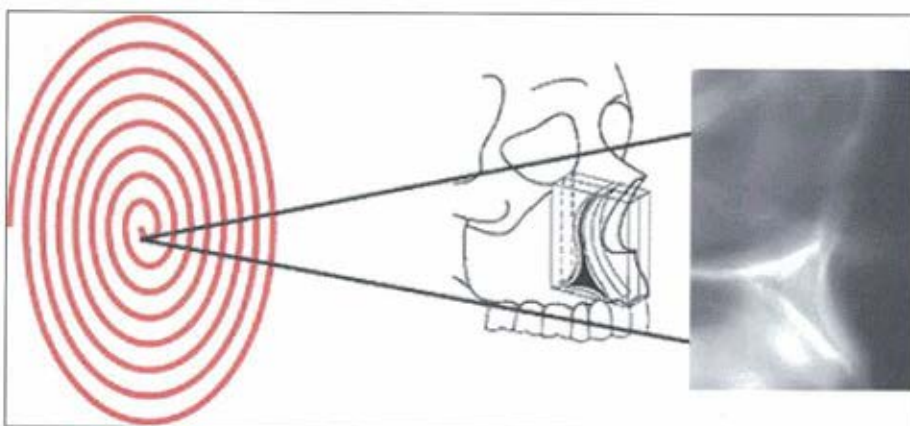
στο επιλεγμένο πρόγραμμα.

Το αποτέλεσμα της λήψης αυτής είναι η απεικόνιση τεσσάρων συνεχών τομών, πάχους 2 ή 4 χιλ. έκαστη ανάλογα με την επιλογή του χειριστή, καλύπτοντας κατ' αυτόν τον τρόπο μια περιοχή συνολικού εύρους 8 ή 16 χιλ. αντίστοιχα ανά λήψη (Εικ. 5).

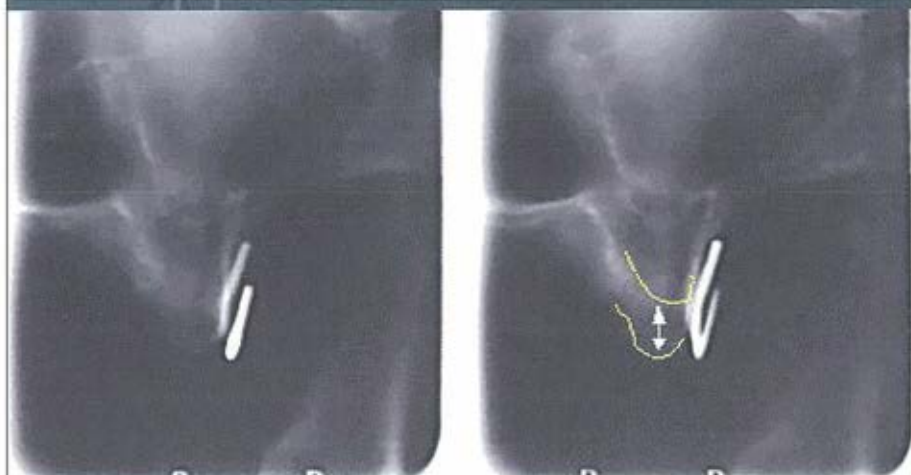
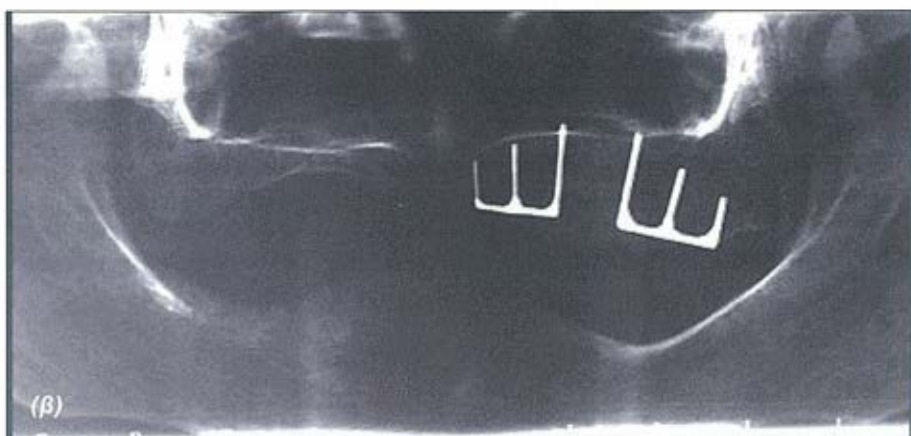
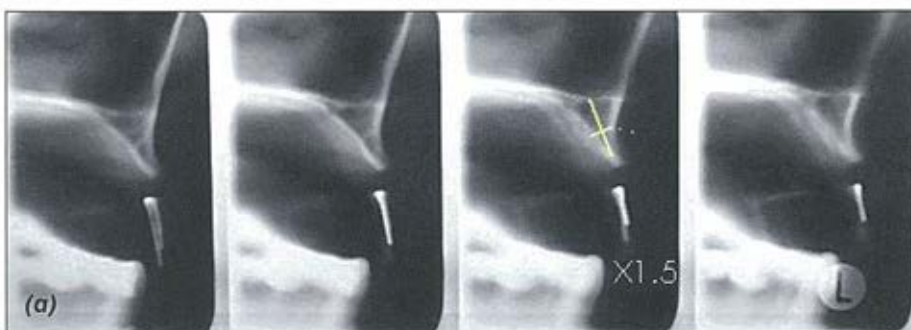
Το κύριο χαρακτηριστικό των απεικονίσεων των καθέτων τομών είναι η σταθερή τους μεγέθυνση, η οποία και δίνεται από τον κατασκευαστή. Το γεγονός αυτό προσφέρει στον κλινικό τη δυνατότητα διενέργειας ακριβών μετρήσεων πάνω στο φιλμ, τόσο του ύψους όσο και του πάχους του οστού στη συγκεκριμένη περιοχή που τον ενδιαφέρει και την οποία ταυτοποιεί με την αληθή θέση στη φατνιακή ακρολοφία με τη βοήθεια των ακτινογραφικών οδηγών (Εικ.6α,β). Επιπρόσθετα, δίνεται η δυνατότητα ακριβούς εντόπισης των σημαντι-

κών ανατομικών μορίων όπως π.χ. του γναθιαίου πόρου, ώστε να αποφευχθεί ο τραυματισμός τους κατά τη διάρκεια της επέμβασης^{10,11,12} (Εικ.7).

Η χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή στη ελικοειδή τομογραφία Μεγάλη ώθηση στις δυνατότητες της συμβατικής τομογραφίας δίνει η χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και η σύνδεσή του με τα συστήματα ελικοειδούς τομογραφίας για τη λήψη, την ψηφιοποίηση και την επεξεργασία των απεικονίσεων. Συγκεκριμένα δίνεται η δυνατότητα ψηφιοποίησης της αρχικής πανοραμικής ακτινογραφίας με τους ακτινογραφικούς οδηγούς και η εισαγωγή της σε ψηφιακή πλέον μορφή σε ειδικό λογισμικό που παρέχεται από την κατασκευάστρια εταιρεία. Ο σχεδιασμός της περιοχής τοποθέτησης του εμφυτεύματος και η επιλογή του αντιστοίχου προγράμματος λήψης τομών γίνεται πλέον

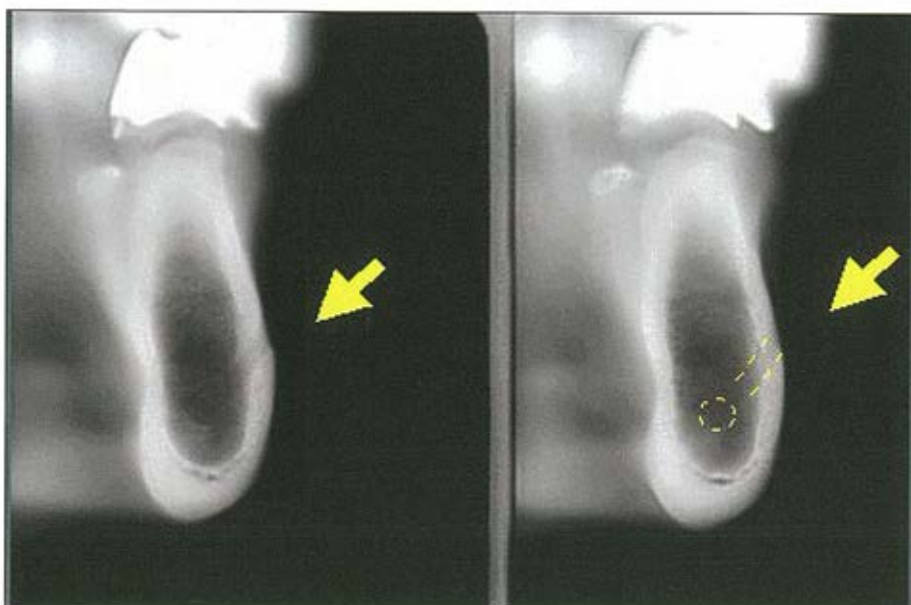


Εικόνα 5. Ελικοειδής κίνηση πηγής ακτινοβολήσης - ακτινογραφικού φιλμ με κέντρο περιστροφής την περιοχή της φατνιακής ακρολοφίας που αντιστοιχεί στο επιλεγμένο πρόγραμμα.



Εικόνα 6. (α) Παράδειγμα ελικοειδούς τομογραφίας περιοχής άνω γνάθου. Μέτρηση διαστάσεων φατνιακού οστού.

(β) Η χρήση των ακτινογραφικών οδηγών βοηθά στον καθορισμό της ακριβούς θέσης της κάθετης τομής



Εικόνα 7. Απεικόνιση του γενειακού τρήματος σε κάθετες τομές της κάτω γνάθου με ελικοειδή τομογραφία

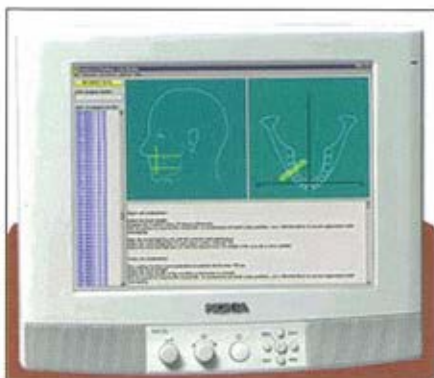
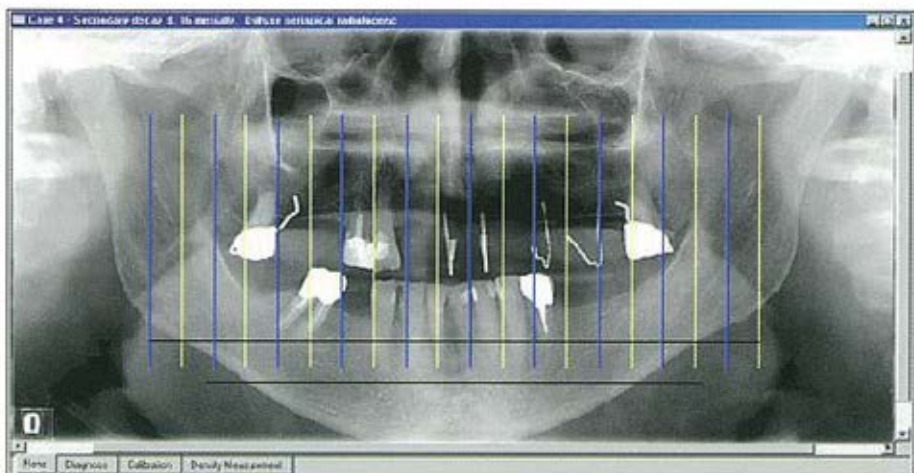
μέσω του λογισμικού (Εικ.8) Γίνεται λήψη καθέτων τομών της επιλεγμένης περιοχής και εκ νέου εισαγωγή τους στο λογισμικό σε ψηφιακή μορφή. Κατ' αυτόν τον τρόπο, είναι πλέον δυνατή η διενέργεια μετρήσεων των διαστάσεων του φατνιακού οστού με μεγάλη ακρίβεια, ενώ ταυτόχρονα παρέχονται όλες οι δυνατότητες επεξεργασίας μιας ψηφιακής εικόνας όπως για παράδειγμα η βελτίωση της φωτεινότητας, της αντίθεσης, μεγεθύνσεις της περιοχής ενδιαφέροντος κ.α.

Μια ιδιαίτερη επιπλέον δυνατότητα που δίνεται με την επεξεργασία των καθέτων τομών σε ψηφιακή μορφή είναι αυτή που επιτρέπει στον κλινικό την επιλογή συγκεκριμένου μεγέθους και τύπου εμφυτεύματος από μια "βιβλιοθήκη" οστεοενσω-

ματούμενων εμφυτευμάτων που παρέχει το λογισμικό και η εικονική τοποθέτησή του στην επιλεγμένη θέση (Εικ.9α,β) Επιπρόσθετα, με την αυτόματη αντιστοίχιση των καθέτων τομών με την αρχική πανοραμική από το πρόγραμμα, είναι δυνατή η εικονική προβολή των εμφυτευμάτων και στην πανοραμική απεικόνιση προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα του πιθανού μετεγχειρητικού αποτελέσματος βάσει των επιλογών που λαμβάνονται κατά τον προεγχειρητικό σχεδιασμό. (Εικ. 9γ)

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Η τεχνική της ελικοειδούς τομογραφίας διακρίνεται από μια σειρά πλεονεκτημάτων σε σύγκριση με άλλες τεχνικές απεικόνισης των

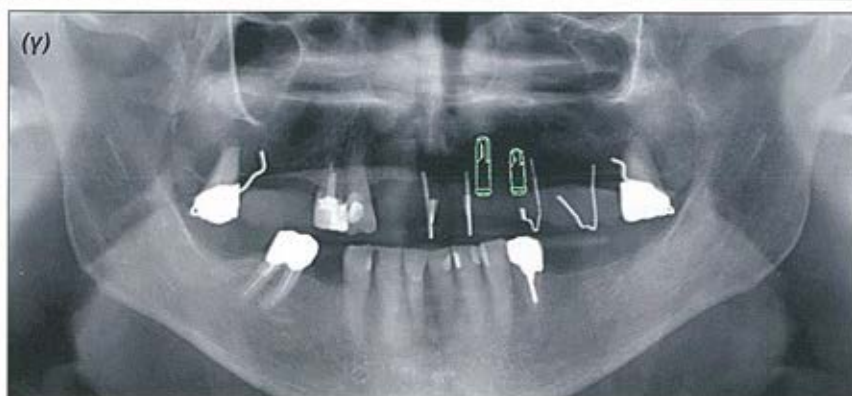
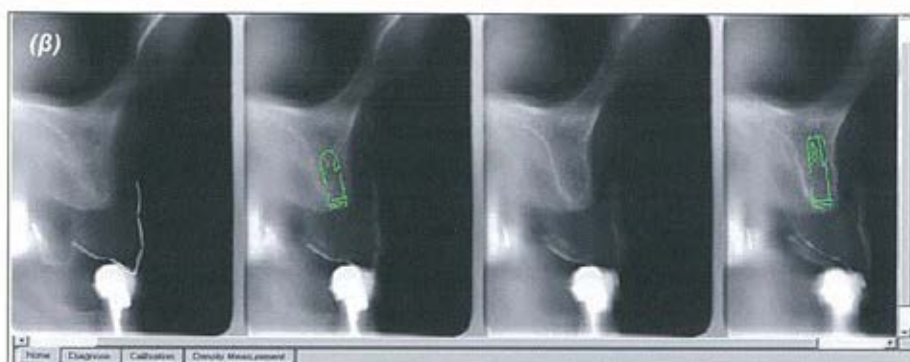
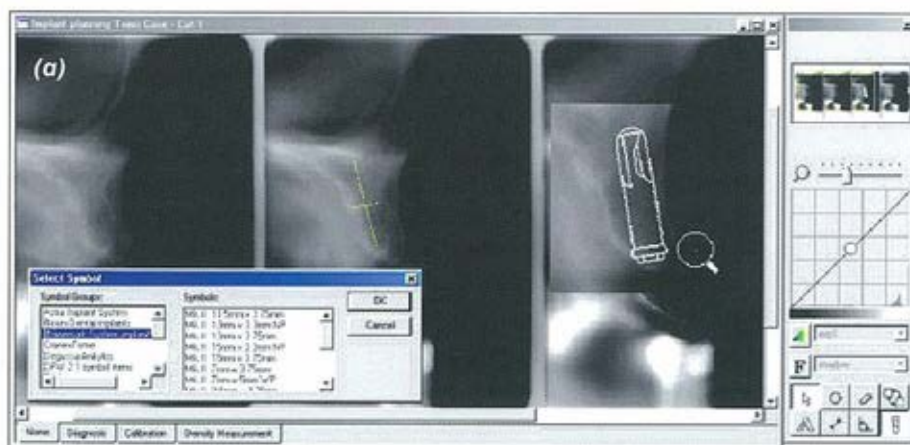


γνάθων κατά τον προεγχειρητικό έλεγχο. Λόγω της σύνθετης κίνησης μειώνονται στο ελάχιστο οι επιπροβολές των επικείμενων ανατομικών μορίων και οι ανεπιθύμητες σκιάσεις, ενώ ταυτόχρονα δεν υπάρχουν παρεμβολές από πιθανές μεταλλικές προσθέσεις και εμφράξεις στο φραγμό του ασθενούς δίνοντας καθαρές απεικονίσεις των καθέτων τομών. Επιπρόσθετα η μεγέθυνση της τελικής απεικόνισης είναι σταθερή και δίνεται από τον κατασκευαστή, προσφέροντας τη δυνατότητα ακριβούς υπολογισμού του διαθέσιμου φατνιακού

Εικόνα 8. Ο σχεδιασμός της περιοχής τοποθέτησης του εμφυτεύματος και η επιλογή του αντιστοίχου προγράμματος λήψης τομών γίνεται μέσω του ειδικού λογισμικού

οστού στις τρεις διαστάσεις και της ακριβούς εντόπισης των σημαντικών ανατομικών μορίων.

Όπως κάθε τεχνική όμως διακρίνεται και από μια σειρά μειονεκτημάτων και περιορισμών. Συγκεκριμένα είναι δυνατή η εξέταση με κάθετες τομές συγκεκριμένης μόνο περιοχής ανά λήψη, ένας περιορισμός κοινός για όλες τις τεχνικές συμβατικής τομογραφίας. Η εξέταση του συνόλου των γνάθων με την τεχνική αυτή θα απαιτούσε μεγάλους χρόνους εξέτασης και θα ήταν μια διαδικασία κοπιαστική για τον ασθενή. Επιπρόσθετα, η ευκρίνεια των απεικονίσεων που κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική, έως και άριστη σε ορισμένες περιπτώσεις, δεν παύει να προϋποθέτει την σωστή τοποθέτηση του ασθενούς



Εικόνα 9. (α) Επεξεργασία των καθέτων τομών (π.χ. φωτεινότητα, αντίθεση, μεγέθυνση), διεκτέργεια μετρήσεων των διαστάσεων του φατνιακού οστού, (β) επιλογή συγκεκριμένου μεγέθους και τύπου εμφυτεύματος από μια "βιβλιοθήκη" οστεοσενσωματούμενων εμφυτευμάτων που παρέχει το λογισμικό και εικονική τοποθέτησή του στην επιλεγμένη θέση και (γ) αντιστοίχιση της θέσης τοποθέτησης των εμφυτευμάτων στο πανοραμικό ακτινογράφημα

ώστε να θεωρηθεί δεδομένη. Η γνώση τόσο των πλεονεκτημάτων όσο και των μειονεκτημάτων και περιορισμών της τεχνικής της συμβατικής τομογραφίας δίνει τη δυνατότητα στον κλινικό να αξιολογεί κάθε περιστατικό ξεχωριστά και να θεωρεί ως ένδειξη ή αντένδειξη την εφαρμογή συγκεκριμένης τεχνικής κατά τον προεγχειρητικό έλεγχο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ekestubbe A, Grondahl K, Ekholm S, Johansson PE, Grondahl HG. Low-dose tomographic techniques for dental implant planning. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1996 Sep-Oct;11(5):650-9.
2. Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol*. 1999 Jul;28(4):245-8.
3. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol*. 1998;8(9):1558-64.
4. Gher ME, Richardson AC. The accuracy of dental radiographic techniques used for evaluation of implant fixture placement. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1995 Jun;15(3):268-83.
5. Aryatawong S, Aryatawong K. Evaluation of the inferior alveolar canal by cross-sectional hypocycloidal tomography. *Implant Dent*. 2000;9(4):339-45.
6. Klinge B, Petersson A, Maly P. Location of the mandibular canal: comparison of macroscopic findings, conventional radiography, and computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1989 Winter;4(4):327-32.
7. Tammissalo E, Hallikainen D, Kanerva H, Tammissalo T. Comprehensive oral X-ray diagnosis: Scanora multimodal radiography. A preliminary description. *Dentomaxillofac Radiol*. 1992 Feb;21(1):9-15.
8. Kaeppeler G, Nestle B, Reinert S. Radiographic imaging of the mastoid process with conventional tomography: a novel positioning technique. *Dentomaxillofac Radiol*. 2001 Jan;30(1):56-8.
9. Dixon DR, Morgan R, Hollender LG, Roberts FA, O'Neal RB. Clinical application of spiral tomography in anterior implant placement: case report. *J Periodontol*. 2002 Oct;73(10):1202-9.
10. Serhal CB, van Steenberghe D, Quirynen M, Jacobs R. Localisation of the mandibular canal using conventional spiral tomography: a human cadaver study. *Clin Oral Implants Res*. 2001 Jun;12(3):230-6.
11. Bou Serhal C, Jacobs R, Persoons M, Hermans R, van Steenberghe D. The accuracy of spiral tomography to assess bone quantity for the preoperative planning of implants in the posterior maxilla. *Clin Oral Implants Res*. 2000 Jun;11(3):242-7.
12. Grondahl K, Ekestubbe A, Grondahl HG. A multimodal unit for comprehensive dento-maxillofacial radiography. *Dent Update*. 1993 Dec;20(10):436-40.

Η Χρήση της Υπολογιστικής (Αξονικής) Τομογραφίας στον Προεγχειρητικό Έλεγχο των Γνάθων για την Τοποθέτηση Οστεοενσωματούμενων Εμφυτευμάτων

Κώστας Τσιχλάκης

*Αναπληρωτής Καθηγητής Διαγνωστικής και Ακτινολογίας,
Οδοντιατρικής Σχολής Παν/μίου Αθηνών*

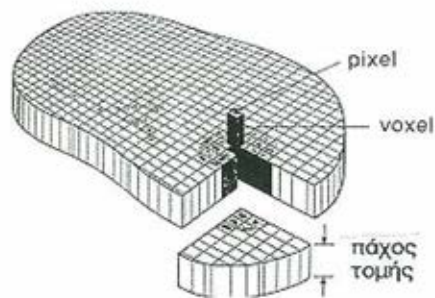
Εισαγωγή - Βασικές Αρχές

Η αξονική τομογραφία (Α.Τ.) αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη ανακάλυψη στην Ακτινολογία μετά την ανακάλυψη των ακτίνων Χ από τον Roentgen το 1895. Ο πρώτος αξονικός τομογράφος, ο οποίος εγκαταστάθηκε στο νοσοκομείο Atkinson Morley του Λονδίνου το 1971, κατασκευάστηκε από τον Βρετανό μηχανολόγο G.N. Hounsfield. Το μηχάνημα αυτό είχε χρόνο σάρωσης (για πλήρη περιστροφή της λυχνίας) 4 min και πάχος τομής περισσότερο από 1 εκ και εξέταζε μόνο τον εγκέφαλο¹. Σήμερα η εξέλιξη της τεχνολογίας είναι τόσο μεγάλη που ο χρόνος σάρωσης έχει μειωθεί στο 1 sec και το πάχος τομής στο 1 χιλ., ενώ η ελικοειδής μορφή της αξονικής τομογραφίας επιτρέπει την πλήρη εξέταση του θώρακα σε λιγότερο από 7 sec². Ακόμα με τους σύγχρο-

νους αξονικούς τομογράφους είναι δυνατή η μελέτη της ροής του αίματος στα αγγεία ή η λήψη στεφανιογραφήματος με την απλή χορήγηση ενδοφλέβιου σκιαγραφικού υγρού.

Η τεχνική της αξονικής ή υπολογιστικής τομογραφίας βασίζεται στη διέλευση μιας πολύ λεπτής ακτινικής δέσμης, περιστρεφόμενης σε ένα επίπεδο, μέσω του ανθρωπίνου σώματος που όπως είναι γνωστό, περιέχει ιστούς διαφόρων πυκνοτήτων. Η ακτινική δέσμη διέρχεται μέσα από τους ιστούς του ανθρωπίνου σώματος με διαφορετικές προβολικές κατευθύνσεις και ένα μέρος της απορροφάται σε βαθμό ανάλογο με το συντελεστή απορρόφησης των διαφόρων ιστών. Κατά την έξοδο της από το ανθρώπινο σώμα, η ακτινική δέσμη βγαίνει εξασθενημένη - ανάλογα με την πυκνότητα και την ανατομική σύσταση των δομών από τις οποίες διήλθε.

Οι τιμές εξασθένησης της ακτινοβολίας καταγράφονται από ειδικούς ανιχνευτές που είναι τοποθετημένοι σε αντιδιαμετρική θέση ως προς την εστία της ακτινολογικής λυχνίας³. Η ακτινική δέσμη που διαπέρασε το ανθρώπινο σώμα και η δέσμη αναφοράς, μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα και στη συνέχεια σε ψηφιακούς αριθμούς, οι οποίοι υφίστανται σειρά μαθηματικών επεξεργασιών από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή του συστήματος και υπολογίζονται οι σχετικές τιμές εξασθένησης της ακτινοβολίας. Με τη βοήθεια ειδικού προγράμματος του ηλεκτρονικού υπολογιστή στη συνέχεια, γίνεται η ανακατασκευή της εικόνας της τομής. Το τελικό προϊόν της ανασύνθεσης είναι μια σειρά αριθμών που αποτελούν τη ψηφιακή εικόνα. Ο κάθε ένας από τους αριθμούς αυτούς παριστάνει το συντελεστή γραμμικής εξασθένησης της ακτινοβολίας, από ένα στοιχείο μικρού όγκου της εξεταζόμενης τομής (voxel)⁴. Όταν ολοκληρωθεί ο υπολογισμός των συντελεστών εξασθένησης τότε ο ηλεκτρονικός υπολογιστής μετατρέπει τους ψηφιακούς αριθμούς σε διαβαθμίσεις πυκνότητας στη κλίμακα του γκριζου. Με τον τρόπο αυτόν η ανασύνθεση των πληροφοριών γίνεται σε μια επίπεδη επιφάνεια που διαιρείται σε μικρά τετραγωνίδια. Κάθε μικρό τετραγωνίδιο παριστά τη μετατροπή της ψηφιακής εικόνας κάθε ενός voxel της τομής, σε διαβάθμιση του γκριζου και ονομάζεται pixel (Εικ 1.).



Εικόνα 1. Σχηματική παράσταση τομής η οποία χωρίζεται σε μικρά ορθογώνια παραλληλεπίπεδα τα οποία ονομάζονται voxels. Η άνω επιφάνεια κάθε voxel ονομάζεται pixel.

Το σύστημα του αξονικού τομογράφου αποτελείται από το σύστημα λυχνίας-ανιχνευτών, την ακτινολογική τράπεζα, τον κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή και το χειριστήριο. Το σύστημα λυχνίας - ανιχνευτών ακτινοβολίας αποτελεί τη μονάδα σάρωσης του αξονικού τομογράφου (Gantry). Η εξέλιξη οδήγησε σε τροποποιήσεις στη διάταξη λυχνίας και ανιχνευτών, τον αριθμό των ανιχνευτών και το είδος της κίνησης κατά τη σάρωση, χαρακτηρίζοντας έτσι τις διαφορετικές γενεές (πρώτη έως τέταρτη) αξονικών τομογράφων⁵. Στα μηχανήματα 4ης γενεάς που ακόμη χρησιμοποιούνται, οι ανιχνευτές που είναι περισσότεροι από 2000 διατάσσονται σε ένα δακτύλιο που περιβάλλει τον ασθενή, ενώ η λυχνία περιστρέφεται 3600 γύρω από το σώμα του ασθενούς εσωτερικά του δακτυλίου των ανιχνευτών. Σε μια πλήρη περιστροφή της λυχνίας οι προβολές που λαμβάνονται με δια-

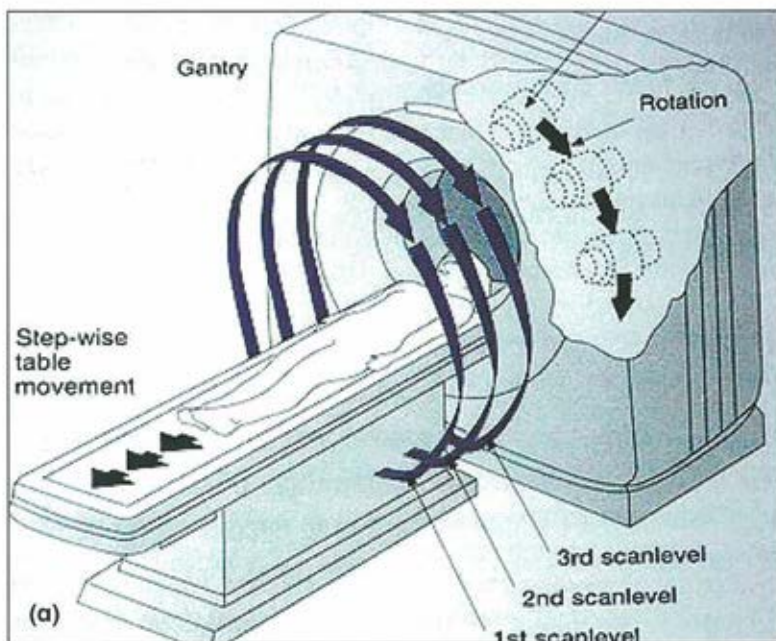
φορετικές γωνίες είναι πάνω από 1000 σε χρονικό διάστημα 1 sec ή και λιγότερο.

Η νεότερη εξέλιξη στους αξονικούς τομογράφους αφορά την εφαρμογή της "ογκομετρικής υπολογιστικής τομογραφίας (volume computerized tomography)" με την εισαγωγή της ελικοειδούς τεχνικής (spiral CT). Με την τεχνική αυτή υπάρχει η δυνατότητα της ταυτόχρονης μετακίνησης της ακτινολογικής τράπεζας και της συνεχούς περιστροφής της ακτινοπαραγωγού λυχνίας, πράγμα που καθιστά το χρόνο εξέτασης ελάχιστο⁶. Η διαφορά στο τρόπο εξέτασης με τον συμβατικό τομογράφο και με τον ογκομετρικό τομογράφο φαίνεται στην εικόνα (2α και 2β). Με τα νεότερα αυτά μηχανήματα η εξέταση του θώρακα και των πνευμόνων έχει περιοριστεί στα 7 sec. Στο σύστημα αυτό η πορεία της ακτινοπαραγωγού λυχνίας περιγράφει μια ελικοειδή τροχιά με την εστία της να ευρίσκεται σε μια γραμμή κάθετη στο επίπεδο της περιστροφής⁹. Οι ελικοειδείς αξονικοί τομογράφοι συνεχώς εξελίσσονται με αποτέλεσμα τη δραστική μείωση του χρόνου εξέτασης αλλά και την ελάττωση του ποσού της ακτινοβολίας που δέχεται ο ασθενής. Η εξέλιξη αυτή ουσιαστικά αφορά τη διάταξη των ανιχνευτών της ακτινοβολίας, όχι μόνο σε μια, αλλά σε πολλαπλές σειρές απέναντι στην ακτινοπαραγωγό λυχνία με αποτέλεσμα να είναι δυνατή ακόμα και η μελέτη της κίνησης όπως π.χ. η ροή της κίνη-

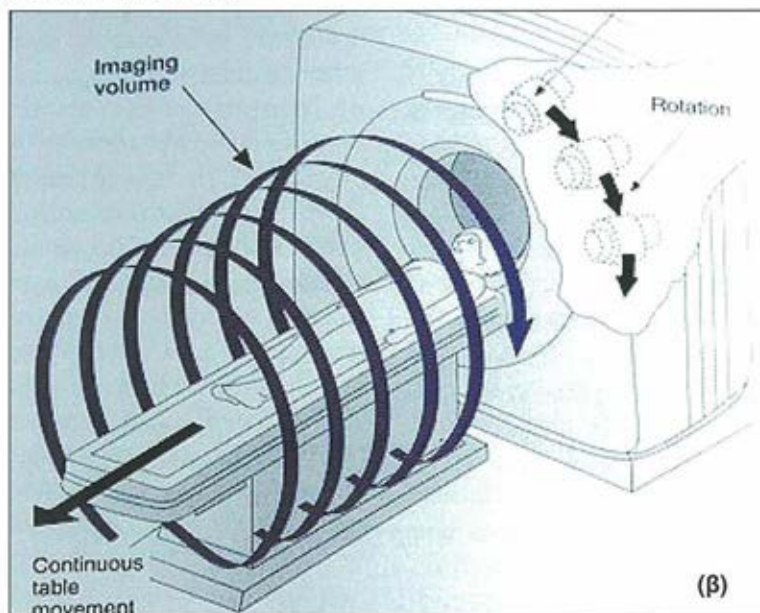
σης μέσα στα αγγεία. Έτσι ένα καινούργιο κεφάλαιο αναπτύχθηκε στην αξονική τομογραφία, η αξονική τρισδιάστατη αγγειογραφία και τελευταία η αξονική στεφανιογραφία.

Οδοντιατρικός Υπολογιστικός Τομογράφος

Πρόσφατα κυκλοφόρησε στο εμπόριο ο πρώτος υπολογιστικός οδοντιατρικός τομογράφος (QR Newtom, Verona Italy), που βασίζεται στην αρχή της "χαμηλής δόσης, κωνικής δέσμης υπολογιστικής τομογραφίας" και είναι σχεδιασμένος για την απεικόνιση μόνο των σκληρών ιστών του σπλαγχνικού κρανίου⁷. Το σύστημα σάρωσης του οδοντιατρικού τομογράφου αποτελείται από τη λυχνία σταθερού και υψηλού kilovoltage (110kV) και από έναν επίπεδο αισθητήρα (512 x 512 pixels) συνδεδεμένο στο άλλο άκρο της λυχνίας. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος διαφέρει από τους ιατρικούς τομογράφους, κυρίως ως προς το ότι δεν απαιτείται η αρχική λήψη των εγκάρσιων τομών για την περαιτέρω ανασύνθεση της εικόνας, αλλά αυτές οι εγκάρσιες τομές δημιουργούνται ψηφιακά από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή του συστήματος, έπειτα από επεξεργασία του ψηφιακού ειδώλου του αντικειμένου που ακτινοβολήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, η πηγή ακτινοβολίας περιστρέφεται μία μόνο φορά, κατά 360° γύρω από τον ασθενή, ενώ η ακτινολογική



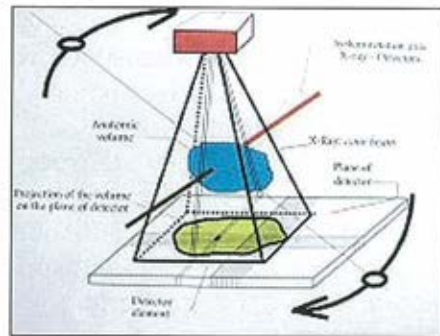
Εικόνα 2. Η διαφορά του τρόπου εξέτασης με τον συμβατικό τομογράφο και με τον ογκομετρικό τομογράφο. **(α)** Εξέταση με τον συμβατικό τομογράφο όπου η λήψη των εγκάρσιων τομών γίνεται χωριστά για κάθε μια από αυτές. **(β)** Εξέταση με την ελικοειδή αξονική τομογραφία όπου για τη λήψη των εγκάρσιων τομών απαιτείται συνεχής μετακίνηση της ακτινολογικής τράπεζας με ταυτόχρονη και συνεχή περιστροφή της ακτινολογικής λυχνίας. Από Hofer M.^ο, σελ 8.



τράπεζα παραμένει ακίνητη. Κατά αυτόν τον τρόπο λαμβάνεται ένα τρισδιάστατο είδωλο του αντικειμένου από διαφορετικές γωνίες (Εικ.3). Στη συνέχεια, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής του συστήματος, που είναι ένας απλός προσωπικός υπολογιστής, ανασυνθέτει το είδωλο σε εγκάρσιες τομές (primary reconstruction). Ο χρόνος ακτινοβολήσης είναι μικρός, περίπου 17 sec. Κύρια πλεονεκτήματα αυτού του νέου τύπου αξονικού τομογράφου είναι η κατά έξι φορές περίπου μικρότερη δόση ακτινοβολίας που δέχεται ο ασθενής, ο μειωμένος χρόνος εξέτασης (περίπου 70 sec), η δυνατότητα ανασύνθεσης των τομών σε όλα τα επίπεδα του χώρου σε μηδενικό χρόνο, η ταυτόχρονη εξέταση για την άνω και κάτω γνάθου, η έγχρωμη απεικόνιση σημαντικών ανατομικών μορίων, όπως ο κάτω φαρνιακός πόρος κ.α.

Τα κυριότερα μέρη του συστήματος αποτελούν:

α) το σύστημα σάρωσης (gantry) στο οποίο είναι τοποθετημένη η ακτινολογική λυχνία. Η λυχνία είναι σταθερού και υψηλού kilovoltage (110kV) με αποτέλεσμα να παράγεται διεισδυτική ακτινοβολία X η οποία δεν απορροφείται από τους μαλακούς ιστούς. Συνδεδεμένος με την ακτινολογική λυχνία και στο αντίθετο άκρο αυτής βρίσκεται ένας επίπεδος αισθητήρας 512 X 512 pixels ο οποίος καταγράφει σε ψηφιακή εικόνα την εικόνα του αντικειμένου που ακτινοβολείται. Μέσα στο σύστημα σάρωσης τοπο-



Εικόνα 3. Σχηματική απεικόνιση της αρχής λειτουργίας του οδοντιατρικού υπολογιστικού τομογράφου.

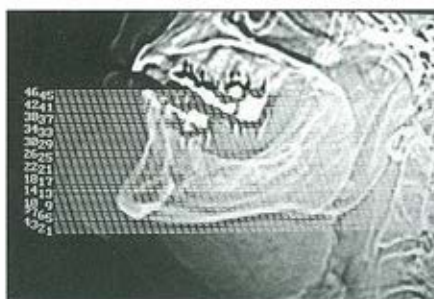
θετείται το κεφάλι του ασθενούς και με ειδικά διαφράγματα προσδιορίζεται η περιοχή που απαιτείται να ακτινοβοληθεί. Ακολούθως η ακτινολογική λυχνία περιστρέφεται 360°, μια μόνο φορά γύρω από τον ασθενή ενώ το ακτινολογικό τραπέζι παραμένει ακίνητο. Η λυχνία ακτινοβολεί για ελάχιστο χρόνο σε κάθε μια από τις 360° της περιστροφής της και έτσι λαμβάνεται ένα είδωλο του αντικειμένου από 360° διαφορετικές γωνίες.

β) Το ακτινολογικό τραπέζι στο οποίο ο ασθενής τοποθετείται σε ύπια θέση. Το ακτινολογικό τραπέζι είναι ηλεκτροκίνητο και φέρει ειδική υποδοχή για το κεφάλι του ασθενούς. Το κεφάλι του ασθενούς φέρεται εντός του συστήματος σάρωσης και εστιάζεται η περιοχή που πρέπει να ακτινοβοληθεί. Το ακτινολογικό τραπέζι σε αντίθεση με τους ιατρικούς αξονικούς τομογράφους παραμένει ακίνητο καθ'όλη τη διάρκεια της εξέτασης.

γ) Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής του συστήματος ο οποίος είναι

έναν απλό προσωπικό υπολογιστή και ο οποίος ανασυνθέτει το λαμβανόμενο είδωλο σε εγκάρσιες τομές της περιοχής. Επίσης με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος δημιουργεί όλες τις δευτερογενείς ανασυνθέσεις, δηλαδή τομές κάθετες στη φατνιακή ακρολοφία, πανοραμικές τομές και τρισδιάστατη απεικόνιση.

Για τη σάρωση της άνω ή της κάτω γνάθου, ο ασθενής τοποθετείται σε ύπια θέση στο ακτινολογικό τραπέζι και με τα δόντια σε κεντρική σύγκλειση. Η περιοχή της άνω γνάθου εστιάζεται στο κέντρο του ακτινογραφικού πεδίου και γίνεται η λήψη του ειδώλου όπως προαναφέρθηκε (συνολικός χρόνος εξέτασης 70 sec, χρόνος ακτινοβολίας 17 sec). Ο ασθενής είναι απαραίτητο να παραμείνει εντελώς ακίνητος κατά τη διάρκεια της εξέτασης. Μετά το τέλος της εξέτασης ο ασθενής απομακρύνεται από το μηχάνημα και δίνεται η εντολή στον Η.Υ. να συνθέσει τις εγκάρσιες τομές, της υπό εξέταση γνάθου. Οι τομές αυτές πρέπει να είναι απολύτως παράλληλες με το κάτω χείλος όταν θέλουμε να απεικονίσουμε την κάτω γνάθο (Εικ.4) και παράλληλες με το μασητικό επίπεδο όταν θέλουμε να απεικονίσουμε την άνω γνάθο. Η εργασία αυτή καλείται πρωτογενής ανασύνθεση και απαιτεί χρόνο 8 - 10 λεπτά, ανάλογα με το ύψος της γνάθου και όταν οι τομές αυτές απέχουν μεταξύ τους 1 mm. Κατόπιν ο εξεταστής με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος προβαί-



Εικόνα 4. Ανασύνθεση των εγκάρσιων τομών της κάτω γνάθου. Οι τομές αυτές πρέπει να είναι απολύτως παράλληλες με το κάτω χείλος της γνάθου.

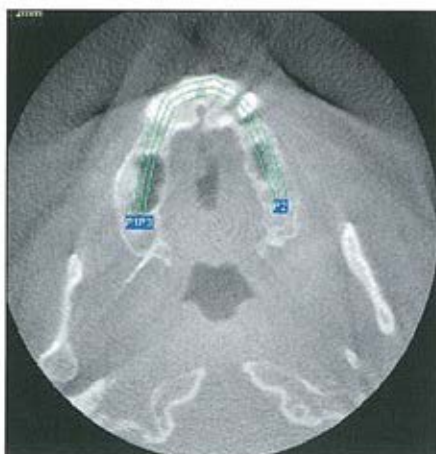
νει στις δευτερογενείς ανασυνθέσεις, σε τομές κάθετες στην ακρολοφία, πανοραμικές τομές και σε τρισδιάστατη απεικόνιση, όπως αναλυτικά θα αναφερθεί πιο κάτω.

Τρόπος Εξέτασης των Γνάθων με τα Ειδικά Λειτουργικά Προγράμματα (Software)

Από τις πρώτες δημοσιεύσεις της εφαρμογής της αξονικής τομογραφίας στον προεγχειρητικό σχεδιασμό για την τοποθέτηση των εμφυτευμάτων ήταν αυτές του Fjellstrom και του Strom⁹, καθώς και των Engstrom και Svendsen⁹. Οι συγγραφείς αυτοί περιγράφουν τα πλεονεκτήματα της αξονικής έναντι της συμβατικής τομογραφίας και σημειώνουν την αναγκαιότητα της λήψης καθέτων τομών στην ακρολοφία για τον σαφή προσδιορισμό του ύψους και του πάχους της νωδής ακρολοφίας. Οι συγγραφείς αυτοί όπως και άλλοι^{10,11,12} λόγω της ανατομικής αδυναμίας της άμεσης λήψης των τομών αυτών σε όλες τις

περιοχές των γνάθων, προτείνουν την ανασύνθεση της εικόνας από τη λήψη των εγκαρσίων τομών σε επίπεδο κάθετο στην ακρολοφία σε επιλεγμένα σημεία.

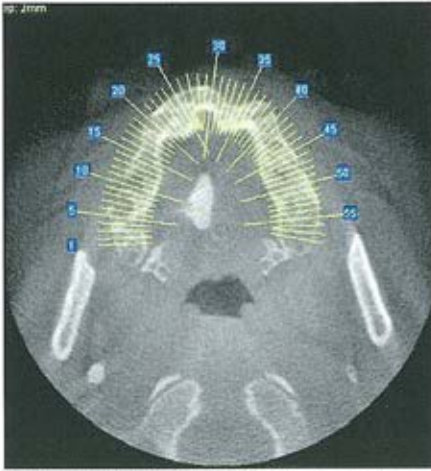
Το πρώτο λειτουργικό πρόγραμμα για τη μελέτη των γνάθων το Dental scan, κατασκευάστηκε το 1988 για τον αξονικό τομογράφο της General Electric. Πολύ γρήγορα όμως ανάλογα προγράμματα κατασκευάστηκαν και για τους τομογράφους άλλων εταιρειών. Σήμερα όλες οι εξετάσεις που γίνονται με την αξονική τομογραφία για τον προεγχειρητικό έλεγχο των εμφυτευμάτων, χρησιμοποιούν αυτά τα λειτουργικά προγράμματα. Με τα προγράμματα αυτά υπάρχει η δυνατότητα σε ελάχιστο χρόνο της σάρωσης της κάτω ή της άνω γνάθου σε τομές κάθετες στην ακρολοφία. Στις τομές αυτές είναι δυνατή η απεικόνιση της παρειογλωσσικής διάστασης χωρίς υπερεπιθέσεις άλλων ανατομικών δομών καθώς και η μελέτη του ύψους και του πάχους της γνάθου, σε περιοχές που απέχουν μόλις 2 χιλ μεταξύ τους. Επίσης είναι δυνατή η απεικόνιση της γνάθου σε πανοραμικές τομές και σε τρισδιάστατη μορφή. Μετά λοιπόν τη λήψη των εγκαρσίων τομών της υπο εξέταση γνάθου, επιλέγουμε μια από αυτές η οποία και χρησιμεύει σαν εικόνα αναφοράς των καθέτων και των πανοραμικών τομών (Εικ. 5). Στην επιλεγμένη εγκάρσια τομή είναι απαραίτητο να απεικονίζεται το μεγαλύτερο πάχος της φατνιακής ακρο-



Εικόνα 5. Εγκάρσια τομή της άνω γνάθου η οποία χρησιμεύει σαν εικόνα αναφοράς των καθέτων και των πανοραμικών τομών.

λοφίας. Ακολουθώντας με τον δρομέα (cursor) του Η.Υ. τοποθετούμε σειρά μικρών τελειών αρχίζοντας από τη δεξιά οπισθία περιοχή της ακρολοφίας και στο κέντρο αυτής, μέχρι το τέλος της αριστερής οπισθίας περιοχής. Ο Η.Υ. ενώνει τις διαδοχικές αυτές τελείες με μια καμπύλη γραμμή η οποία παριστά την καμπύλη του τόξου της φατνιακής ακρολοφίας της γνάθου. Ακολουθώντας ο Η.Υ. χαράσσει γραμμές κάθετες προς την καμπύλη της ακρολοφίας και σε αποστάσεις που ορίζει ο εξεταστής (συνήθως ανα 2 χιλ.) (Εικ. 6).

Οι κάθετες γραμμές αριθμούνται από τον Η.Υ. αρχίζοντας από πίσω και δεξιά του ασθενούς και τελειώνοντας πίσω αριστερά. Οι γραμμές αυτές αντιπροσωπεύουν τις ανασυντιθεμένες κάθετες τομές στην ακρολοφία. Το λογισμικό πρόγραμμα έχει προγραμματισθεί έτσι ώστε



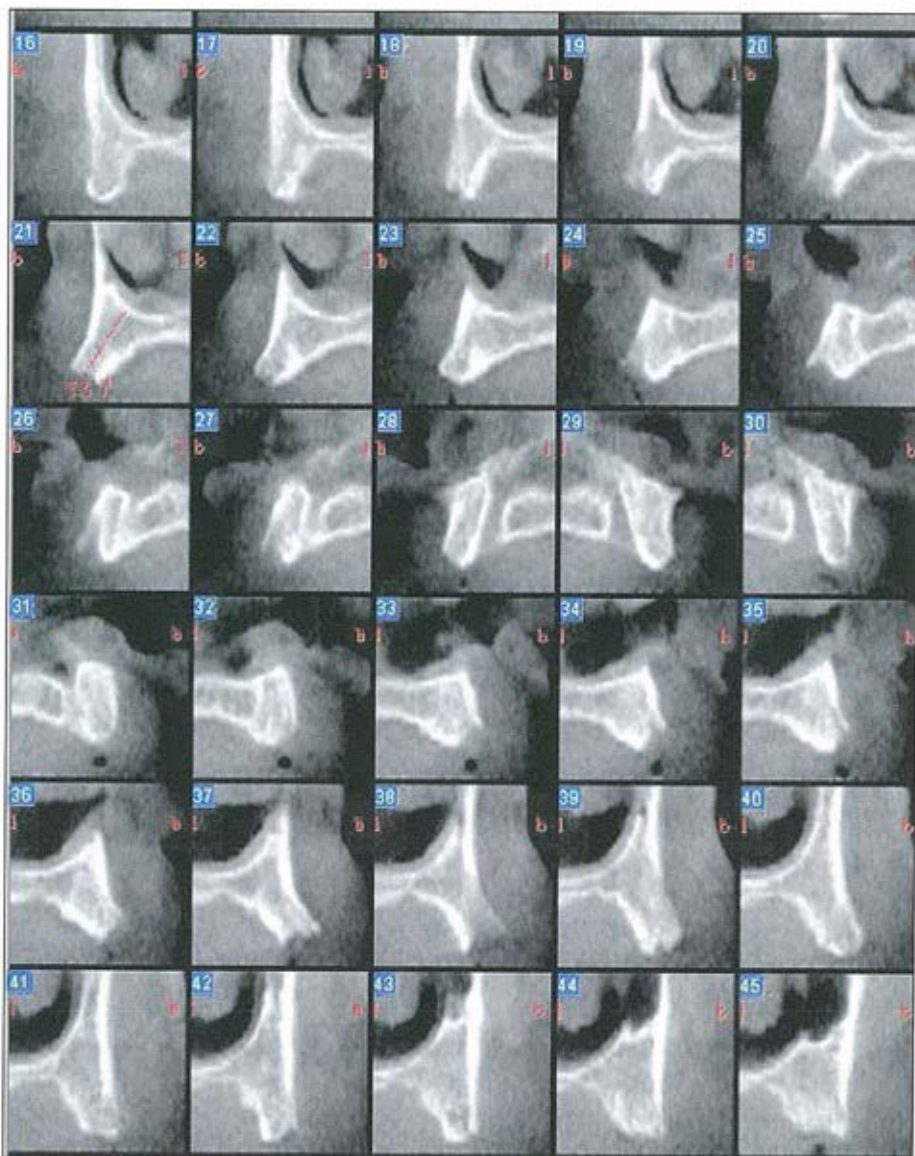
Εικόνα 6. Κάθετες γραμμές προς τη καμπύλη της ακρολοφίας που αντιπροσωπεύουν τις κάθετες τομές.

αφού τοποθετήσει όλες τις εγκάρσιες τομές τη μια πάνω στην άλλη, ακολούθως να τέμνει τη γνάθο κάθετα στην ακρολοφία διαδοχικά και σε απόσταση 2 χιλ (απόσταση που ορίζει ο εξεταστής) σε όλο το μήκος αυτής. Έτσι ανάλογα με το μήκος της γνάθου που εξετάζεται σχηματίζονται αρκετές (μέχρι και 60) κάθετες τομές που καλύπτουν διαδοχικά όλη τη γνάθο (Εικ.7). Οι τομές αυτές δεν έχουν πάχος, είναι δισδιάστατες και από αυτές και μόνο μπορεί να αξιολογηθεί το ακριβές ύψος και πάχος της νωδής άνω ή κάτω γνάθου σε οποιοδήποτε σημείο αυτής.

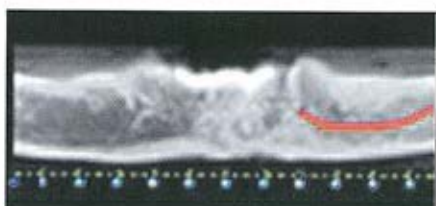
Οι πανοραμικές τομές είναι ανασυντεθιμένες από τον Η.Υ. τομές, όπως και οι κάθετες τομές στην ακρολοφία. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμες ιδίως για την εντόπιση των διαφόρων ανατομικών μορίων και για τη συσχέτιση και αντιστοιχία των

καθέτων τομών. Η κεντρική πανοραμική τομή αντιστοιχεί στην οβελιαία τομή της γνάθου όπου έχει σχεδιαστεί από τον εξεταστή η καμπύλη του τόξου. Προκειμένου για την κάτω γνάθο είναι απαραίτητο η τομή αυτή να περικλείει την πορεία του κάτω φατνιακού πόρου (Εικ.8). Με το πρόγραμμα του οδοντιατρικού υπολογιστικού τομογράφου είναι δυνατό να γίνει το μαρκάρισμα του πόρου στην πανοραμική τομή και ακολούθως το πρόγραμμα να σημαδέψει την εντόπιση του πόρου σε κάθε κάθετη τομή (Εικ.9). Επίσης ο Η.Υ. ανασυνθέτει δύο παράλληλες και εκατέρωθεν της κεντρικής, πανοραμικές τομές οι οποίες παριστούν την παρειακή και γλωσσική (υπερώια τομή). Στο κάτω μέρος των πανοραμικών εικόνων υπάρχει κλίμακα με νούμερα τα οποία αντιστοιχούν στα νούμερα των καθέτων τομών. Έτσι κάθε κάθετη τομή μπορεί να εντοπισθεί με ακρίβεια στην πανοραμική τομή.

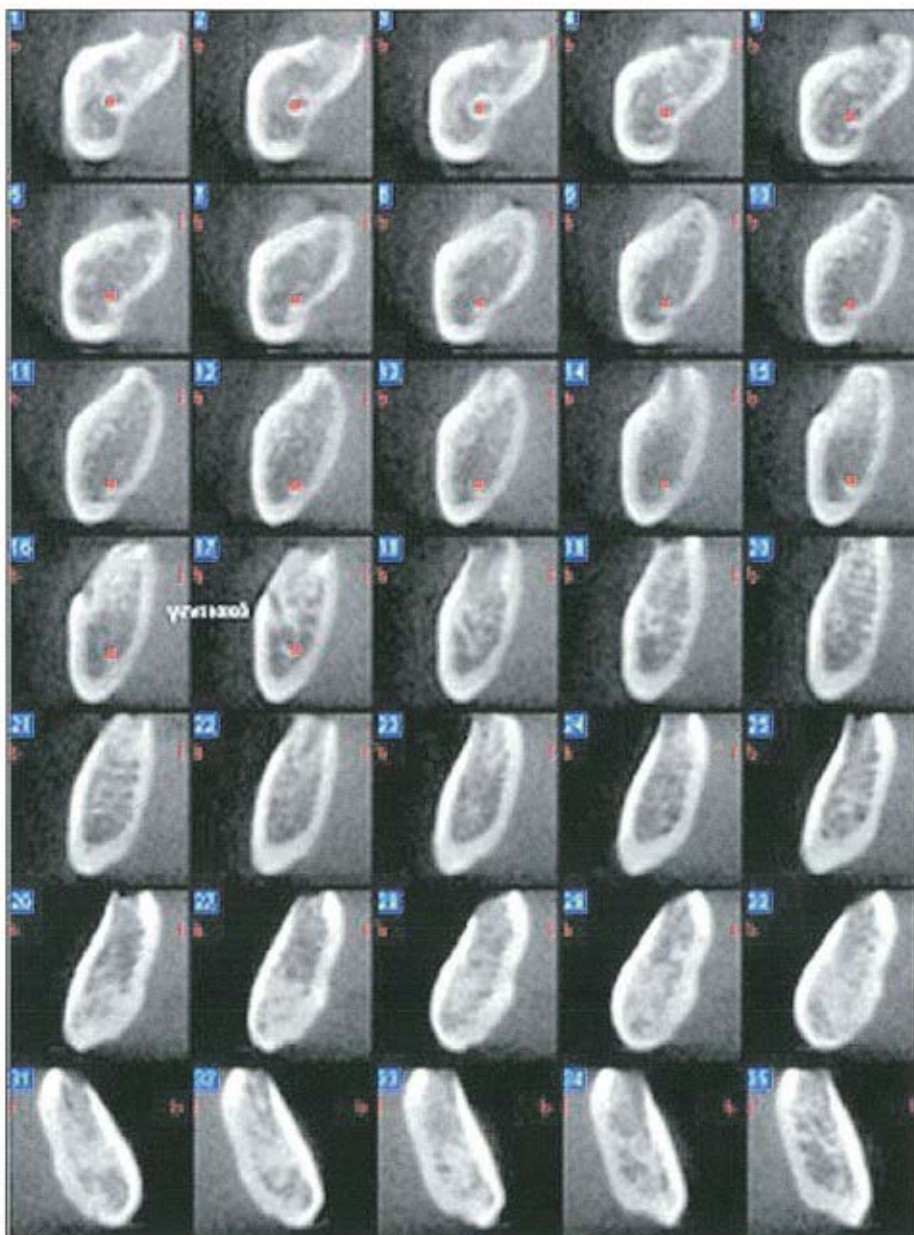
Τέλος ο Η.Υ. του συστήματος μπορεί να υπερεπιθέσει όλες τις αρχικές εγκάρσιες τομές, τη μια πάνω στην άλλη και να δημιουργήσει τρισδιάστατη απεικόνιση της γνάθου που εξετάστηκε. Η άνω και η κάτω γνάθος μπορούν να στρεφθούν σε όλα τα επίπεδα το χώρου και να απεικονιστούν με διαφορετικές οπτικές γωνίες (Εικ. 10). Έτσι είναι δυνατή η απεικόνιση των διαφόρων εξωτερικών οστικών επιφανειών των γνάθων καθώς και η μεγέθυνση ορισμένων τμημάτων αυτών. Γενικώς η τρισδιάστατη απεικόνιση



Εικόνα 7. Κάθετες τομές στην ακρολοφία της άνω γνάθου.



Εικόνα 8. Πανοραμική τομή της κάτω γνάθου όπου έχει μαρκαριστεί η πορεία του φατνιακού πόρου.



Εικόνα 9. Κάθετες τομές στη κάτω γνάθο όπου έχει σηματοδοτεί η εντόπιση του φατνιακού πόρου.



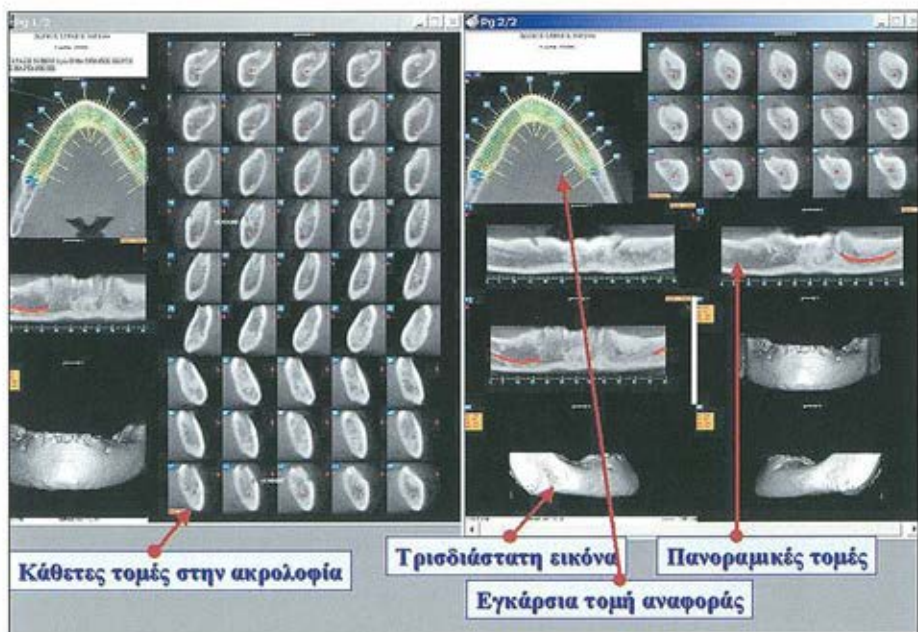
Εικόνα 10. Τρισδιάστατη απεικόνιση κάτω γνάθου.

δεν έχει πολλά να προσφέρει στην αξιολόγηση του οστικού υποστρώματος για την τοποθέτηση εμφυτευμάτων, ούτε είναι δυνατόν να γίνουν μετρήσεις εφόσον η μεγέθυνση της εικόνας είναι μεταβλητή. Η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι περισσότερο χρήσιμη στη μελέτη των διαταραχών ανάπτυξης, ασυμμετριών ή κρανιοπροσωπικών ανωμαλιών.

Στην Εικ.11 απεικονίζονται τα δύο φιλμ μιας τυπικής εξέτασης της κάτω γνάθου με την αξονική τομογραφία. Επάνω δεξιά και στα δύο φιλμ απεικονίζεται η εγκάρσια τομή αναφοράς στην οποία έχει σχεδιαστεί η καμπύλη της ακρολοφίας και οι κάθετες γραμμές, ανά 2 χιλ. που αντιστοιχούν στις κάθετες τομές της ακρολοφίας της κάτω γνάθου. Οι κάθετες τομές στην ακρολοφία απεικονίζουν σε δισδιάστατη μορφή, τη παρειογλωσσική διάσταση της κάτω γνάθου, τη σχέση συμπαγούς και σπογγώδους πετάλλου, τη μορφολογία του οστού της γνάθου και την εντόπιση του κάτω φατνιακού πόρου και των γενειακών τρημάτων. Μόνο στις τομές αυτές θα αξιολογηθεί το ύψος και το πάχος της γνάθου για την επιλογή του καταλληλότερου εμφυτεύματος. Οι πανοραμικές τομές παριστούν την παρειακή, τη κεντρική και τη γλωσσική τομή της κάτω γνάθου, εμφανίζουν στο σύνολο της την πορεία του κάτω φατνιακού νεύρου, η οποία έχει μαρκαριστεί, και με τη κλίμακα που υπάρχει στο κάτω μέρος είναι δυνατή η εντόπιση και η αντιστοιχία των κάθετων τομών. Τέλος στη τρισδιάστατη εικόνα απεικονίζεται το οστό της κάτω γνάθου από εμπρός, από τη δεξιά και από την αριστερή πλευρά.

Γενικά στη μελέτη της αξονικής τομογραφίας θα πρέπει να προσεχθούν τα παρακάτω 7 σημεία:

1. Όλες οι εικόνες προέρχονται από ανασυνθέσεις των εγκαρ-



Εικόνα 11. Απεικόνιση των δύο φίλμς μιας τυπικής εξέτασης της κάτω γνάθου με την αξονική τομογραφία.

- σίων τομών.
2. Οι κάθετες τομές αποτελούν δισδιάστατη απεικόνιση σε παρειογλωσσικό επίπεδο.
 3. Οι κάθετες τομές δεν έχουν πάχος.
 4. Οι διαστάσεις (ύψος - πάχος ακρολοφίας) μετρούνται μόνο στις κάθετες τομές.
 5. Από τον αριθμό των καθέτων τομών προσδιορίζεται η απόσταση από τα ανατομικά μέρια.
 6. Οι πανοραμικές τομές χρησιμεύουν για την ακριβή εντόπιση των καθέτων τομών και των ανατομικών μορίων.
 7. Η τριδιάστατη εικόνα απεικονίζει μόνο την εξωτερική μορφολογία των γνάθων

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά οι πληροφορίες που μπορούμε να πάρουμε από την υπολογιστική τομογραφία για τη κάτω γνάθο αφορούν:

1. Το εύρος και το ύψος της ακρολοφίας
2. Τη σχέση συμπαγούς και σπογγώδους πετάλλου
3. Την εντόπιση κάτω φατνιακού πόρου
4. Την εντόπιση των γενειακών τρημάτων
5. Το σχήμα της ακρολοφίας
6. Πληροφορίες για τυχόν οστεοπορωτικές εξεργασίες
7. Την πιθανή ύπαρξη εξεσημασμένου γναθιαίου βόθρου

Για την άνω γνάθο:

1. Το εύρος και το ύψος της ακρολοφίας
2. Τη σχέση συμπαγούς και σπογγώδους πετάλλου
3. Την εντόπιση του εδάφους του ιγμορείου άντρου
4. Την εντόπιση εδάφους της ρινικής κοιλότητας
5. Τη μορφολογία και το μέγεθος του τομικού πόρου
6. Τη μορφολογία και παθολογία του ιγμορείου άντρου
7. Πληροφορίες για τυχόν οστεοπορωτικές εξεργασίες
8. Την ύπαρξη επαρκούς υποστρώματος στο γναθιαίο κύρτωμα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ανδρέου Ι. Εφαρμογή της εγκάρσιας τομογραφίας στη διερεύνηση των χωροκατακτητικών εξεργασιών των καρδιακών κοιλότητων. Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα, 1983 σελ 17-30.
2. Costelo P, Dupuy D.E., Ecker C.P., Tello R. Spiral CT of the thorax with reduced volume of contrast material: a comparative study. *Radiology*, 1992, 183: 663 - 666.
3. Morgan C.L. Basic principles of computed tomography. University Park Press, Baltimore, 1983.
4. Πρίφτη Μ, Speller R.D. Αρχές αξονικής τομογραφίας. *Ελληνική Ακτινολογία* 1994, 25: 130-137.
5. Barnes G.T., Lakshminarayanan A.V. In Lee, Sagel, Stanley's. *Computed Body Tomography*. 2nd ed. Raven Press, New York., p. 1 - 60.
6. Hofer M. *CT Teaching Manual*. Thieme, New York, 2000, p 6 - 9.
7. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric machine for dental imaging based on the cone beam technique: Preliminary results. *Eur Radiol* 1998, 1558-64.
8. Fjellstrom C.A., Strom C. Ct of the edentulous maxilla intended for osseointegrated implants. *J Cranio Max. Fac. Surg.*, 1987, 15: 45-46
9. Angstrom H, Svendsen P. Computed tomography of the maxilla in edentulous patients. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 1981, 52: 557-560.
10. Rothman SLG, Chafetz N, Rhodes ML, Schwarz MS. CT in the preoperative assessment of the mandible and the maxilla for endosseous implant surgery. *Radiology* 1988;168:171-5.
11. Williams MYA, Mealey BL, Hallmon WW. The role of computerized tomography in dental implantology. *Int J oral Maxillofac Implants* 1992;7:373-9.
12. Andersson JE, Svartz K. CT-scanning in the preoperative planning of osseointegrated implants in the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1988;17:33-5.

Απεικονιστικές Μέθοδοι Κατά τη Διάρκεια της Χειρουργικής Τοποθέτησης των Οστεοενσωματούμενων Εμφυτευμάτων

Μάστορης Μ.

Οδοντίατρος, MSc. Ακτινολογίας Παν/μίου Karolinska, Στοκχόλμη, Σουηδία

Περίληψη

Η ακριβής απεικόνιση στη διάρκεια της χειρουργικής τοποθέτησης των εμφυτευμάτων θεωρείται πολύ σημαντική για την πρόγνωση και τη μακροχρόνια διατήρηση της τελικής αποκατάστασης, αφού αξιολογείται η πορεία παρασκευής του οστικού υποστρώματος και αποφεύγεται ο τραυματισμός κρίσιμων ανατομικών στοιχείων. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται δυο συστήματα για την απεικόνιση στη διάρκεια του χειρουργείου, τα οποία βασίζονται στην ψηφιακή τεχνολογία. Το πρώτο είναι η ψηφιακή ενδοστοματική ακτινογραφία με τεχνολογία CCD (Charge-Coupled Device), η οποία με την ταχύτατη εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή καθώς και με την ελαχιστοποίηση της χορηγούμενης δόσης ακτινοβολίας προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για τον έλεγχο της χειρουργι-

κής διαδικασίας. Επίσης, πρόσφατα παρουσιάστηκε ένα σύστημα Επεμβατικής Απεικόνισης (Image Guided Implantology, IGI, DenX, Israel-USA) σχεδιασμένο ειδικά για τη διάρκεια της τοποθέτησης των εμφυτευμάτων. Με το σύστημα αυτό ελέγχονται σε πραγματικό χρόνο (real time) το βάθος αλλά και η φορά της παρασκευής του οστικού υποστρώματος και στις τρεις διαστάσεις. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιείται η πιθανότητα των επιπλοκών και των συμβαμάτων, τα οποία καταδικάζουν την πρόγνωση της τελικής αποκατάστασης. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παρουσιάσει την αρχή λειτουργίας των συστημάτων αυτών και τα πλεονεκτήματα τα οποία προσφέρουν για τον έλεγχο της πορείας της χειρουργικής διαδικασίας.

Εισαγωγή

Ο ακριβής ακτινογραφικός έλεγχος

πριν τη χειρουργική τοποθέτηση των εμφυτευμάτων έχει ως αποτέλεσμα να καταστρώνεται ένα σχέδιο θεραπείας με ευνοϊκή πρόγνωση για την τελική προσθετική αποκατάσταση και τη μακροχρόνια διατήρηση των εμφυτευμάτων. Εξίσου σημαντική όμως, θεωρείται και η απεικόνιση κατά τη διάρκεια της χειρουργικής τοποθέτησης. Με τον τρόπο αυτό συνδέονται και στην κυριολεξία "γεφυρώνονται" όλες οι διαγνωστικές πληροφορίες από τον προεγχειρητικό έλεγχο με τα δεδομένα στην ώρα της τοποθέτησης. Είναι πολύ σημαντικό να αξιολογείται σε διάφορα στάδια η πορεία της προετοιμασίας του οστικού υποστρώματος γιατί αποφεύγεται ο τραυματισμός κρίσιμων ανατομικών στοιχείων, όπως είναι το κάτω φατνιακό νεύρο ή το ιγμόρειο άντρο.

Για πολλά χρόνια το μόνο εφόδιο στα χέρια του Γναθοχειρουργού για την απεικόνιση και τη λήψη πληροφοριών στη διάρκεια του χειρουργείου ήταν το συμβατικό ακτινογραφικό πλακίδιο, το οποίο παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα και δυσκολίες στη χρήση. Τη λύση στα προβλήματα, που δημιουργεί η χρήση των συμβατικών πλακιδίων, έρχονται να προσφέρουν τα δύο συστήματα, τα οποία θα αναλυθούν στη συνέχεια.

Ψηφιακή Ακτινογραφία με CCD

Η ψηφιακή ακτινογραφία με τη χρήση του ειδικού αισθητήρα με τεχνο-

λογία CCD (Charge-Coupled Device, Διάταξη Συζευγμένων Φορτίων) (Εικ. 1) δίνει το μοναδικό πλεονέκτημα της ταχύτατης εμφάνισης της εικόνας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή (Η.Υ.).^{1,2}



Εικόνα 1. Σύστημα ψηφιακής ακτινογραφίας με τεχνολογία CCD. Διακρίνεται ο ειδικός αισθητήρας. Η τελική απεικόνιση γίνεται στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει μια άμεση αξιολόγηση της πορείας της παρασκευής στο οστό των γνάθων για την υποδοχή του εμφυτεύματος. Αποτέλεσμα είναι να επισημαίνεται, σε οποιοδήποτε στάδιο της χειρουργικής διαδικασίας κρίνεται απαραίτητο, η απόκλιση που παρουσιάζεται σε σχέση με τη φορά και το μέγεθος των εμφυτευμάτων, όπως αυτά έχουν καθορισθεί από το αρχικό σχέδιο θεραπείας (Εικ. 2).³

Η απεικονιστική αυτή τεχνική προσφέρει το μοναδικό πλεονέκτημα της ελαχιστοποίησης της χορηγούμενης δόσης ακτινοβολίας στον ασθενή.^{1,2,4} Η απαιτούμενη δόση ακτινοβολίας για ένα ψηφιακό σύ-



Εικόνα 2. Α. Η ακτινογραφία κατά τη διάρκεια του χειρουργείου αποκαλύπτει ότι η φορά παρασκευής του οστού δεν είναι η ιδανική. **Β.** Η φορά διορθώνεται και αποφεύγεται ο τραυματισμός των γειτονικών δοντιών.

στημα είναι περίπου το 30% της δόσης, που αντιστοιχεί σε ένα συμβατικό ακτινογραφικό πλακίδιο ταχύτητας E (π.χ. Ektaspeed Plus, Kodak). Το χαρακτηριστικό αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση που απαιτείται να γίνει μια δεύτερη λήψη, προκειμένου να αξιολογηθεί η πορεία μια δύσκολης χειρουργικής διαδικασίας, που έρχεται σε άμεση σχέση με κρίσιμα ανατομικά μέρια (Εικ. 3).³

Παράλληλα η χρήση της απεικονιστικής αυτής τεχνικής δίνει τη δυνατότητα της ευκολίας των κλινικών χειρισμών, αφού γίνεται μια αρχική αποστείρωση των χειρουργικών εργαλείων, ενώ ταυτόχρονα ο αισθητήρας τοποθετείται στα ειδικά προστατευτικά καλύμματα.³ Αποφεύγεται έτσι η χρήση και εναλλαγή των συμβατικών ακτινογραφικών πλακιδίων με τα μειονεκτήματά τους. Σε ένα περιβάλλον και ένα χειρουργικό πεδίο, το οποίο απαιτεί απόλυτη αποστείρωση, η λήψη ενός συμβατικού ακτινογραφήματος της περιοχής ενδιαφέρο-

ντος επιβάλλει την “ενοχλητική” διακοπή της χειρουργικής διαδικασίας. Σε μία τέτοια περίπτωση ο βοηθός θα πρέπει να βγει με την χειρουργική ποδιά έξω από τον κυρίως χώρο του ιατρείου και να κατευθυνθεί προς το σκοτεινό θάλαμο, προκειμένου να γίνει η εμφάνιση και η μονιμοποίηση της ακτινογραφίας, προτού επιστρέψει μετά από χρονικό διάστημα περίπου 4 λεπτών. Είναι φανερό όσο και αναπόφευκτο ότι ένα λάθος στη διαδικασία της λήψης ή της επεξεργα-



Εικόνα 3. Η ψηφιακή ακτινογραφία στη διάρκεια του χειρουργείου επιβεβαιώνει την ορθή θέση του εμφυτεύματος στην περιοχή των γομφίων. Διακρίνεται ο πόρος του κάτω φατνιακού νεύρου.

σίας του ακτινογραφικού πλακιδίου, θα επιβάλλει τη νέα ακτινοβόληση με αποτέλεσμα την ακόμη μεγαλύτερη καθυστέρηση της χειρουργικής διαδικασίας.

Με τη ψηφιακή ακτινογραφία η εικόνα αποθηκεύεται εύκολα στον Η.Υ. Μπορεί επομένως εύκολα να χρησιμοποιηθεί ως εικόνα αναφοράς συγκριτικά με μελλοντικές ακτινογραφίες της ίδιας περιοχής, προκειμένου να εκτιμηθεί η πορεία και η πρόγνωση της τελικής αποκατάστασης και να αξιολογηθούν τυχόν μεταβολές του φατνιακού οστού γύρω από τα εμφυτεύματα, κάτι ιδιαίτερα χρήσιμο στην Εμφυτευματολογία.

Η χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας προσφέρει τη μοναδική δυνατότητα της επεξεργασίας της εικόνας.^{2,4} Αλλαγές στη φωτεινότητα, στην αντίθεση ή η μετατροπή της αρχικής εικόνας στην αρνητική της μορφή μπορούν να βοηθήσουν στη λήψη περισσότερων πληροφοριών από ένα αρχικό ακτινογράφημα.

Ο κλινικός ιατρός, ο οποίος στη διάρκεια της χειρουργικής τοποθέτησης των εμφυτευμάτων συναντά ένα πρόβλημα και αντιμετωπίζει μια δυσκολία, μπορεί με τη βοήθεια των πλεονεκτημάτων της ψηφιακής τεχνολογίας, να ζητήσει άμεση βοήθεια από έναν εξειδικευμένο ιατρό, οπουδήποτε και αν βρίσκεται αυτός. Ο μοναδικός τεχνολογικός εξοπλισμός, που απαιτείται για το σκοπό αυτό, είναι εκτός από τον Η.Υ., μια απλή τηλεφωνική σύνδεση. Με τον τρόπο αυτό εισάγεται η

έννοια της Τηλε-Ακτινολογίας και της Τηλε-Οδοντιατρικής.

Παρά τα πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα τα οποία προσφέρει η ψηφιακή τεχνολογία για την απεικόνιση στη διάρκεια της χειρουργικής τοποθέτησης των εμφυτευμάτων δεν λύνει όλα τα προβλήματα και παρουσιάζει δυο κυρίως μειονεκτήματα. Το πρώτο είναι η δυσκολία των χειρισμών στην κλινική χρήση σε αιματηρό χειρουργικό πεδίο με τα εργαλεία τοποθετημένα στην περιοχή παρασκευής του οστού. Αποτέλεσμα είναι πολλές φορές ο στερεός και άκαμπτος αισθητήρας CCD να εμποδίζει την ιδανική τοποθέτηση για τη λήψη του ακτινογραφήματος και να μην υπάρχει σαφής απεικόνιση των ιστών ακρορριζικά του εμφυτεύματος. Παράλληλα, τα συστήματα αυτά απεικονίζουν σε δύο μόνο διαστάσεις τις τρισδιάστατες οστικές δομές και αδυνατούν να καταγράψουν και να ελέγξουν την πορεία της χειρουργικής διαδικασίας στην τρίτη διάσταση, δηλαδή την παρειο-γλωσσική. Τη λύση στο πρόβλημα αυτό αποτελεί το σύστημα, που θα αναλυθεί στη συνέχεια.

Σύστημα Επεμβατικής Απεικόνισης για Εμφυτεύματα

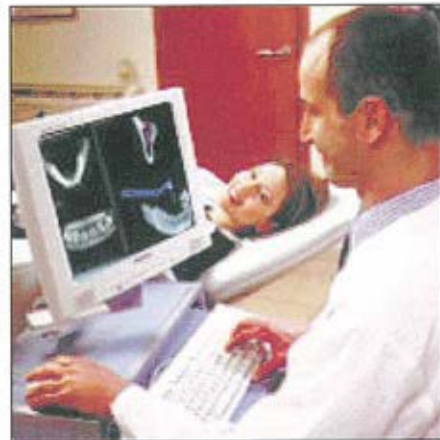
Πρόσφατα παρουσιάστηκε ένα σύστημα Επεμβατικής Απεικόνισης (Image Guided Implantology, IGI, DenX, Israel-USA) (Εικ. 4) σχεδιασμένο ειδικά για την απεικόνιση στη διάρκεια της χειρουργικής το-



Εικόνα 4. Σύστημα Επεμβατικής Απεικόνισης για την τοποθέτηση των οστεοενσωματούμενων εμφυτευμάτων (Image Guided Implantology, IGI, DenX, Israel-USA).

ποθέτησης των εμφυτευμάτων.⁵ Οι βασικές αρχές της Χειρουργικής κατευθυνόμενης από την Απεικόνιση (Image Guided Surgery) εφαρμόζονται για χρόνια στη Νεύρο-Χειρουργική, στην Ορθοπεδική Χειρουργική και στη Χειρουργική της Ωτορινολαρυγγολογίας.

Ειδικά για την περίπτωση των οστεοενσωματούμενων εμφυτευμάτων ο προεγχειρητικός έλεγχος περιλαμβάνει την Υπολογιστική Τομογραφία (Computed Tomography, CT), η οποία όμως δεν χρησιμοποιείται εκτυπωμένη σε ακτινογραφικό film, αλλά βρίσκεται αποθηκευμένη και δίνεται στον ασθενή σε ηλεκτρονική μορφή (CD-ROM). Η Υπολογιστική Τομογραφία μπορεί μέσω του λειτουργικού προγράμματος (software) που προσφέρει το



Εικόνα 5. Καθορισμός του ιδανικού σχεδίου θεραπείας σε συνεργασία με τον ασθενή.

σύστημα αυτό, να εξεταστεί σε Η.Υ. από το σύνολο των ιατρών (Γναθοχειρουργός, Περιοδοντολόγος, Προσθετολόγος), προκειμένου να καταλήξουν στο τελικό σχέδιο θεραπείας (Εικ. 5). Το πρόγραμμα αυ-

τό είναι απολύτως συμβατό με όλα τα συστήματα για τη λήψη Υπολογιστικής Τομογραφίας.

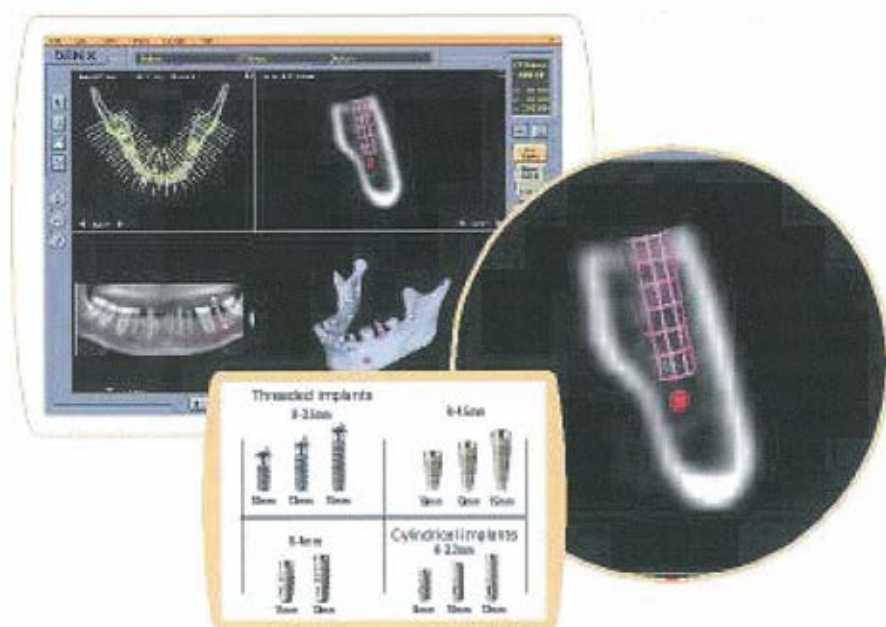
Την ώρα της μελέτης της Υπολογιστικής Τομογραφίας στην οθόνη του Η.Υ. μπορούν να περιγραφούν όλα τα κρίσιμα ανατομικά μέρια, τα οποία θα καθορίσουν το διαθέσιμο ύψος και εύρος οστού, όπως είναι ο πόρος του κάτω φατνιακού νεύρου ή το έδαφος του ιγμορείου άντρου (Εικ. 6).^{6,7} Στη συνέχεια και εκτιμώντας τις πληροφορίες αυτές μπορεί εικονικά να τοποθετηθούν εμφυτεύματα από ένα πλήθος επιλογών, στην περιοχή ενδιαφέροντος με διάφορη κλίση και διάφορο μέγεθος, προκειμένου να καθοριστεί η τελική επιλογή (Εικ. 7).^{6,7} Το τελικό σχέδιο θεραπείας επιδεικνύεται στον ασθενή, ο οποίος ενημερώνεται για τη φύση της θερα-

πείας, για το είδος των εμφυτευμάτων, τον αριθμό και την κλίση τους και εξασφαλίζεται η αρμονική συνεργασία του.

Το πραγματικά όμως επαναστατικό που προσφέρει το σύστημα αυτό είναι η απεικόνιση την ώρα του χειρουργείου σε πραγματικό χρόνο (real time).⁸⁻¹¹ Με ευαίσθητους αισθητήρες CCD και με ειδικό λειτουργικό πρόγραμμα υπολογίζεται η ακριβής θέση της κεφαλής του ασθενούς και των χειρουργικών εργαλείων για την παρασκευή του οστού. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κεφαλή του ασθενούς να είναι ακινητοποιημένη. Τα χειρουργικά εργαλεία, που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του οστού είναι εφοδιασμένα με ειδικές συσκευές εκπομπής φωτός (Light Emitting Diodes, LEDs) (Εικ. 8). Οι αισθητή-



Εικόνα 6. Περιγράφονται όλα τα κρίσιμα ανατομικά μέρια, τα οποία θα καθορίσουν το διαθέσιμο ύψος και εύρος οστού. Αυτό γίνεται είτε στις εγκάρσιες τομές των γνάθων είτε στις πανοραμικές ανασυνθέσεις.



Εικόνα 7. Τοποθετούνται εικονικά εμφυτεύματα από ένα πλήθος επιλογών με διάφορη κλίση και διάφορο μέγεθος, προκειμένου να καθοριστεί η τελική επιλογή.

ρες CCD, οι οποίοι δέχονται το σήμα αυτό και καταγράφουν τη σχέση στο χώρο βρίσκονται σε κάποια σταθερή απόσταση από τον ασθενή και είναι συνήθως προσαρμοσμένοι στο φως της οδοντιατρικής έδρας. Άλλα συστήματα για την καταγραφή των σχέσεων και των συντεταγμένων των ανατομικών στοιχείων στο χώρο χρησιμοποιούν υπέρυθη ή άλλου μήκους κύματος ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

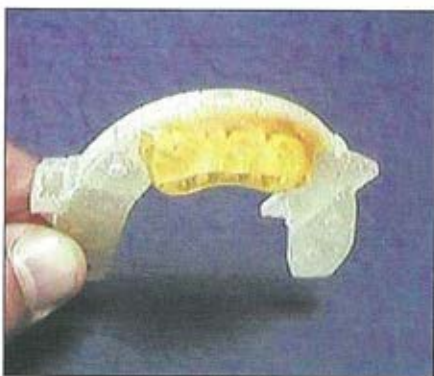
Τα γεωμετρικά δεδομένα (data) της σχέσης του ασθενούς στο χώρο συνδυάζονται και αντιστοιχούνται με τα δεδομένα του ακτινογραφικού ελέγχου σε ψηφιακή μορφή, σε Η.Υ. Η αντιστοιχία αυτή λέγεται κα-



Εικόνα 8. Χειρουργικές χειρολαβές με ειδικές συσκευές εκπομπής φωτός (Light Emitting Diodes, LEDs).

ταγραφή (registration) και πραγματοποιείται στην αρχή της χειρουργικής διαδικασίας. Ο ασθενής φορά έναν ακρυλικό νάρθηκα στον οποίο έχουν τοποθετηθεί κεραμικές σφαίρες στις θέσεις, οι οποίες έχουν κριθεί οι πιο κατάλληλες για

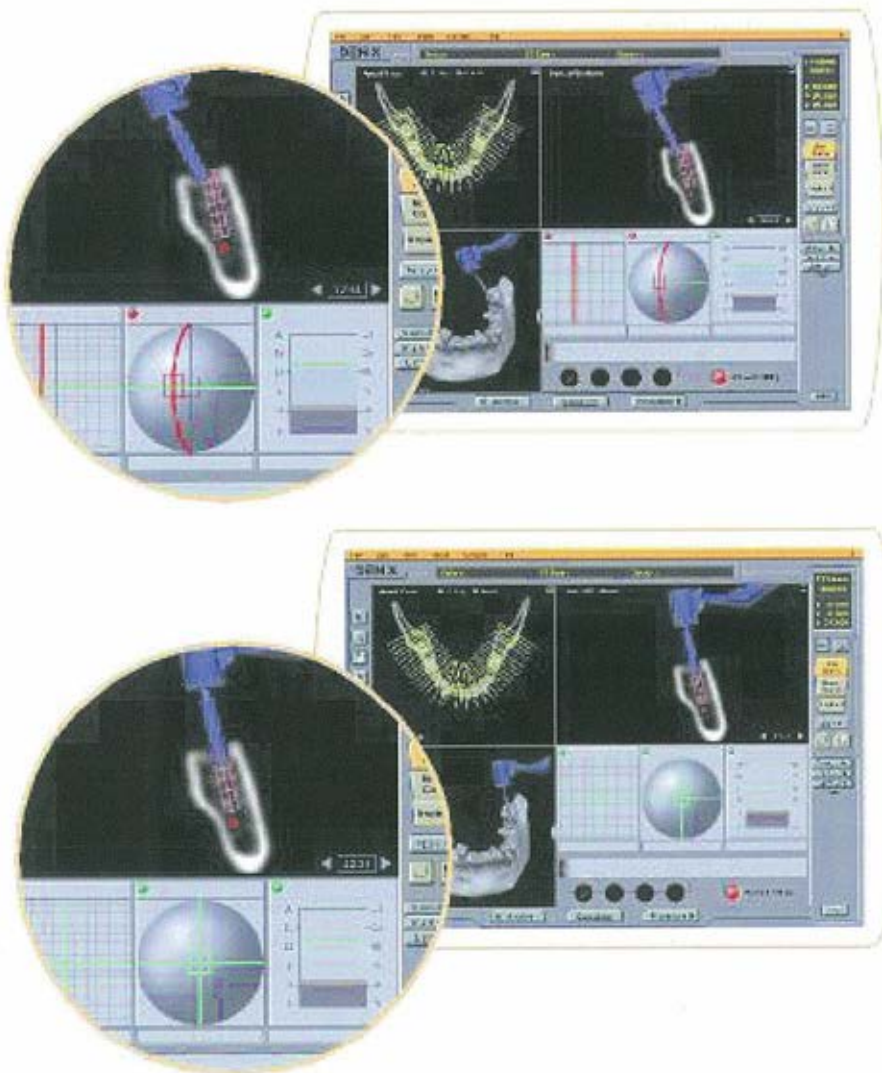
την τοποθέτηση των εμφυτευμάτων (Εικ. 9). Με το νάρθηκα αυτό λαμβάνεται η Υπολογιστική Τομογραφία του προεγχειρητικού ελέγχου. Την ώρα της χειρουργικής διαδικασίας ακουμπώντας τις σφαίρες στο νάρθηκα με την κορυφή των χειρουργικών εργαλείων υπολογίζεται ακριβώς η σχέση και η κατανομή στο χώρο των πιθανών θέσεων των εμφυτευμάτων και οι θέσεις αυτές αντιστοιχούν στην Υπολογιστική Τομογραφία. Η αντιστοιχία αυτή πραγματοποιείται με την εφαρμογή πολύπλοκων αλγορίθμων και ενός εικονικού (virtual) συστήματος συντεταγμένων.



Εικόνα 9. Ακρυλικός νάρθηκας με κεραμικές σφαίρες στις πιθανές θέσεις των εμφυτευμάτων.

Αποτέλεσμα είναι την ώρα που παρασκευάζεται το οστούν για την τοποθέτηση του εμφυτεύματος, η εικόνα να προβάλλεται άμεσα στην οθόνη του Η.Υ. στην αντίστοιχη περιοχή και στην κατάλληλη τομή της Υπολογιστικής Τομογραφίας. Η χειρουργική διαδικασία δηλαδή

ελέγχεται κάθε χρονική στιγμή σε πραγματικό χρόνο (real time) και κάθε απόκλιση από το σχέδιο θεραπείας επισημαίνεται αμέσως. 8-10 Ο κλινικός έχει πληροφορίες για τη φορά αλλά και το βάθος της παρασκευής του οστού, αφού ελέγχει την εικόνα και την πορεία της χειρουργικής διαδικασίας στις κατάλληλες εγκάρσιες τομές των γνάθων. Σε ιδιαίτερα δύσκολες κλινικές περιπτώσεις, όπου το πάχος της γνάθου σε παρειο-γλωσσική διάσταση είναι μικρό, αποφεύγεται η διάτρηση του οστού και η έξοδος στα μαλακά μόρια, τα οποία καταδικάζουν την πρόγνωση των εμφυτευμάτων. Παράλληλα, αποφεύγεται ο τραυματισμός κρίσιμων ανατομικών στοιχείων, όπως είναι ο πόρος του κάτω φατνιακού νεύρου, το έδαφος του ιγμορείου άντρου και της ρινικής κοιλότητας ή το γενεϊακό νεύρο. Εκτός από τον άμεσο οπτικό έλεγχο της περιοχής, το πρόγραμμα είναι εφοδιασμένο και με ειδικό ήχο, ο οποίος ειδοποιεί τον ιατρό, όταν κρίσιμα ανατομικά μόρια πρόκειται να τραυματιστούν. Γίνεται λοιπόν φανερό ότι με το σύστημα αυτό η χειρουργική διαδικασία ελέγχεται και στις τρεις διαστάσεις του χώρου, ξεπερνώντας έτσι τα μειονεκτήματα και τους περιορισμούς της συμβατικής ακτινογραφίας (Εικ. 10). Συνεπώς, ελαχιστοποιείται η πιθανότητα λαθών και συμβαμάτων κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης και μεγιστοποιείται η πιθανότητα επιτυχίας της τελικής αποκατάστασης.



Εικόνα 10. Α. Απεικόνιση της χειρουργικής διαδικασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο (real time). Η φορά παρασκευής του οστικού υποστρώματος δεν είναι η ιδανική. Β. Η φορά διορθώνεται ώστε να ταυτίζεται με το αρχικό σχέδιο θεραπείας. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η διάτρηση του οστικού πετάλου.

Η ακρίβεια του συστήματος αυτού είναι περίπου 1 mm σύμφωνα με τα πρώτα ερευνητικά δεδομένα^{8,9} Η έρευνα εστιάζεται τώρα στην αποφυγή της ακινητοποίησης της κε-

φαλής του ασθενούς, ώστε η κλινική χρήση να είναι ακόμη ευκολότερη. Με τον τρόπο αυτό και χρησιμοποιώντας ακόμη πιο ευαίσθητους αισθητήρες, το σύστημα θα

είναι ικανό να καταγράψει ακόμη και την απειροελάχιστη κίνηση της κεφαλής του ασθενή και να την προβάλλει με ακρίβεια στην οθόνη του υπολογιστή.

Συμπερασματικά είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι η ακριβής απεικόνιση κατά τη διάρκεια της χειρουργικής τοποθέτησης των εμφυτευμάτων είναι πολύ σημαντική για την πρόγνωση της τελικής αποκατάστασης. Με τον τρόπο αυτό αξιολογείται η φορά της παρασκευής του οστού και αποφεύγεται ο τραυματισμός κρίσιμων ανατομικών μορίων, όπως είναι το κάτω φατνιακό νεύρο ή το έδαφος του ιγμορείου άντρου. Συνδυάζοντας τη χρήση Υπολογιστικής Τομογραφίας με υψηλή ανάλυση εικόνας και ενός συστήματος "χειρουργικής εξερεύνησης" (surgical navigation) εφαρμόζοντας ειδικούς πολύπλοκους αλγορίθμους μια ακρίβεια της τάξης του 0,5 mm είναι εφικτή, ελαττώνοντας έτσι τον ενδογενή κίνδυνο της χειρουργικής διαδικασίας για την τοποθέτηση των εμφυτευμάτων.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Τριποδάκη Άρη, Επίκουρο Καθηγητή της Ακίνητης Προσθετικής της Οδοντιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών για την πολύτιμη προσφορά των κλινικών περιστατικών, που παρουσιάστηκαν στο πρώτο τμήμα της εργασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Grondahl H-G. Digital radiology in dental diagnosis: a critical view. *Dentomaxillofac Radiol* 1992; 21: 198-202.
2. Benn DK. The digital dental office as the agent of change: symposium introduction. *Dentomaxillofac Radiol* 1999; 28: 55-56.
3. Tripodakis A, Mastoris M. Intraoral digital radiology during the surgical placement of osseointegrated implants. Ανακοίνωση στο 70 European Congress of Dentomaxillofacial Radiology, Athens, June 15-18, 2000, Book of Abstracts p.78.
4. Versteeg Ch, Sanderink GCH, Van der Stelt PF. Efficacy of digital intraoral radiography in clinical dentistry. *J Dent* 1997, 25: 215-224.
5. Brief J, Hassfeld S, Sonnenfeld U, Persky N, Krempien R et al. Computer-guided insertion of dental implants - a clinical evaluation. *International Congress Series* 2001; 1230: 739-747.
6. Verstreken K, Cleynenbreugel J, Marshal G, Naert I, Suetens P et al. Computer-assisted planning of oral implant surgery: a three-dimensional approach. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996; 11: 806-810.
7. Stein W, Hassfeld S, Brief J, Bertovic I, Krempien R et al. CT-based 3D-planning for dental implantology. *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality (MMVR'98)*, San Diego, 1998, pp. 137.
8. Watzinger F, Birkfellner W, Wanschitz F et al. Positioning of dental implants using computer-aided navigation and an optical tracking system: case report and presentation of a new method. *J Cranio-Maxillo-Facial Surg* 1999; 27: 77-81.

9. Birkfellner W, Solar P, Gahleitner A, et al. In vitro assessment of a registration protocol for image guided implant dentistry. *Clin Oral Impl Res* 2001; 12: 69-78.
10. Fortin T, Coudert JL, Chapleboux G, Sautot P and Lavallee S. Computer-assisted dental implant surgery using Computed Tomography. *J Image Guided Surg* 1995; 1: 53-58.
11. Solar P, Grampp S and Gsellmann B. A computer aided navigation system for oral implant surgery using 3D-Ct reconstruction and real-time video projection. In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K, Farman AG, eds. *Computer Assisted Radiology- CAR' 96*, 884-887, Amsterdam : Elsevier Science, 1996.

Ακτινογραφική Εξέταση Ασθενών με Εμφυτεύματα

Κ. Νικοπούλου-Καραγιάννη

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Διαγνωστικής και Ακτινολογίας Στόματος Παν. Αθηνών

Α. Καραγιάννης

Επίκουρος Καθηγητής Ακίνητης Προσθητικής Παν. Αθηνών

Η επιτυχία των οστεοενσωματωμένων εμφυτευμάτων εξαρτάται από δύο καθοριστικούς παράγοντες: Την επίτευξη ενσωμάτωσης του εμφυτεύματος με τους σκληρούς και μαλακούς ιστούς, μετά από περίοδο επούλωσης 3-6 μηνών, χωρίς φόρτιση και τη διατήρηση του αποτελέσματος της επούλωσης, σε μια περίοδο σταθεροποίησης^{1,3}. Τόσο η επίτευξη της οστεοενσωμάτωσης, όσο και η διατήρησή της είναι ευθύνη του επεμβαίνοντος. Γι' αυτό η επανεξέταση του ασθενούς, μετά από την τοποθέτηση των εμφυτευμάτων, αποτελεί μια από τις κρίσιμότερες παραμέτρους στη διατήρηση του αποτελέσματος.

Η οστεοενσωμάτωση είναι ιστολογικός όρος και με τον όρο αυτό ο Branemark⁴ καθόρισε την άμεση δομική και λειτουργική σύνδεση του οστού με την επιφάνεια φορτισμένου εμφυτεύματος, όπως παρατηρήθηκε στο φωτεινό μικροσκόπιο. Έχει φανεί, τόσο στο φωτεινό,

όσο και στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, ότι το οστό πλησιάζει την επιφάνεια του εμφυτεύματος σε απόσταση 20 nm⁵. Είναι δυνατόν όμως να παρεμβάλλεται μαλακός ιστός, όπως ίνες ή κύτταρα, μεταξύ εμφυτεύματος και οστού, γεγονός που δεν αποτελεί επιθυμητή κατάσταση. Απώλεια οστεοενσωμάτωσης μπορεί, να οφείλεται σε τραύμα από κακή σύγκλειση ή από κακές προσθητικές αποκαταστάσεις (υπερφόρτιση), σε φλεγμονή από μικρόβια ή σε συνδυασμό τραύματος και φλεγμονής. Ο όρος υπερφόρτιση περιλαμβάνει όλες τις περιπτώσεις στις οποίες η λειτουργική φόρτιση που εφαρμόζεται ξεπερνάει το όριο αντοχής του στηρικτικού οστού και μπορεί να προκαλέσει απώλεια της φατνιακής ακρολοφίας και μη αντιστρεπτά μικροκατάγματα του περιεμφυτευματικού οστού. Γενικά, πρέπει να υπάρχει ισορροπία μεταξύ των μικροοργανισμών της περιοχής, αλλά και των μηχανοβιολογικών παραγόντων⁶.

Οι αποτυχίες ή η διαπίστωση βλαβών γύρω από τα εμφυτεύματα, που διαπιστώνονται μετά από την επίτευξη ενσωμάτωσης στην περίοδο λειτουργίας, χαρακτηρίζονται ως όψιμες βλάβες ή αποτυχίες, σε αντίθεση με εκείνες της περιόδου επούλωσης, που χαρακτηρίζονται ως πρώιμες βλάβες⁷. Ως αιτία των όψιμων βλαβών θεωρήθηκαν, στην αρχή, οι υπέρμετρες πιέσεις από κακή σχεδίαση των προσθέσεων, θεώρηση που έχει επαρκή τεκμηρίωση⁶. Τα τελευταία χρόνια έχει τεκμηριωθεί από πολλές έρευνες, σε ανθρώπους και ζώα, ο ρόλος του μικροβιακού παράγοντα στην ανάπτυξη νόσων των περιεμφυτευματικών ιστών, με ή χωρίς παράλληλη απώλεια οστού^{1,8-11}. Δεν έχει όμως διευκρινιστεί αν ο μικροβιακός παράγοντας είναι ο κύριος και πρωταρχικός παράγοντας πρόκλησης βλαβών στους περιεμφυτευματικούς ιστούς, σε σύγκριση με άλλους παράγοντες, όπως η κακή οστική επούλωση, η μη επαρκής ποσότητα και η κακή ποιότητα του

οστού ή οι μηχανοβιολογικοί παράγοντες. Είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατο, με τις υπάρχουσες διαγνωστικές τεχνικές, να προσδιοριστεί το ακριβές ή πρωταρχικό αίτιο μιας βλάβης ή αποτυχίας και να γίνει διαφορική διάγνωση, γεγονός που θα διευκόλυνε την απόφαση για θεραπεία.

Στις μικροβιακής αιτιολογίας βλάβες ανήκει η περιεμφυτευματική βλεννογονίτιδα και η περιεμφυτευματίτιδα. Στην περιεμφυτευματική βλεννογονίτιδα παρατηρείται κακή στοματική υγιεινή, βάθος ουλο-εμφυτευματικής σχισμής 4mm, αιμορραγία στην ανίχνευση, πιθανή διόγκωση, μη απώλεια οστού. Στην περιεμφυτευματίτιδα παρατηρείται αιμορραγία κατά την ανίχνευση, βάθος ουλο-εμφυτευματικής σχισμής >4mm, ερυθρότητα, οίδημα, πιθανή πυόρροια, πόνος (χωρίς να αποτελεί τυπικό σημείο), μεταβολή του ύψους του φατνιακού οστού (γωνιώδης απορρόφηση)⁸⁻¹¹ (Εικ. 1). Ένα ήδη οστεοενσωματωμένο εμφυ



Εικόνα 1. Στην περιεμφυτευματίτιδα παρατηρείται μεταβολή του ύψους του φατνιακού οστού (γωνιώδης απορρόφηση).

φύτευμα και το οστό που το περιβάλλει, αναπαριστούν μια λειτουργική μονάδα η οποία υπόκειται σε συνεχείς κύκλους φόρτισης. Το φατνιακό οστό που περιβάλλει το εμφύτευμα βρίσκεται σε συνεχή λειτουργική προσαρμογή¹² (Εικ. 2). Συγκεκριμένα εμφανίζει έναν ομοιοστατικό μηχανισμό αναδιαμόρφωσης (remodeling), με τον οποίο συνεχώς επιδιορθώνονται οι μικροατέλειες και μικροβλάβες της δομής του οστού, προλαμβάνοντας έτσι τη σημαντική απώλεια αντοχής και μηχανικών ιδιοτήτων του (νόμος του Wolff). Η αναδιαμόρφωση ακολουθεί τις φάσεις, ενεργοποίησης, απορρόφησης, σχηματισμού, με αποτέλεσμα το σχηματισμό δευτερογενών οστεόνων, οι οποίοι επιδιορθώνουν τις μικρορωγμές και διευθετούν και επανατοποθετούν τις γραμμές μετάδοσης των πιέσεων με τέτοιο τρόπο ώστε να αντεπεξέρχονται στις λειτουργικές απαιτήσεις. Η διατήρηση της οστεοενσωμάτωσης μπορεί επομένως να θεωρηθεί ως διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ των λειτουργικών τάσεων που μεταδίδονται στην επιφάνεια εμφυτεύματος-οστού, και της ικανότητας του οστού να επιδιορθώνει τις δομικές του βλάβες. Η ισορροπία που εγκαθίσταται, επιτρέπει την κατανομή των δυνάμεων φόρτισης από την επιφάνεια εμφυτεύματος-οστού, στο σπογγώδες οστό¹².

Μια επαναλαμβανόμενη υπέρμετρη φόρτιση οδηγεί στην ανάπτυξη

του φαινομένου της κόπωσης. Η δράση μασητικών δυνάμεων μπορεί να προκαλέσει μικροκατάγματα στην επιφάνεια και τη μάζα του οστού, τα οποία υπερβαίνουν το όριο αντοχής αλλά και του επανορθωτικού δυναμικού του. Τα κλινικά και ακτινογραφικά χαρακτηριστικά των όψιμων βλαβών οφειλόμενων σε υπερφόρτιση είναι κινητικότητα, πόνος-ευαισθησία στην πίεση, περιεμφυτευματική ακτινογραφική διαύγηση (Εικ. 3), απουσία στοιχείων φλεγμονής^{13,14}.

Σε ορισμένες περιπτώσεις αποτυχημένα εμφυτεύματα εμφανίζουν κλινική και ακτινογραφική εικόνα, που δεν βοηθάει στην διαφορική διάγνωση μεταξύ φλεγμονής και υπερφόρτισης. Είναι πιθανόν σε κάποιες περιπτώσεις να συνυπάρχει αιτιολογία υπερφόρτισης και φλεγμονής, χωρίς να είναι δυνατόν να κατανοήσουμε ποια έπαιξε τον πρωταρχικό ρόλο.

Κατά την επανεξέταση του ασθενούς ανανεώνεται το ιατρικό και οδοντιατρικό ιστορικό και ελέγχονται οι περιεμφυτευματικοί ιστοί, προκειμένου να προσδιοριστεί η μακροχρόνια επιτυχία ή αποτυχία των εμφυτευμάτων ή η έκταση της βλάβης με κλινικά και ακτινογραφικά κριτήρια που έχουν καθοριστεί. Επίσης ελέγχεται η στοματική υγιεινή, εξετάζονται οι προσθετικές εργασίες και η σύγκλιση και καθορίζεται ο χρόνος της επόμενης εξέτασης, για να διασφαλιστεί η μα-

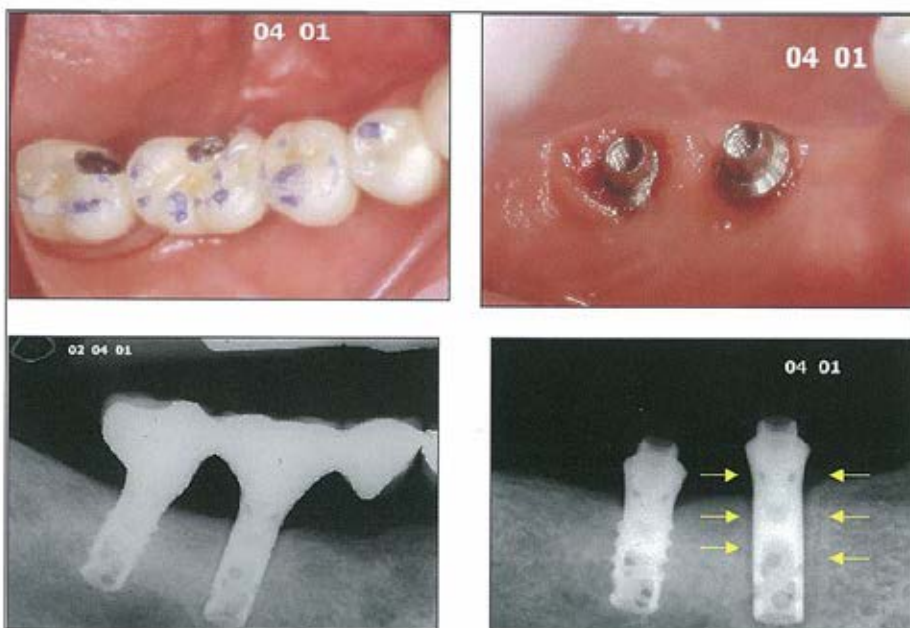


Εικόνα 2. Το φατνιακό οστό που περιβάλλει το εμφύτευμα βρίσκεται σε συνεχή λειτουργική προσαρμογή (remodeling).

κροχρόνια επιτυχία των εμφυτευμάτων. Οι διαγνωστικές αυτές δοκιμασίες είναι περίπου οι ίδιες με αυτές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των περιοδοντικών ιστών, με μικρές τροποποιήσεις. Ελέγχεται επίσης η γενική κατάσταση δοντιών και περιοδοντίου, δεδομένου ότι σε μερικές νωδούς ασθενείς η γενική κατάσταση του περιοδοντί-

ου μπορεί να επηρεάσει την κλινική κατάσταση γύρω από τα εμφυτεύματα.

Ο συνδυασμός των ευρημάτων από την κλινική και ακτινογραφική εξέταση θα βοηθήσει στην εκτίμηση της κατάστασης των περιεμφυτευματικών ιστών, στην διαφορική διάγνωση και στον χρόνο επανεξέτασης του ασθενούς.

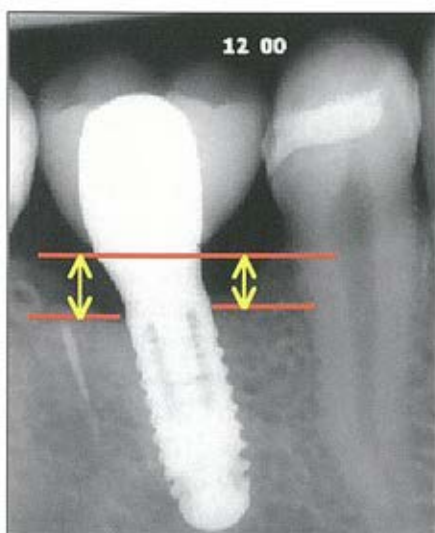


Εικόνα 3. Το ακτινογραφικό εύρημα των όψιμων βλαβών σφειλόμενων σε υπερφόρτιση είναι χαρακτηριστική περιεμφυτευματική ακτινογραφική διαύγηση.

Ακτινογραφικά Κριτήρια Επιτυχίας ή Αποτυχίας του Εμφυτεύματος

Ο ακτινογραφικός έλεγχος των περιεμφυτευματικών ιστών πρέπει να γίνεται αμέσως μετά από τη χειρουργική διαδικασία, για να υπάρξει εικόνα αναφοράς για συγκρίσεις στο μέλλον¹⁵. Στη συνέχεια, ακτινογραφικός έλεγχος του ασθενούς θα πρέπει να γίνεται μια φορά το χρόνο, για τα πρώτα τρία χρόνια, εκτός αν εμφανισθούν σημεία περιεμφυτευματίτιδας¹⁶, και τέλος η ακτινογραφική εξέταση θα πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα με την περίπτωση¹⁷. Ακτινογραφικά κριτήρια επιτυχίας ή αποτυχίας του εμφυτεύματος είναι η παρουσία ή

απουσία συνεχούς περιεμφυτευματικής διαύγησης και μεταβολές στο ύψος του φατνιακού χείλους γύρω από το εμφύτευμα με την πάροδο του χρόνου. Στη φάση επούλωσης και προσαρμογής, έχει παρατηρηθεί μέση περιεμφυτευματική οστική απορρόφηση 0,9-1,6 mm. Στη συνέχεια, στη φάση σταθεροποίησης, παρατηρήθηκε οστική απώλεια 0,05-0,3 mm ανά έτος. Γενικά, η κατακόρυφη, ετήσια οστική απώλεια περιορίζεται σε 0,2 mm ή λιγότερο μετά τον πρώτο χρόνο λειτουργίας του εμφυτεύματος^{13,18}. Για τον προσδιορισμό του ύψους του φατνιακού χείλους γύρω από το εμφύτευμα, υπολογίζεται η απόσταση από τον αυχένα του εμφυ-



Εικόνα 4. Για τον προσδιορισμό του ύψους του φατνιακού χείλους γύρω από το εμφύτευμα, υπολογίζεται η απόσταση από τον αυχένα του εμφυτεύματος μέχρι το σημείο του οστού του πλησιέστερου σε επαφή με το εμφύτευμα.

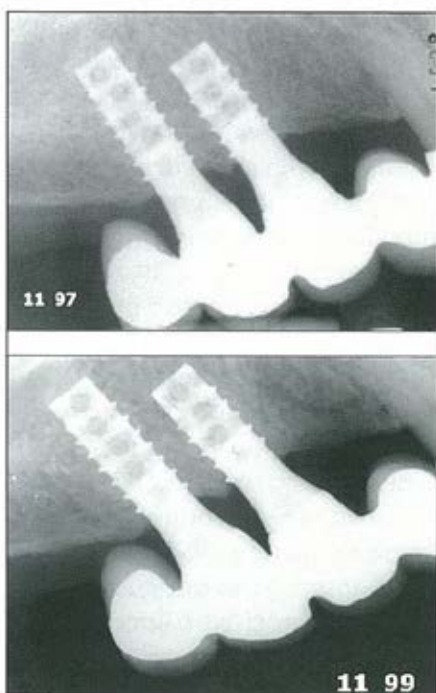
τεύματος μέχρι το σημείο του οστού του πλησιέστερου σε επαφή με το εμφύτευμα (Εικ. 4).

Οπισθοφατνιακό Ακτινογράφημα

Τα οπισθοφατνιακά ακτινογραφήματα χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση αλλαγών στο ύψος του φατνιακού οστού και την ανίχνευση γωνιώδους ή συνεχούς περιεμφυτευματικής οστικής απώλειας, με την προϋπόθεση ότι τα οπισθοφατνιακά ακτινογραφήματα λαμβάνονται με τη μέθοδο του παραλληλισμού (Εικ. 5). Το ακτινογραφικό πλακίδιο πρέπει να τοποθετείται κατά το δυνατόν παράλληλα με το εμφύτευμα. Εάν το ακτινογραφικό

πλακίδιο δεν τοποθετηθεί παράλληλα με το εμφύτευμα, η εικόνα θα παραμορφωθεί. Με την τεχνική του παραλληλισμού αποφεύγονται σφάλματα επιμήκυνσης, βράχυνσης και παραμόρφωσης των εμφυτευμάτων και γενικά βελτιώνεται η ποιότητα της εικόνας¹⁹⁻²¹.

Ομως, οστικές αλλαγές στο χείλος της φατνιακής ακρολοφίας, που το μέγεθος τους είναι τόσο μικρό (0,2-1,6 mm), όπως αυτό των περιεμφυτευματικών ιστών, δεν απεικονίζονται συνήθως στο οπισθοφατνιακό ακτινογράφημα. Το οπισθοφατνιακό ακτινογράφημα ως διαγνωστική δοκιμασία έχει μικρή ευαισθησία, δηλαδή μπορεί να δώσει ψευδώς αρνητικά ευρήματα, γιατί διάφοροι ανατομικοί και τεχνικοί παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν την απεικόνιση μιας περιεμφυτευματικής βλάβης στο ακτινογράφημα, επειδή αυτό είναι δισδιάστατη απεικόνιση τρισδιάστατων οστικών δομών, αλλά και γιατί η ερμηνεία της ακτινογραφικής εικόνας είναι υποκειμενική²²⁻²⁴. Ετσι, περιεμφυτευματικές βλάβες μπορεί να υπάρχουν στο οστό που περιβάλλει τα δόντια και να μην απεικονίζονται στο ακτινογράφημα, όταν βρίσκονται σε πρώιμα στάδια και το μέγεθος τους είναι μικρό²⁴⁻²⁶, επειδή επικαλύπτονται από παρακείμενα ή υπερκείμενα ανατομικά στοιχεία. Επίσης, με τα κοινά ακτινογραφήματα δεν είναι δυνατόν να ελεγχθεί το θεραπευτικό αποτέλεσμα με αντικειμενικά κριτήρια, παρά μόνον αφού περάσει αρκετός χρόνος²⁴.



Εικόνα 5. Τα οπισθοφατνιακά ακτινογραφήματα χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση αλλαγών στο ύψος του φατνιακού χείλους και την ανίχνευση γωνιώδους ή συνεχούς περιεμφυτευματικής οστικής απώλειας, με την προϋπόθεση ότι τα οπισθοφατνιακά ακτινογραφήματα λαμβάνονται με τη μέθοδο του παραλληλισμού.

Οι Gaulier et al²⁷, σε ερευνητική εργασία σε πειραματόζωα, σύγκριναν το ακτινογραφικό και ιστολογικό επίπεδο της φατνιακής απόφυσης γύρω από εμφυτεύματα. Βρήκαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στις μετρήσεις του επιπέδου του οστού ακτινογραφικά και ιστολογικά και ότι το ιστολογικό επίπεδο εντοπιζόταν 0,85 mm κατά μέσο όρο κάτω από το επίπεδο του οστού, όπως αυτό είχε προσδιορι-

στεί ακτινογραφικά. Το ύψος όμως της φατνιακής ακρολοφίας φαίνεται να συμπίπτει με το σημείο που εισέρχεται η περιοδοντική μήλη γύρω από το εμφύτευμα²⁸. Εντούτοις, ο Isidor²⁹, σε έρευνα σε πειραματόζωα, βρήκε ότι εκτίμηση της απώλειας του χείλους της φατνιακής απόφυσης ακτινογραφικά ήταν ακριβέστερη από τον κλινικό προσδιορισμό με περιοδοντική μήλη. Επίσης, ο Sewerin^{30,31} έδειξε ότι παραμόρφωση των παρειακών και γλωσσικών ορίων στις ακτινογραφίες, λόγω μεταβολών στη γωνία λήψης των ακτινογραφημάτων, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την υπερεκτίμηση του ύψους του οστού. Οι Ahlqvist et al¹⁸ μετά από κλινική μελέτη που έκαναν, αναφέρουν ότι το όριο της οστικής απώλειας γύρω από εμφυτεύματα Branemark είναι 0,47 mm και προτείνουν ως σημείο αναφοράς για τη μέτρηση του ύψους του φατνιακού οστού τις έλικες του εμφυτεύματος.

Προκειμένου να αποφευχθούν διαγνωστικά σφάλματα, ο ερμηνευτής του οπισθοφατνιακού ακτινογραφήματος, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μετεγχειρητικό έλεγχο ασθενών με εμφυτεύματα, πρέπει να γνωρίζει τις δυνατότητες και τους περιορισμούς του οπισθοφατνιακού ακτινογραφήματος στην απεικόνιση των περιεμφυτευματικών ιστών και ότι με το οπισθοφατνιακό ακτινογράφημα μπορεί να γίνει μόνο υποκειμενική εκτίμηση των αλ-

λαγών στο ύψος του φατνιακού οστού. Έτσι, ο κλινικός δεν πρέπει να χρησιμοποιεί το ακτινογράφημα ως τη μόνη διαγνωστική δοκιμασία για να ελέγξει την οστεοενσωμάτωση ενός εμφυτεύματος, γιατί, λόγω επιπροβολής άλλων ανατομικών στοιχείων, είναι δυνατόν, ένα εμφύτευμα να φαίνεται ότι είναι σε άμεση σύνδεση με το οστό και ιστολογικά να υπάρχει συνδετικός ιστός³².

Συγκρίσιμα Ακτινογραφήματα

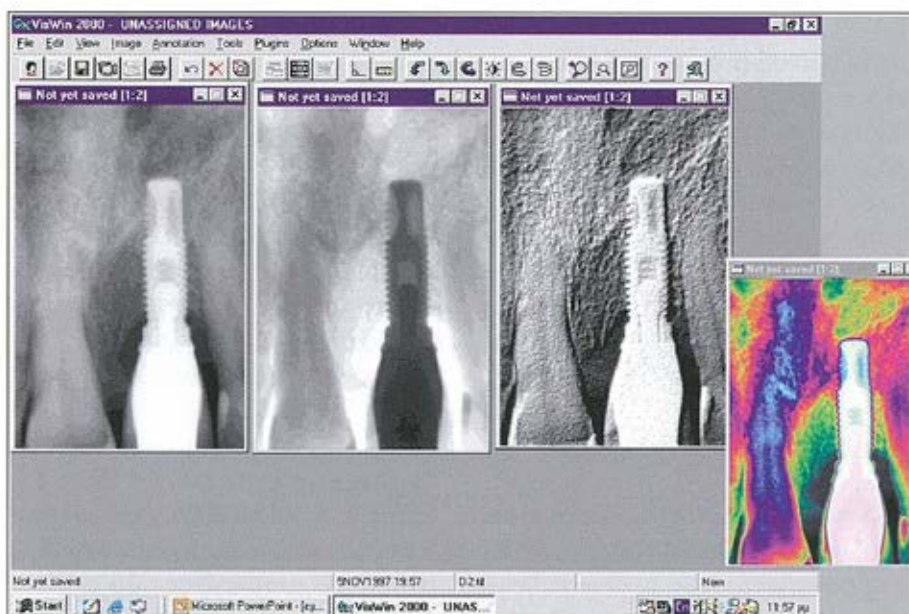
Συγκρίσιμα ακτινογραφήματα είναι αυτά που λαμβάνονται με σταθερές συνθήκες, που εξασφαλίζουν επαναλαμβανόμενη σταθερή σχέση μεταξύ πηγής ακτινοβολίας, αντικειμένου και ακτινογραφικού πλακιδίου. Η λήψη συγκρίσιμων ακτινογραφημάτων εξασφαλίζει ακριβέστερη σύγκριση μεταξύ δύο διαδοχικών ακτινογραφικών εξετάσεων σε ασθενείς με εμφυτεύματα. Πολλές προσπάθειες έγιναν από διάφορους ερευνητές για τη λήψη ακτινογραφημάτων με σταθερές συνθήκες, και επινοήθηκαν διάφοροι τρόποι που να εξασφαλίζουν επαναλαμβανόμενη σταθερή σχέση μεταξύ πηγής ακτινοβολίας, αντικειμένου και ακτινογραφικού πλακιδίου³³⁻³⁵. Οι περισσότεροι χρησιμοποίησαν συγκρατητήρα ακτινογραφικού πλακιδίου, που τον σταθεροποίησαν στα δόντια με αποτυπωτικό υλικό. Εάν πρέπει να ακτινογραφηθούν αρκετά δόντια ή ομάδες δοντιών, πρέπει να ληφθούν διαφορετικά αποτυπώματα.

Ψηφιακή Ενδοστοματική Ακτινογραφία

Στην ψηφιακή ακτινογραφία υπάρχει η δυνατότητα παρέμβασης (επεξεργασίας) και τροποποίησης (βελτίωσης) της ποιότητας της εικόνας. Οι τροποποιήσεις στην φωτεινότητα και στην αντίθεση της εικόνας οδηγούν σε βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας και απεικόνιση περισσότερων πληροφοριών σε σχέση με την αρχική εικόνα που εμφανίζεται στην οθόνη. Είναι δυνατόν να γίνει εστίαση σε περιοχές διαγνωστικού ενδιαφέροντος, ενώ στο κοινό ακτινογράφημα ο κλινικός παρατηρεί στο διαφανοσκόπιο μια συγκεκριμένη εικόνα ή χρησιμοποιεί μεγεθυντικό φακό για μικρή μεγέθυνση της εικόνας. Επίσης μπορεί να γίνει αντιστροφή της εικόνας για μετρήσεις και για προσδιορισμό του χείλους του φατνιακού οστού στα εμφυτεύματα και προσθήκη χρωμάτων για αποτελεσματικότερη εκτίμηση των διαφόρων οστικών δομών και της οστικής πυκνότητας (Εικ. 6). Με το πρόγραμμα TACT (Tuned-Aperture Computed Tomography) είναι δυνατόν επίσης να παραχθεί τρισδιάστατη εικόνα με ανασύνθεση³⁶.

Ψηφιακό Αφαιρετικό Ακτινογράφημα

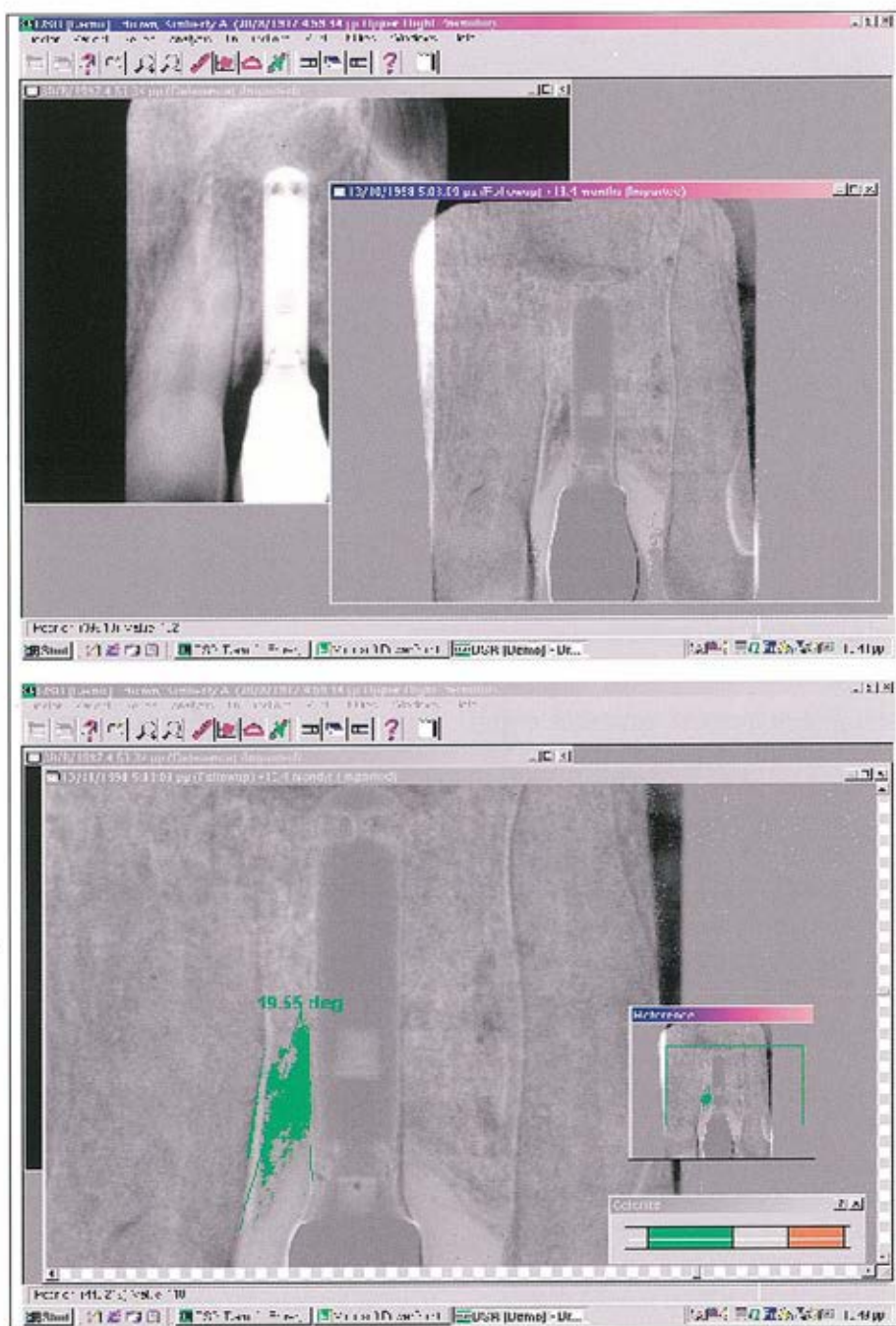
Με την ψηφιακή αφαιρετική ακτινογραφία μπορούν να διαγνωστούν, με ακρίβεια και αντικειμενικά, πολύ μικρές μεταβολές του φατνιακού



Εικόνα 6. Στην ψηφιακή ακτινογραφία μπορεί να γίνει αντιστροφή της εικόνας για μετρήσεις και για προσδιορισμό του χείλους του φατνιακού οστού στα εμφυτεύματα και προσθήκη χρωμάτων για αποτελεσματικότερη εκτίμηση των διαφορών οστικών δομών και της οστικής πυκνότητας.

οστού, που δεν απεικονίζονται στα κοινά ακτινογραφήματα. Διάφορες ερευνητικές μελέτες έδειξαν αυξημένη διαγνωστική ακρίβεια της ψηφιακής αφαιρετικής ακτινογραφίας, έναντι των ζευγών ακτινογραφημάτων, από τα οποία παρήχθησαν οι αφαιρετικές εικόνες. Η ευαισθησία αυξήθηκε από 51% σε 91%, ενώ η ειδικότητα παρέμεινε σταθερή, περίπου 95-96%³⁷⁻³⁹. Γενικά, φαίνεται ότι η ψηφιακή αφαιρετική ακτινογραφία αποτελεί τεχνική με μεγαλύτερη αξιοπιστία και εγκυρότητα στη διάγνωση πολύ μικρών οστικών αλλαγών, συγκριτικά με το κοινό ακτινογράφημα. Έτσι, η ψηφιακή αφαιρετική ακτινογραφία

αποτελεί την πιο αξιόπιστη ακτινογραφική εξέταση στην παρακολούθηση των εμφυτευμάτων (Εικ. 7), τόσο στη φάση επούλωσης και προσαρμογής, όσο και στην περίοδο σταθεροποίησης, για τη διάγνωση πολύ μικρών περιεμφυτευματικών οστικών μεταβολών, δεδομένου ότι ο κλινικός αναζητά πρώιμες οστικές περιεμφυτευματικές αλλαγές, στις οποίες μπορεί να επέμβει ανασταλτικά, με χειρουργική ή συντηρητική θεραπεία⁴⁰⁻⁴³. Οι Fourmoussis et al⁴⁴, με την CADIA (computer-assisted densitometric image analysis), παραλλαγή της ψηφιακής αφαιρετικής ακτινογραφίας, βρήκαν ότι, σε ακτινογραφίες



Εικόνα 7. Με την ψηφιακή αφαιρετική ακτινογραφία μπορούν να διαγνωστούν, με ακρίβεια και αντικειμενικά, πολύ μικρές μεταβολές των περιεμφυτευματικών ιστών και να προσδιοριστεί ποσοτικά η βλάβη.



Εικόνα 8. Το ορθοπαντομογράφημα αποκαλύπτει οστικές περιεμφυτευματικές μεταβολές το μέγεθος των οποίων έχει υπερβεί τα 5mm.

που έχουν εκτεθεί κανονικά στην ακτινοβολία, η CADIA μπορεί να διαγνώσει και την μικρότερη αλλαγή στην πυκνότητα του οστού γύρω από εμφυτεύματα, ενώ σε ακτινογραφίες που έχουν εκτεθεί σε μικρότερη ακτινοβολία, η CADIA μπορεί να αποκαλύψει και αλλαγές στους μαλακούς περιεμφυτευματικούς ιστούς.

Ορθοπαντομογράφημα

Το ορθοπαντομογράφημα προσφέρει μόνο γενικές πληροφορίες στον κλινικό κατά τον μετεγχειρητικό έλεγχο ασθενών με εμφυτεύματα και δεν αποκαλύπτει μικρές οστικές περιεμφυτευματικές μεταβολές. Το ορθοπαντομογράφημα αποκαλύπτει οστικές περιεμφυτευματικές

μεταβολές το μέγεθος των οποίων έχει υπερβεί τα 5mm (Εικ. 8).

Συμπερασματικά, είναι γνωστό ότι διάφορα σχήματα εφαρμόζονται στη θεραπεία της περιεμφυτευματίτιδας, πολλές φορές όμως, δεν είναι ικανά να αποκαταστήσουν τις βλάβες που έχει ήδη δημιουργήσει η νόσος. Γι' αυτό, ανεξάρτητα από τις θεραπευτικές δυνατότητες, ένας παράγοντας πρωταρχικής σημασίας είναι η έγκαιρη διάγνωση. Πώς, δηλαδή, ο κλινικός θα μπορέσει να απομονώσει τα στοιχεία εκείνα, που θα τον βοηθήσουν να θεμελιώσει τη διάγνωση και στην περίπτωση νόσου, να επέμβει έγκαιρα με συντηρητική ή χειρουργική θεραπεία. Γι' αυτό, η επανεξέταση των ασθενών με εμφυτεύματα έχει

μεγάλη σημασία. Τα ευρήματα από το ιστορικό, την κλινική και ακτινογραφική εξέταση και πολλές φορές και από άλλες εργαστηριακές εξετάσεις θα πρέπει να συνεκτιμώνται για τη σωστή θεραπευτική αντιμετώπιση του ασθενούς.

Η ακτινογραφική εξέταση πολλές φορές δίνει πολύτιμες πληροφορίες στην διάγνωση, ιδιαίτερα όμως όταν πρόκειται για επανέλεγχο ασθενών με εμφυτεύματα, ο κλινικός πρέπει να γνωρίζει την εγκυρότητα των διαφόρων ακτινογραφικών τεχνικών, την αξιοπιστία των ευρημάτων από τις ακτινογραφικές αυτές τεχνικές και τη δυνατότητά τους να δείξουν την υπάρχουσα κατάσταση στο οστό γύρω από τα εμφυτεύματα, ώστε να επιλέγει την πιο κατάλληλη ακτινογραφική εξέταση και να αξιολογεί ανάλογα τα ευρήματα από αυτές τις εξετάσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Branemark PI, Breine U, Adell R, Hansson BO, Lindstrom J, Olsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969, 3:81-100.
2. Schroeder A, Van Der Zypen E, Stich H, Sutter F. The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces. *J Maxillofac Surg* 1981, 9:15-25.
3. Ericsson I, Lekholm U, Branemark PI, Lindhe J, Glantz PO, Nyman S. A clinical evaluation of fixed-bridge restoration supported by the combination of teeth and osseointegrated titanium implants. *J Clin Periodontol* 1986, 13:307-312.
4. Branemark PI. Introduction to osseointegration. In: Branemark osseointegration in clinical dentistry. Chicago, Quintessence Publishing Co, p.11-76.
5. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA et al. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long lasting bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scan* 1981;52:155-170.
6. Tonetti MS, Smith J. Pathogenesis of implant failures. *Periodontology* 2000 1994;4:127-138.
7. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clin Oral Impl Res* 1990;1:33-40.
8. Mombelli A, Van Ooster MAC, Schurch E, Lang NP. The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol* 1987;2:145-151.
9. Berglundh T, Lindhe J, Marinello C, Ericsson I, Liljenberg B. Soft tissue reaction to de novo plaque formation on implants and teeth. An experimental study in the dog. *Clin Oral Impl Res* 1992;3:1-8.
10. Mombelli A, Mericske-Stern R. Microbiological features of stable osseointegrated implants used as abutments for over-dentures. *Clin Oral Impl Res* 1999;1:1-7.
11. Bragger U, Burgin W, Hammerle CHF, Lang NP. Associations between clinical parameters assessed around implants and teeth. *Clin Oral Impl Res* 1997, 8:412-421.

12. Isidor F. Histological evaluation of peri-implant bone at implants subjected to occlusal overload or plaque accumulation. *Clin Oral Impl Res* 1997;8:1-9.
13. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
14. Listgarten MA, Lang NP, Schroeder HE, Schroeder A. Periodontal tissues and their counterparts around endosseous implants. *Clin Oral Impl Res* 1991;2:1-19.
15. Bragger U. Radiographic parameters for the evaluation of peri-implant tissues. *Periodontology* 2000 1994, 4:87-97.
16. Wilson TG. A typical maintenance visit for patients with dental implants. *Periodontology* 2000 1996, 12:29.
17. Grondahl K, Lekholm U. The predictive value of radiographic diagnosis of implant instability. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997, 12:59-64.
18. Ahlqvist J, Borg K, Gunne J, Nilson H, Olsson M, Astrand P. Osseointegrated implants in edentulous jaws: a 2-year longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990, 5:155-163.
19. Τσιχλάκης Κ, Νικοπούλου-Καραγιάννη Αικ. Η οπισθοφατνιακή ακτινογραφία στην περιοδοντολογία. Τεχνικοί παράγοντες, χρησιμότητα και περιορισμοί. *Περιοδοντικά ανάλεκτα* 1990@ 1135-1143.
20. Fitzgerald GM. Dental roentgenography. I. An investigation of adumbration or the factors that control geometric unsharpness. *J Am Dent Assoc* 1947a; 34:1-20.
21. Fitzgerald GM. Dental roentgenography. II. Vertical angulation film placement and increased object-film distance. *J Am Dent Assoc* 1947b; 34:160-170.
22. Thunthy KH. Radiographic illusions due to faulty angulations. *Dent Radiogr Photogr* 1978;51:1-15.
23. Theilade J. An evaluation of the reliability of radiographs in the measurement of bone loss in periodontal disease. *J Periodontol* 1960; 31:143-153.
24. Lang NP and Hill RW. Radiographs in periodontics. *J Clin Periodontol* 1977;4:16-28.
25. Ramadan AE, Mitchell DF. A roentgenographic study of experimental bone destruction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1962; 15:934-943.
26. Goodson JM, Haffajee AD and Socransky SS. The relationship between attachment level loss and alveolar bone loss. *J Clin Periodontol* 1984;11:348-359.
27. Caulier H, Naert I, Kalk W, Jansen JA. The relationship of some histologic parameters, radiographic evaluations, and periosteal measurements of oral implants: An experimental animal study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:380-386.
28. Lang NP, Mombelli A, Bragger U, Hammerle CHF. Monitoring disease around dental implants during supportive periodontal treatment. *Periodontology* 2000 1996;60-68.
29. Isidor F. Clinical probing and radiographic assessment in relation to the histologic bone level at oral implants in monkeys. *Clin Oral Impl Res* 1997;8:255-264.
30. Sewerin IP. Errors in radiographic assessment of marginal bone height around osseointegrated implants. *Scand J Dent Res* 1990;98:428-433.
31. Sewerin IP. Estimation of angulation of Branemark titanium fixtures from radiographic thread

- images Clin Oral Impl Res 1991;2:20-23.
32. Albrektsson TO, Johansson CB, Sennerby L. Biological aspects of implant dentistry: osseointegration. Periodontology 2000 1994;4:58-73.
 33. Hollender L and Lantz B. A device for serial roentgenography of the lower jaw of the dog. Odontologisk Revy 1963; 14:145-155.
 34. Rosling B, Hollender L, Nyman S and Olsson G. A radiographic method for assessing changes in alveolar bone height following periodontal therapy. J Clin Periodontol 1975; 2:211-217.
 35. Pitts NB. Film holding, beam aiming and collimating devices as an aid to standardization in intraoral radiography: a review. J Dent 1984b;12:36-46.
 36. Νικοπούλου-Καραγιάννη Κ. Ψηφιακές ενδοστοματικές απεικονιστικές τεχνικές. Ελληνική Εταιρεία Οδοντικής και Γναθοπροσωπικής Ακτινολογίας 2001;2:3-41.
 37. Ludlow JB and Peleaux CP. Comparison of stent versus laser and cephalostat-aligned periapical film-positioning techniques for use in digital subtraction radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1994; 77:208-215.
 38. Webber RL, Ruttiman UE and Groendahl HC. X-ray image subtraction as a basis for assessment of periodontal changes. J Periodontal Res 1982;17:509-511.
 39. Groendahl HG and Groendahl K. Subtraction radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1983;55:208-213.
 40. Groendahl HG, Groendahl K and Webber RL. A digital subtraction technique for dental radiography. Oral Surf Oral Med Oral Pathol 1983(a); 55:96-102.
 41. Braegger U, Burgin W, Lang NP and Buser D. Digital subtraction radiography for the assessment of changes in peri-implant bone density. Int J Oral Maxillofac Implants 1991; 6:160-166.
 42. Jeffcoat MK, Reddy MS. Digital subtraction radiography for longitudinal assessment of peri-implants 1991, 6:160-166.
 43. Nicopoulou-Karayianni K, Braegger U, Lang NP. Subtraction radiography in oral implantology. Int J Periodont Rest Dent 1997, 17:221-231.
 44. Fourmouis I, Bragger U, Burgin W, Tonetti M and Lang NP. Digital image processing II. In vitro quantitative evaluation of soft an hard peri-implant tissue changes. Clinic Oral Impl Res 1994; 5:105-114.

