

Γενικές αρχές μαγνητικής τομογραφίας και εφαρμογές στην οδοντιατρική

Κ. ΛΙΒΕΡΔΟΣ¹, Θ. ΚΑΡΑΝΙΚΟΛΑ¹, Ν. ΠΑΡΙΣΗΣ²

Εργαστήριο Οδοντοφατνιακής Χειρουργικής, Χειρουργικής Εμφυτευματολογίας και Ακτινολογίας, Τμήμα Οδοντιατρικής του Α.Π.Θ.

Basic principles of Magnetic Resonance Imaging and its use in dentistry

K. LIVERDOS¹, TH. KARANIKOLA¹, N. PARISSIS²

Dept. Dentoalveolar Surgery, Implantology, Radiology, School of Dentistry, Aristotle University of Thessaloniki.

Περίληψη

Η μαγνητική τομογραφία (MRI) αποτελεί μια απεικονιστική διαγνωστική μέθοδο ακριβείας, που δε χρησιμοποιεί ιονίζουσα ακτινοβολία. Οι αρχές της μαγνητικής τομογραφίας βασίζονται στη συμπεριφορά των πυρήνων υδρογόνου των ιστών του σώματος μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο. Παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως είναι η μη χρησιμοποίηση ιονίζουσας ακτινοβολίας και η εξαιρετική ευκρίνεια της απεικόνισης των μαλακών ιστών, αλλά και κάποια μειονεκτήματα, όπως είναι το υψηλό κόστος εξοπλισμού και ο μεγάλος χρόνος εξέτασης. Η μαγνητική τομογραφία είναι μια ακίνδυνη τεχνική απεικόνισης που βρίσκει αρκετές εφαρμογές στο χώρο της οδοντιατρικής, αλλά και της ευρύτερης περιοχής της κεφαλής και του τραχήλου.

Summary

Magnetic Resonance Imaging (MRI) or magnetic resonance tomography is a technique, that produces image without the use of ionizing radiation. The basic principles of MRI are based on the behavior of protons in a magnetic field. For the creation of the MRI image, hydrogen nuclei are used, because they are consisting of one proton and because hydrogen is present in sufficient quantities in all body tissues as part of H₂O. The MRI technique has many advantages, like the fact that ionizing radiation is not used, the excellent imaging of soft tissues and the excellent differentiation between different tissues and between normal and abnormal tissues, and some disadvantages like the high cost of the necessary equipment, the long time of the scanning procedure and the lack of signal from hard tissues like cortical bone and teeth. MRI is contraindicated for patients with electrically, magnetically or mechanically activated implants (e.g. cardiac pacemakers, cochlear implants). There is not enough data for the use of MRI during pregnancy and a cautionary approach is demanded in these situations, especially during the first trimester of pregnancy. Generally, MRI is considered to be a safe imaging technique, which finds many uses in the field of dentistry and in the oral and maxillofacial region. Some of them are the evaluation of inflammatory and neoplastic lesions, the staging of tumors, the assessment of intracranial lesions, the evaluation of the bony and soft tissue components of the temporomandibular joint including the disc position for evidence of internal derangement and the presurgical assessment for the placement of dental implants and for sinus lift operation. Also, the ability of a three dimensional reconstruction of the tomographic images

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μαγνητική τομογραφία, οδοντιατρική.

KEY WORDS: Magnetic resonance imaging, dentistry.

Στάλθηκε στις 22.9.2004. Εγκρίθηκε στις 9.11.2004.

¹ Οδοντίατρος, μεταπτυχιακός φοιτητής Διπλώματος Ειδίκευσης στην Οδοντοφατνιακή Χειρουργική, Χειρουργική Εμφυτευματολογία και Ακτινολογία Α.Π.Θ.

² Αναπληρωτής Καθηγητής

Received on 22th Sept., 2004. Accepted on 9th Nov., 2004.

¹ Dentist, postgraduate student of Specialization Diploma in Dentoalveolar Surgery, Surgical Implantology and Radiology, Aristotle University of Thessaloniki.

² Associate Professor

provides a useful tool to the orthodontists and the surgeons giving them the chance for a better planning of the therapy and for an easier communication between specialists.

Εισαγωγή

Η μαγνητική τομογραφία (magnetic resonance imaging-MRI- ή magnetic resonance tomography) αποτελεί μια σχετικά, τελευταίως, αναπτυσσόμενη απεικονιστική διαγνωστική μέθοδο ακριβείας, ιδιαίτερα για τα μαλακά μόρια, που δε χρησιμοποιεί ιονίζουσα ακτινοβολία^{1,2}.

Γενικές αρχές μαγνητικής τομογραφίας:

Οι αρχές της μαγνητικής τομογραφίας βασίζονται στη συμπεριφορά των πρωτονίων μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο. Χρησιμοποιούνται οι πυρήνες υδρογόνου των ιστών, οι οποίοι αποτελούνται ως γνωστό από ένα πρωτόνιο¹⁻³. Το υδρογόνο είναι παρόν σε σημαντικές ποσότητες σε όλους σχεδόν τους ιστούς του σώματος σαν μέρος του μορίου του νερού⁴.

Ο ασθενής τοποθετείται εντός ενός μεγάλου μαγνήτη, ο οποίος προκαλεί ένα ισχυρό στατικό μαγνητικό πεδίο συνήθως μεταξύ 0.5-1.5 Tesla¹⁻³. Οι μονάδες Tesla αποτελούν μέτρο ενέργειας και σε αυτή την περίπτωση μετρούν τη δύναμη του μαγνητικού πεδίου⁵. Οι πυρήνες υδρογόνου των ιστών του ασθενή, που φυσιολογικά περιστρέφονται σε τυχαίες τροχιές, συμπεριφέρονται σαν μικροί μαγνήτες. Το ισχυρό μαγνητικό πεδίο, προκαλεί μαγνητικό συντονισμό των πυρήνων του υδρογόνου, κατά τρόπο, που αυτοί ευθυγραμμίζονται με το μαγνητικό πεδίο αποκτώντας κινητική ενέργεια και περιστρέφονται πλέον με συγκεκριμένη συχνότητα. Αυτό συντελεί στην ανάπτυξη της επιμήκους μαγνητικής δύναμης η οποία και διατρέχει τον επιμήκη άξονα του σώματος του ασθενή. Έτσι, ουσιαστικά ο ασθενής γίνεται ο ίδιος ένας μαγνήτης⁵.

Ταυτόχρονα εφαρμόζεται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο με τη μορφή ραδιοκυμάτων (ραδιοσυχνότητα RF-radiofrequency) που εκπέμπονται κάθετα προς το μαγνητικό πεδίο. Τα ραδιοκύματα αυτά έχουν την ίδια συχνότητα με τους περιστρεφόμενους πυρήνες υδρογόνου, οι οποίοι απορροφούν, έτσι, ενέργεια, διεγείρονται και εκτρέπονται από την παράλληλη τροχιά τους κατά 90° ή 180° (ανάλογα με τις ρυθμίσεις και την παλμική ακολουθία που θέλουμε να εφαρμόσουμε)^{3,6}. Κατ' αυτόν τον τρόπο, μειώνεται η επιμήκης μαγνητική δύναμη και δημιουργείται μια νέα μαγνητική δύναμη-η εγκάρσια μαγνητική δύναμη⁵.

Όταν πάψει αυτή η διέγερση που δημιούργησε ο παλμός της ραδιοσυχνότητας οι τροχιές περιστροφής των πυρήνων υδρογόνου επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση (ευθυγράμμιση με το μαγνητικό πεδίο) αποδίδοντας την ενέργεια που πήραν από τη διέγερση³.

Η εκπομπή αυτής της ενέργειας από τους πυρήνες μπορεί ανιχνευτεί από τα πηνία-δέκτες του μηχανήματος (τα οποία λειτουργούν και ως γεννήτριες των ραδιοκυμάτων⁵), να μετρηθεί και να πολλαπλασιαστεί και ακολούθως με μια πολύπλοκη διαδικασία (τεχνική μετασχηματισμού του Fourier) που γίνεται στο μεγάλο ηλεκτρονικό υπολογιστή του συγκροτήματος, το σήμα μετατρέπεται σε ψηφιακής μορφής εικόνα, η οποία μπορεί να ανασυντεθεί σε τρία διαφορετικά επίπεδα, το εγκάρσιο, το μετωπιαίο και το οβελιαίο^{1,3}.

Η επαναφορά αυτή των πυρήνων (relaxation), από τη διεγερμένη κατάσταση στην ευθυγράμμιση με το μαγνητικό πεδίο του τομογράφου γίνεται μέσω δύο συγκεκριμένων μηχανισμών που καλούνται T1 και T2 relaxation⁵:

T1: Η παράμετρος αυτή μετρά την περιστροφή των πρωτονίων στον επιμήκη άξονα κατά την ευθυγράμμιση των πρωτονίων μετά τη διακοπή εφαρμογής της ραδιοσυχνότητας⁵. Η επιμήκης μαγνητική δύναμη αυξάνεται και πάλι και ο ρυθμός αυτός επιστροφής στην πρωτυτέρα κατάσταση χαρακτηρίζει αυτή την παράμετρο². Εκείνη τη στιγμή υπάρχει ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ των πρωτονίων και του χημικού τους περιβάλλοντος, δηλαδή της θεμέλιας ουσίας. Τα μικρά μόρια του νερού χρειάζονται αρκετό χρόνο για να μεταφέρουν την ενέργεια τους και να επανεγκαταστήσουν την επιμήκη μαγνητική τους δύναμη. Έτσι, ιστοί που αποτελούνται από απλό νερό ή υγρό (π.χ. σάλιο, εγκεφαλονωτιαίο υγρό) έχουν μεγάλο T1 (long T1), δίνουν ασθενές σήμα και εμφανίζονται μαύροι σε T1 μαγνητικές απεικονίσεις (T1-weighted MR imaging scans). Μεγαλύτερα μόρια μεταφέρουν ενέργεια γρηγορότερα. Τέτοιοι ιστοί, όπως είναι το λίπος, έχουν μικρό T1 (short T1), παράγουν δυνατό σήμα και εμφανίζονται άσπροι^{2,5}.

T2: Μετά τη διέγερση, κάθε πρωτόνιο αλληλεπιδρά με άλλα γειτονικά πρωτόνια, κατά τρόπο, που προκαλείται ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ τους. Η μεταφορά αυτή ενέργειας καθορίζεται με προβολή στο οριζόντιο ή εγκάρσιο επίπεδο⁵. Η προβολή αυτή θα λέγαμε ότι χαρακτηρίζει το ρυθμό εξαφάνισης της εγκάρσιας μαγνητικής δύναμης². Για το καθαρό νερό, το σάλιο και το εγκεφαλονωτιαίο υγρό, τα μόρια μένουν ακίνητα για αρκετό χρόνο που μεταφράζεται σε μεγάλο T2 (long T2) και εμφανίζονται άσπρα ή φωτεινά σε T2 μαγνητικές απεικονίσεις (T2-weighted MR imaging scans)⁵. Το λίπος έχει μικρό T2, παράγει ασθενές σήμα και εμφανίζεται σκούρο σε T2 απεικονίσεις².

Έτσι, ανάλογα με την απεικόνιση εμφανίζονται οι διαφορές στα T1 και T2 χαρακτηριστικά των διαφόρων ιστών. Γενικά, οι T1 μαγνητικές απεικονίσεις, παρουσιάζουν πολύ καλά τη φυσιολογική ανατομία, ενώ οι T2 απεικονίσεις παρουσιάζουν καλά παθολογικές καταστάσεις² και αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι οι παθολογικές διεργασίες έχουν σαν αποτέλεσμα αύξηση του ελεύθερου ύδατος, μείωση της έντασης του

σήματος και φωτεινότητα στην απεικόνιση⁵.

Απεικόνιση πυκνότητας πρωτονίων: Καθώς το σήμα προέρχεται από τους διεγερμένους πυρήνες υδρογόνου, μπορεί εναλλακτικά να παραχθεί μια εικόνα που να παρουσιάζει την κατανομή του υδρογόνου στους ιστούς του σώματος ανεξάρτητα από τις παραμέτρους T1 και T2².

Με αλλαγή των διαφόρων παραμέτρων, οι πυρήνες υδρογόνου μπορούν να διεγερθούν σε διαφορετικό βαθμό, επιτρέποντας την εντονότερη απεικόνιση διαφόρων χαρακτηριστικών των ιστών. Επιπρόσθετα, η απεικόνιση χαρακτηριστικών των ιστών μπορεί να αλλάξει με τη χρήση παράγοντα αντίθεσης, όπως είναι το γαδολίνιο (ιόντα παραμαγνητικού γαδολινίου-Magnevist) που μικραίνει την T1 επαναφορά (relaxation) των ιστών, δίνοντας ισχυρότερο σήμα στις T1 απεικονίσεις².

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μαγνητικής τομογραφίας έναντι των υπολοίπων σύγχρονων απεικονιστικών τεχνικών αναφέρονται παρακάτω^{1,2,6}:

Πλεονεκτήματα:

- Δε χρησιμοποιείται ιονίζουσα ακτινοβολία.
- Αποτελεί εντελώς ακίνδυνη μέθοδο.
- Δεν έχουν αναφερθεί ανεπιθύμητες ενέργειες από την εφαρμογή της.
- Αποτελεί τη μέθοδο με τη μεγαλύτερη διαγνωστική αξία για τα μαλακά μόρια.
- Έχει εξαιρετική ευκρίνεια και υψηλή διακριτική ικανότητα.
- Παρέχεται δυνατότητα επεξεργασίας της εικόνας.
- Υπάρχει η δυνατότητα λήψης πολλαπλών τομών σε όλα τα επίπεδα του χώρου.
- Δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης.
- Μεγάλη η διαφοροποίηση της απεικόνισης ανάμεσα στους διάφορους ιστούς και ανάμεσα σε φυσιολογικούς και παθολογικούς ιστούς, γεγονός που επιτρέπει ευκολότερη διαφοροποίηση μεταξύ καλοήθων και κακοήθων νοσημάτων και μεταξύ υποτροπών και μετεγχειρητικών επουλωτικών διαδικασιών.
- Χρήσιμη για τη διάγνωση ενδομυελικών μεταστάσεων.

Μειονεκτήματα:

- Υψηλό κόστος εξοπλισμού και εξέτασης.
- Αντένδειξη σε ασθενείς με βηματοδότες, κοχλιακά εμφυτεύματα ή άλλες μεταλλικές προθέσεις.
- Αντένδειξη κατά το πρώτο τρίμηνο της κύησης (καθαρά προληπτικοί λόγοι).
- Αρκετά μεγάλος χρόνος εξέτασης.

● Ο εξοπλισμός της εξέτασης είναι αρκετά θορυβώδης και κλειστοφοβικός, γιατί ο ασθενής εισέρχεται μέσα σε ένα τούνελ. Έχουν αναπτυχθεί και μηχανήματα «ανοικτού μαγνήτη»⁷ που προσφέρουν ένα λιγότερο κλειστοφοβικό περιβάλλον εξέτασης, αλλά αναπτύσσουν ασθενέστερο μαγνητικό πεδίο.

● Έλλειψη σήματος από σκληρούς ιστούς, όπως είναι τα οστά (φλοιώδης μοίρα) και τα δόντια. Δίνουν μαύρο σήμα, όπως και ο αέρας και τα μεταλλικά αντικείμενα, λόγω της μικρής περιεκτικότητας σε νερό και κατ' επέκταση σε πυρήνες υδρογόνου. Η σπογγώδης ουσία και ο μυελός των οστών δίνουν σήμα.

● Πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην οδοντιατρική (π.χ. μεταλλικοί σκελετοί προσθετικών εργασιών, εμφυτεύματα, χειρουργικοί νάρθηκες, σύρματα για ανάταξη καταγμάτων) δημιουργούν artifacts στην MRI απεικόνιση και περιορίζουν αρκετά τα δυνητικά πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της MRI στην περιοχή του στόματος^{8,9}. Όσον αφορά τις ορθοδοντικές συσκευές οι Okano και συν¹⁰(2003) βρήκαν ότι η διαγνωστική αξία της MRI είναι καλύτερη, όταν αφαιρούνται τα μεταλλικά τόξα κατά την εξέταση και όταν χρησιμοποιούνται κεραμικά αγκύλια στα πρόσθια δόντια και απευθείας συγκολλούμενοι σωληνίσκοι στα οπίσθια δόντια¹⁰. Επίσης, οι μαγνήτες που χρησιμοποιούνται σε επιεμφυτευματικές εργασίες προκαλούν σημαντικά artifacts και πρέπει να αφαιρούνται πριν από μια MRI εξέταση¹¹.

● Απαιτείται αυξημένη συνεργασία από μέρους του ασθενή. Πρέπει να παραμείνει ακίνητος για μεγάλο χρονικό διάστημα.

● Απαιτείται υψηλή κατάρτιση του προσωπικού για εφαρμογή της τεχνικής στην περιοχή κεφαλής και τραχήλου, αλλά και για ερμηνεία των απεικονίσεων, ιδιαίτερα όσο αφορά την κροταφογναθική διάρθρωση.

Κίνδυνοι και προστασία⁵:

Παρά το γεγονός ότι δεν προκύπτει κάποιος γνωστός βιολογικός κίνδυνος που σχετίζεται με την εφαρμογή της μαγνητικής τομογραφίας, αποτελεί αντένδειξη η εφαρμογή της σε ασθενείς που φέρουν ηλεκτρικά, μαγνητικά ή μηχανικά ενεργοποιούμενες προσθέσεις, όπως είναι οι καρδιακοί βηματοδότες και τα κοχλιακά εμφυτεύματα. Οι πιθανοί κίνδυνοι σε τέτοιους ασθενείς από την εφαρμογή της τεχνικής, σχετίζονται με την παρεμβολή ηλεκτρικών σημάτων, τη θέρμανση, τη λανθασμένη αξιολόγηση ενός artifact ως μιας ανωμαλίας και την πιθανότητα μετακίνησης ή μετατόπισης της πρόσθεσης.

Όσον αφορά τις έγκυες γυναίκες και τα έμβρυα αναφέρεται ότι απαιτείται μια προσεκτική προσέγγιση της εφαρμογής της τεχνικής της μαγνητικής τομογραφίας κατά τη διάρκεια της κύησης, ιδιαίτερα κατά το πρώτο τρίμηνο αυτής, έως ότου περισσότερες και νεώτερες έρευνες δώσουν επαρκείς πληροφορίες. Η

χρήση της όμως, ενδείκνυται σε έγκυες γυναίκες στις περιπτώσεις που άλλες απεικονιστικές μέθοδοι που δε χρησιμοποιούν ιονίζουσα ακτινοβολία είναι ανεπαρκείς ή αν η συγκεκριμένη τεχνική προσφέρει σημαντικές πληροφορίες που θα απαιτούσαν, σε διαφορετικές περιπτώσεις, έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία (π.χ. ακτίνες Χ, αξονική τομογραφία).

Εφαρμογές της μαγνητικής τομογραφίας στην Οδοντιατρική:

Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι εφαρμογές της μαγνητικής τομογραφίας στην περιοχή της κεφαλής και του τραχήλου με ιδιαίτερη έμφαση στις χρήσεις της MRI στο χώρο της οδοντιατρικής^{1,2,6,7,12,13}.

- Εξέταση σε ασθενείς που για οποιοδήποτε λόγο δεν πρέπει να ακτινοβοληθούν.

- Αξιολόγηση ενδοκρανιακών βλαβών, ιδιαίτερα αυτών που σχετίζονται με τον πρόσθιο κρανιακό βόθρο, την υπόφυση και τον νωτιαίο μυελό. Ανιχνεύονται κεντρικές βλάβες στο ΚΝΣ που πιθανόν να προκαλούν περιφερικές αντιδράσεις.

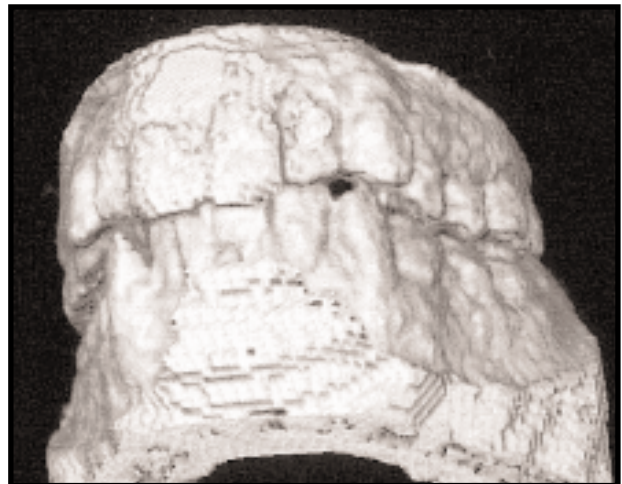
- Σταδιοποίηση του καρκίνου (μέγεθος, εντόπιση, εξάπλωση, εμπλοκή λεμφαδένων) στους σιελογόνους αδένες και τους αγωγούς τους, τη γλώσσα, το έδαφος του στόματος, το φάρυγγα, το λάρυγγα, τους παραρρινικούς κόλπους, τους οφθαλμικούς κόγχους. Αναφέρεται, ότι η MRI αποτελεί σήμερα τη μέθοδο εκλογής για τη σταδιοποίηση του σαρκώματος Ewing, καθώς, λόγω της εξαιρετικής απεικόνισης των μαλακών ιστών, επιτρέπει ακριβή αξιολόγηση της ενδομυελικής και εξωμυελικής επέκτασης του. Έχει, επίσης, μεγάλη αξία στον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της χημειοθεραπείας σε τέτοια περιστατικά^{14,15}.

- Αξιολόγηση φλεγμονωδών παθολογικών καταστάσεων στις πιο πάνω δομές. Σε μια από τις εργασίες¹⁶⁻¹⁹ που έγιναν σε ασθενείς με σύνδρομο Sjogren, αναφέρονται ενθαρρυντικά αποτελέσματα από την εφαρμογή της μαγνητικής τομογραφίας για την ανίχνευση διαγνωστικών ευρημάτων στον πόρο της παρωτίδας. Η μαγνητική σιελογραφία μπορεί να αναπτυχθεί περισσότερο και να αντικαταστήσει τη συμβατική σιελογραφία με ακτίνες Χ²⁰⁻²⁵, η οποία πέραν της χρήσης ιονίζουσας ακτινοβολίας, θεωρείται και επεμβατική λόγω της αναγκαιότητας έγχυσης σκιαγραφικού υλικού στον πόρο της παρωτίδας, κάτι που δεν είναι πάντοτε εφικτό και το οποίο όταν γίνεται προκαλεί, πολλές φορές, έντονο πόνο και δυσανεξία στον ασθενή^{26,27}.

- Ανίχνευση αρχόμενων αλλοιώσεων των μαλακών μορίων.

- Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η μαγνητική τομογραφία δίνει τη δυνατότητα μετατροπής των δισδιάστατων απεικονίσεων σε τρισδιάστατη εικόνα με τη

χρήση ειδικού λογισμικού που χρησιμοποιεί γεωμετρικούς υπολογισμούς, με τους οποίους μπορεί να περιστρέψει στο χώρο τις διάφορες λαμβανόμενες τομές, να μεγεθύνει και να επεξεργαστεί περαιτέρω διάφορες περιοχές ενδιαφέροντος (Εικ. 1). Αυτή η δυνατότητα κάνει χρήσιμη την μαγνητική τομογραφία, σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές τρισδιάστατης απεικόνισης, στη διάγνωση κρανιοπροσωπικών προβλημάτων δομής, όπως είναι οι στοματογοναθικές και ορθοδοντικές ανωμαλίες²⁸, τα κρανιοπροσωπικά τραύματα και ελλείμματα^{29,30}. Έτσι, δίνεται η ευκαιρία στους ειδικούς να επιλέξουν το καλύτερο σχέδιο επεμβατικής θεραπείας, με παράλληλη δυνατότητα για προεγχειρητική εξομείωση των αποτελεσμάτων της θεραπείας^{12,31,32,33}. Στη χειρουργική, η MRI είναι επίσης χρήσιμη για τη μετεγχειρητική αξιολόγηση επιπλοκών που αφορούν τους μαλακούς ιστούς³⁴. Επιπλέον, κάνει ευκολότερη και πιο άμεση την επικοινωνία ανάμεσα σε ειδικούς, καθώς και την ανάλυση των διαφόρων θεραπευτικών μοντέλων στον ασθενή¹².

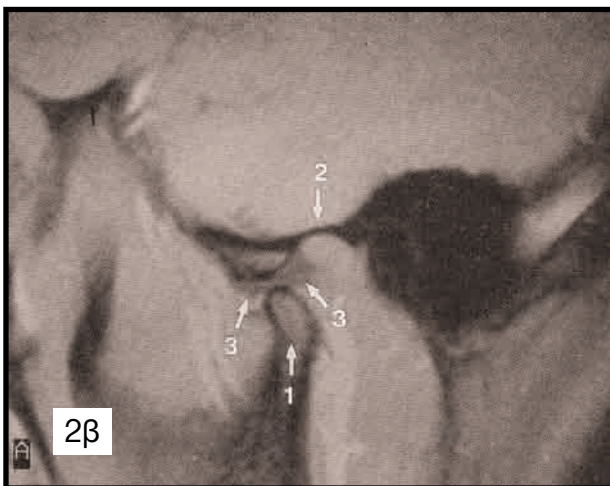
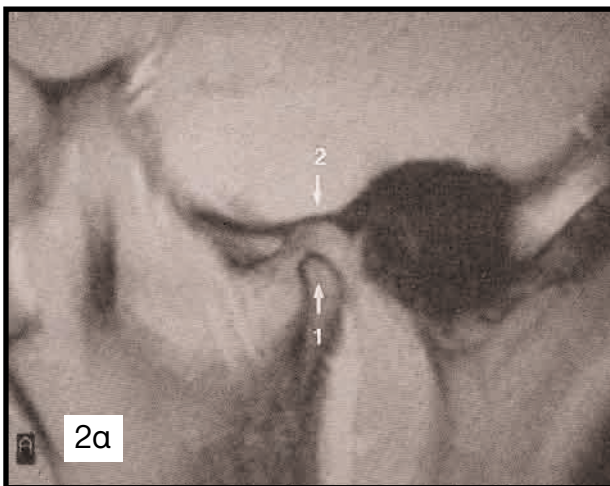


Εικόνα 1. Τρισδιάστατη απεικόνιση των γνάθων η οποία προκύπτει από την ανασύνθεση των δεδομένων των μαγνητικών τομών.

• Με τη χρήση τρισδιάστατης MRI έγινε in vitro απεικόνιση εξωτερικών και εσωτερικών επιφανειών (π.χ. πολφική κοιλότητα, ριζικοί σωλήνες). Έτσι, με την ανάπτυξη κατάλληλων μηχανημάτων μπορεί στο μέλλον, να χρησιμοποιηθεί αυτή η μέθοδος για την αξιολόγηση της ακρίβειας διάφορων αποτυπωτικών τεχνικών και υλικών στην προσθετική ή να αποτελέσει η ίδια μια εναλλακτική μορφή μη αποτυπωτικής τρισδιάστατης απεικόνισης για προσθετικούς λόγους³⁵.

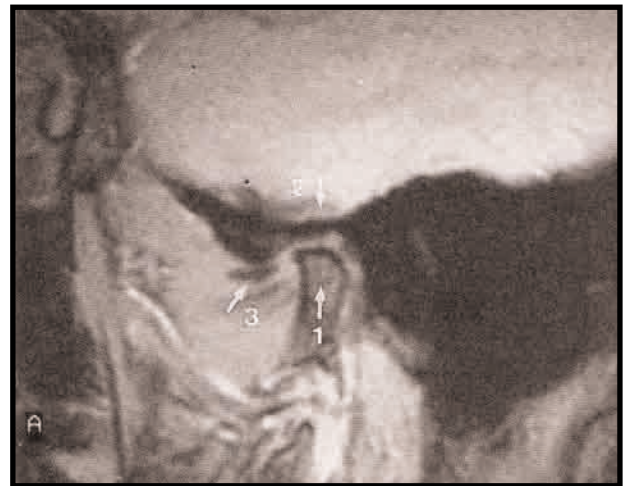
• Διάγνωση ενδοαρθρικών ανωμαλιών της κροταφογναθικής διάρθρωσης (ΚΦΓΔ). Η μαγνητική τομογραφία αποτελεί τη μοναδική, μέχρι σήμερα, μέθοδο άμεσης απεικόνισης του διάρθριου δίσκου. Εξετάζονται τα μέρη της άρθρωσης (μαλακοί και σκληροί ιστοί) συμπεριλαμβανομένης και της θέσης του δίσκου^{1,2,5,36-41} (Εικ. 2α,β).

Για τους οδοντιάτρους, η αξιολόγηση της ΚΦΓΔ, αποτελεί την κυριότερη χρήση της μαγνητικής τομογραφίας⁶. Παρά το γεγονός ότι άλλες απλές διαγνωστικές μέθοδοι προσφέρουν εξαιρετικές απεικονίσεις



Εικ 2. MRI απεικόνιση φυσιολογικής ΚΦΓΔ α) με κλειστό στόμα και β) με ανοικτό στόμα. 1: κόνδυλος, 2: κροταφική γλήνη, 3: διάρθριος δίσκος.

των οστικών δομών της άρθρωσης, εντούτοις δεν μπορεί με αυτές τις τεχνικές να καθοριστεί η θέση και η λειτουργία του διάρθριου δίσκου. Με τη μαγνητική τομογραφία μπορεί να εντοπιστεί εσωτερική αποδιοργάνωση, όπως είναι η εσωτερική, η εξωτερική ή η πρόσθια παρεκτόπιση του διάρθριου δίσκου (Εικ. 3), ιδιαίτερα αν ληφθούν απεικονίσεις τόσο στο οβελιαίο όσο και στο μετωπιαίο επίπεδο. Με τη χρήση κατάλληλων ρυθμίσεων (T2 μαγνητικές απεικονίσεις) απεικονίζεται η παρουσία διήθησης στην άρθρωση⁴²⁻⁴⁸.



Εικ 3. MRI απεικόνιση παθολογικής ΚΦΓΔ με πρόσθια παρεκτόπιση του διάρθριου δίσκου.

Ορισμένα μηχανήματα παρέχουν τη δυνατότητα απεικόνισης της λειτουργίας του δίσκου, καθώς ο ασθενής ανοιγοκλείνει το στόμα του^{6,49}. Αυτή η τεχνική (Echo planar imaging -EPI) αποτελεί ουσιαστικά μια μορφή υπερταχείας μαγνητικής τομογραφίας που έχει τη δυνατότητα να σαρώνει ένα πλαίσιο σε λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο⁵⁰.

Με τη μαγνητική τομογραφία μπορούμε, επίσης, να εξαγάμε σημαντικές πληροφορίες που αφορούν και τα οστικά στοιχεία της άρθρωσης. Το φλοιώδες τμήμα του οστού απεικονίζεται μαύρο, έτσι οι διάφορες επιφανειακές αλλοιώσεις του οστού που είναι ενδεικτικές οστεοαρθρίτιδας, φαίνονται ως ανωμαλίες του οστικού περιγράμματος⁶.

Η MRI είναι, επίσης, χρήσιμη στη μετεγχειρητική αξιολόγηση της επίδρασης της ορθογναθικής χειρουργικής στη μορφολογία της ΚΦΓΔ⁵¹.

Οι Morimoto και συν.⁵²(2004) με τη χρήση MRI έλεγξαν τις μεταβολές της δομής της ΚΦΓΔ κατά τη διάρκεια της αύξησης σε παιδιά και εξήγαν χρήσιμα συμπεράσματα για την ανάπτυξη της άρθρωσης.

Σε αρκετές έρευνες γίνεται η χρήση της MRI για τον έλεγχο της επίδρασης της ορθοδοντικής θεραπείας στην ΚΦΓΔ⁵³⁻⁵⁸. Επίσης, η MRI είναι βοηθητική στην αξιολόγηση της θεραπείας επανατοποθέτησης του δίσκου της άρθρωσης με τη χρήση νάρθηκα επανατο-

ποθέτησης (splint repositioning appliance)⁵⁹.

Τέλος, για καλύτερη ανάλυση των δεδομένων που προκύπτουν από την εφαρμογή της μαγνητικής τομογραφίας στην αξιολόγηση της ΚΦΓΔ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τρισδιάστατη ανάλυση των αποτελεσμάτων^{49,60,61}.

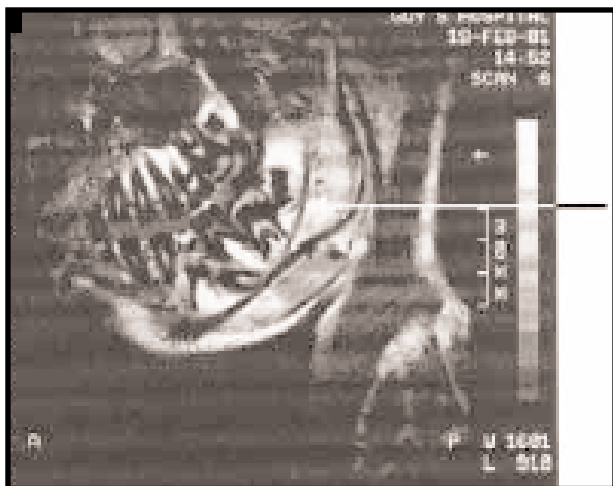
- Προεγχειρητική αξιολόγηση για τοποθέτηση οδοντικών οστεοενσωματωμένων εμφυτευμάτων^{7,41,62-68} και για ανύψωση του εδάφους του ιγμορείου άντρου.

Η ανάγκη για λεπτομερή αξιολόγηση των ανατομικών χαρακτηριστικών του εμφυτευματικού πεδίου είναι αδιαμφισβήτητη. Αυτή η αξιολόγηση βασίζεται, κυρίως, σε διάφορες απεικονιστικές μεθόδους, όπως είναι οι περιακρορριζικές ακτινογραφίες, τα ορθοπαντομογραφήματα, η συμβατική και η αξονική τομογραφία. Οι πιο πάνω τεχνικές παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα, τα οποία έδωσαν την ώθηση στη σταδιακή χρήση της

μαγνητικής τομογραφίας στο χώρο της εμφυτευματολογίας. Η συμβολή της MRI στην απεικόνιση ευαίσθητων ανατομικών μορίων, όπως είναι το κάτω φατνιακό αγγειονευρώδες δεμάτιο είναι σημαντική και πολλές φορές ανώτερη από αυτή της αξονικής τομογραφίας^{69,70} (Εικ. 4,5).

Οι περιακρορριζικές ακτινογραφίες δίνουν δισδιάστατη απεικόνιση και δε δίνουν πληροφορίες για την παρειογλωσσική θέση του πόρου του κάτω φατνιακού νεύρου. Οι πανοραμικές ακτινογραφίες είναι βοηθητικές στην αρχική εκτίμηση της υποψήφιας για εμφύτευση περιοχής, αλλά αποτελούν και αυτές δισδιάστατη απεικόνιση που υπόκειται σε μεγέθυνση η οποία ποικίλλει στα διάφορα σημεία του οδοντικού τόξου. Παρόμοια μειονεκτήματα παρουσιάζει και η λοξή πλάγια κεφαλομετρική ακτινογραφία. Η χρήση της συμβατικής τομογραφίας έλυσε κάποια από τα προβλήματα, αλλά παρουσίαζε κάποιο ποσοστό μεγέθυνσης και επιπρόσθετα εξέθετε τον ασθενή σε σημαντική ποσότητα ιονίζουσας ακτινοβολίας κάτι που ισχύει και για τη χρήση της αξονικής τομογραφίας στον προεγχειρητικό έλεγχο για τοποθέτηση εμφυτευμάτων. Στην αξονική τομογραφία, μεταλλικές οδοντικές προσθέσεις μπορούν να οδηγήσουν στη δημιουργία artifact μειώνοντας τη διαγνωστική χρησιμότητα των αποτελεσμάτων. Οι Nael και συν.⁷¹ (1999) έλεγξαν την αξιοπιστία των μετρήσεων στις γνάθους με τη χρήση οδοντιατρικής μαγνητικής τομογραφίας (dental MR Imaging) και βρήκαν ότι αυτές ήταν συγκρίσιμες με αυτές που λαμβάνονταν με τη χρήση αξονικής τομογραφίας (dental CT scans).

Με τις κατάλληλες ρυθμίσεις των διαφόρων παραμέτρων, είναι δυνατή η χρήση της μαγνητικής τομογραφίας για την απεικόνιση του οστού, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου χρειάζεται και η διαγράμμιση των μαλακών ιστών. Για την προεγχειρητική αξιολόγηση ενδείκνυται η T1 απεικόνιση. Το εξωτερικό φλοιώδες πέταλο του οστού εμφανίζεται μαύρο, ενώ η σπογγώδης οστική ουσία εμφανίζεται έντονα φωτεινή. Τα αγγειονευρώδη κανάλια, όπως είναι ο πόρος του κάτω φατνιακού και ο τομικός πόρος, απεικονίζονται σαν διακριτές μαύρες δομές μέσα στο φωτεινό σπογγώδες οστό. Οι μαλακοί ιστοί στην T1 απεικόνιση εμφανίζονται με γκρι χρώμα. Έτσι εύκολα μπορούμε με αυτή την τεχνική να μετρήσουμε με ακρίβεια το διαθέσιμο ύψος, εύρος και την κατάλληλη γωνίωση τοποθέτησης του εμφυτεύματος, με την οποία αποφεύγεται η τρώση σημαντικών ανατομικών μορίων και αυξάνεται κατά το δυνατό το μέγεθος του τοποθετούμενου εμφυτεύματος, ενώ μπορούμε παράλληλα να αποκτήσουμε πληροφορίες για το περίγραμμα των ιστών, το πάχος και το σχήμα του βλεννογόνου της φατνιακής ακρολοφίας. Για την ευκολότερη αναγνώριση της περιοχής ενδιαφέροντος, κατά την εξέταση, χρησιμοποιείται συνήθως ακρυλικός νάρθηκας που φέρει τρύπες διαμέτρου 2mm στις περιοχές τοποθέτησης των εμφυτευμάτων, οι οποίες γεμίζουν με κατάλληλο διάλυμα παράγοντα αντίθεσης που απο-



Εικόνα 4.



Εικόνα 5.

Εικόνες 4 και 5. Η μαγνητική τομογραφία βοηθά στην εντόπιση της πορείας του κάτω φατνιακού πόρου.

τελείται, όπως προαναφέρθηκε, από παραμαγνητικά ιόντα (π.χ. ιόντα γαδολίνιου) τα οποία γίνονται ορατά σε T1 απεικονίσεις.

Η μαγνητική τομογραφία είναι χρήσιμη και στον προεγχειρητικό έλεγχο για την ανύψωση του εδάφους του ιγμορείου^{7,72-74}. Είναι επιθυμητή η προεγχειρητική εκτίμηση της τρισδιάστατης μορφής του ιγμορείου τόσο όσον αφορά το μέγεθος της κοιλότητας όσο και αναφορικά με την ανατομικότητά της. Έχει αναφερθεί η παρουσία εγκάρσιων διαφραγμάτων στην κοιλότητα του ιγμορείου στο 32% των περιπτώσεων που ερευνήθηκαν, τα οποία όταν δεν αναγνωριστούν, πιθανόν, να οδηγήσουν σε αποτυχία της επέμβασης λόγω του ανεπαρκούς πλήρωσης της κοιλότητας με μόσχευμα⁷ (Εικ. 6).



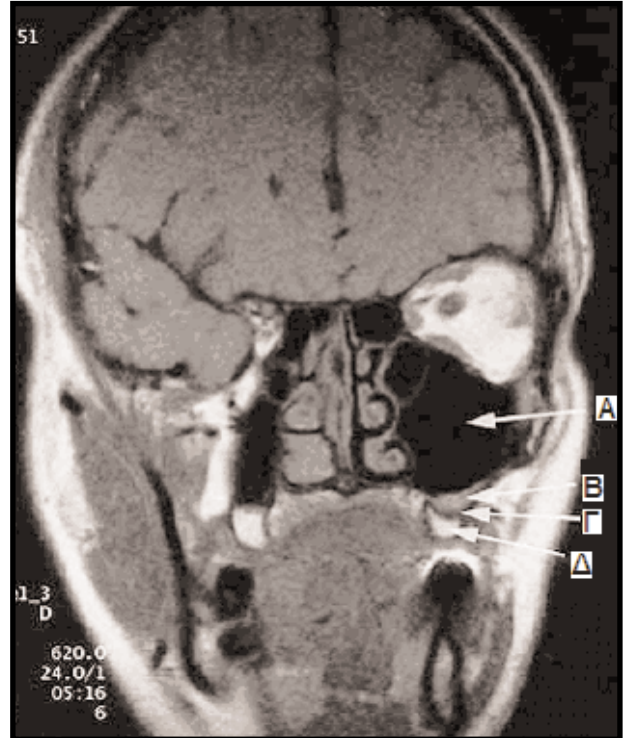
Εικόνα 6. Εγκάρσια διαφράγματα στο ιγμόρειο όπως φαίνονται στην MRI.

Τα συμβατικά ακτινογραφήματα δίνουν πολύ λίγες πληροφορίες στο χειρουργό, σε αντίθεση με τις τομογραφικές τεχνικές οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα να υπολογιστεί ο όγκος του μοσχεύματος που είναι απαραίτητος για την επαρκή ανύψωση του εδάφους του ιγμορείου, αλλά και τη δυνατότητα για τον απαραίτητο μετεγχειρητικό έλεγχο της επιτυχίας και του αποτελέσματος της διαδικασίας.

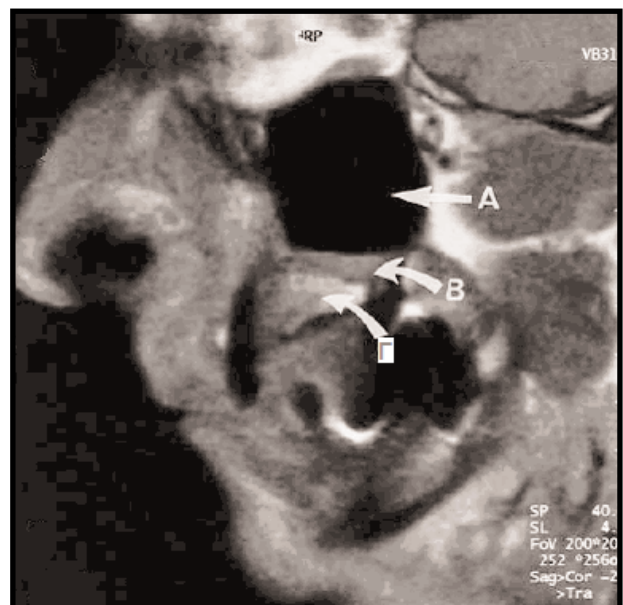
Τέτοια δυνατότητα δίνει και η αξονική τομογραφία, της οποίας όμως η μαγνητική υπερέχει εξαιτίας, κυρίως, της μη χρήσης ιονίζουσας ακτινοβολίας, του μικρού ποσοστού εμφάνισης artifact, της ευελιξίας επιλογής των επιθυμητών τομών και της λεπτομερούς απεικόνισης των μαλακών ιστών.

Καθώς δε χρησιμοποιείται ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί, ακίνδυνα, να χρησιμοποιηθεί μια σειρά επαναλήψιμων τομογραφικών απεικονίσεων που θα δείχνουν τις διαδικασίες επούλωσης και ωρίμανσης του οστικού

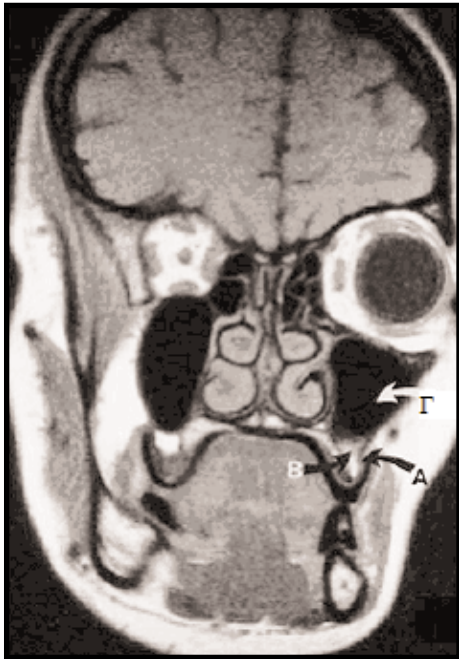
μοσχεύματος⁷ (Εικ. 7,8). Κάτι τέτοιο μπορεί να μας δώσει πρόσθετες σημαντικές πληροφορίες που θα εμπλουτίσουν τις γνώσεις μας γύρω από τη φυσιολογία της διαδικασίας ωρίμανσης των μοσχευμάτων, αλλά και της επίδρασης διαφόρων παραγόντων σε αυτή τη διαδι-



Εικόνα 7. Μετεγχειρητική MRI απεικόνιση 3 μήνες μετά την ανύψωση του εδάφους του ιγμορείου. Α. Ιγμόρειο άντρο Β. Νέο οστό Γ. Αρχικό έδαφος ιγμορείου Δ. Βλεννογονοπερίοστεο.



Εικόνα 8. Η ίδια απεικόνιση σε οβελιαίο επίπεδο. Α. Ιγμόρειο άντρο Β. Νέο οστό Γ. Αρχικό έδαφος ιγμορείου.



Εικόνα 9. Απεικόνιση του ιγμορείου άντρου με T1 απεικόνιση.

κασία.

Για την αξιολόγηση της ανατομικότητας του ιγμορείου χρησιμοποιούνται T1 απεικονίσεις (Εικ. 9). Η διαγράμμιση του βλεννογόνου του ιγμορείου και του στοματικού βλεννογόνου μπορεί να τονιστεί με τη χρήση ενδοφλέβιου παράγοντα αντίθεσης (magnevit). Στη διαδικασία ελέγχου της ωρίμανσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν T2 απεικονίσεις. Σε αυτές παρουσιάζονται οι αιματικοί θρόμβοι κατά την επούλωση με διαφορετική εικόνα ανάλογα με το βαθμό ωρίμανσης, λόγω της μεταβολής των συστατικών της αιμογλουβίνης. Σε συνδυασμό με T1 απεικονίσεις, που δίνουν ευκρινείς πληροφορίες για το ιστικό υγρό, είναι δυνατό να αναγνωριστούν οι διάφορες αλλαγές στους αιματικούς θρόμβους και στα στοιχεία του υγρού των ιστών, κατά τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων της ωρίμανσως του μοσχεύματος.

Οι εφαρμογές της μαγνητικής τομογραφίας στο χώρο της οδοντιατρικής αυξάνονται με το πέρασμα του χρόνου, ενώ οι προοπτικές για σημαντική αύξηση των δυνατοτήτων της υπάρχουν και δεν αποκλείεται στο μέλλον η μαγνητική τομογραφία να αποτελέσει ένα συχνά χρησιμοποιούμενο εργαλείο στο χώρο της οδοντιατρικής για διαγνωστικούς σκοπούς ή ακόμα και για σκοπούς "αποτύπωσης", όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, για προσθετικούς λόγους.

Βιβλιογραφία

1. Αγγελόπουλος, Σπυρόπουλος, Τσιχλάκης. Σύγχρονη Στοματική και Γναθοπροσωπική Διαγνωστική και

- Ακτινολογία. Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, 3η έκδοση, Αθήνα 2000; 364-66.
2. Whaites E. Essentials of Dental Radiography and Radiology. 3rd edition, Churchill Livingstone 2002; 206-08.
3. Χριστοφορίδης ΙΑ, Παπαδόπουλος ΣΛ. Διαγνωστική Ακτινολογία 1. University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1989; 28-31.
4. Pasler AF. Radiology. Thieme Medical Publishers, Inc., New York 1993; 124
5. Langlais RP, van Rensburg LJ, Guidry J, Moore WS, Miles DA, Nortie CJ. Magnetic Resonance imaging in dentistry. Dent Clin North Am. 2000 Apr; 44(2): 411-26.
6. Brooks LS, Miles AD. Advances in diagnostic imaging in dentistry. Dent Clin North Am. 1993 Jan; 37(1): 91-111.
7. Gray FC, Redpath WT, Smith WF, Staff TR. Advanced imaging: Magnetic resonance imaging in implant dentistry. A review. Clin Oral Implants Res. 2003 Feb; 14(1): 18-27.
8. Shafiei F, Honda E, Takahashi H, Sasaki T. Artifacts from dental casting alloys in magnetic resonance imaging. J Dent Res. 2003 Aug; 82(8): 602-6.
9. Hubalkova H, Hora K, Seidl Z, Krasensky J. Dental materials and magnetic resonance imaging. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2002 Sep; 10(3): 125-30.
10. Okano Y, Yamashiro M, Kaneda T, Kasai K. Magnetic resonance imaging diagnosis of the temporomandibular joint in patients with orthodontic appliances. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003 Feb; 95(2): 255-63.
11. Devge C, Tjellstrom A, Nellstrom H. Magnetic resonance imaging in patients with dental implants: a clinical report. Int J Oral Maxillofac Implants. 1997 May-Jun; 12(3): 354-9.
12. Papadopoulos MA, Christou PK, Athanasiou AE και συν. Three-dimensional craniofacial reconstruction imaging. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002 Apr; 93(4): 382-93.
13. Nakayama E, Yonetsu K, Yoshiura K, Araki K, Kanda S, Yoshida K. Diagnostic value of magnetic resonance imaging for malignant tumors in the oral and maxillofacial region. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1996 Dec; 82(6): 691-7.
14. Gorospe L, Fernandez-Gil MA, Garcia-Raya P, Royo A, Lopez-Barea F, Garcia-Miguel P. Ewing's sarcoma of the mandible : Radiologic features with emphasis on magnetic resonance appearance. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2001 Jun; 91(6): 728-34.
15. van ser Woude HJ, Bloem JL, Holscher HC και συν. Monitoring the effect of chemotherapy in Ewing's sarcoma of bone with MR imaging. Skeletal Radiol. 1994 Oct; 23(7): 493-500.
16. Tonami H, Ogawa Y, Matoba M και συν. MR sialography in patients with Sjogren syndrome. AJNR Am J Neuroradiol. 1998 Aug; 19(7):1199-203.
17. Niemela RK, Paakko E, Suramo I, Takalo R, Hakala M. Magnetic resonance imaging and magnetic resonance sialography of parotid glands in primary Sjogren's syndrome. Arthritis Rheum. 2001 Dec; 45(6):512-8.
18. El Miedany YM, Ahmed I, Mourad HG και συν. Quantitative ultrasonography and magnetic resonance

- imaging of the parotid gland: can they replace the histopathologic studies in patients with Sjogren's syndrome? *Joint Bone Spine*. 2004 Jan; 71(1):29-38.
19. Ohbayashi N, Yamada I, Yoshino N, Sasaki T. Sjogren syndrome: comparison of assessments with MR sialography and conventional sialography. *Radiology* 1998 Dec; 209(3):683-8.
 20. Yousem DM, Kraut MA, Chalian AA. Major salivary gland imaging. *Radiology* 2000 Jul; 216(1):19-29.
 21. Kalinowski M, Heverhagen JT, Rehberg E, Klose KJ, Wagner HJ. Comparative study of MR sialography and digital subtraction sialography for benign salivary gland disorders. *Am J Neuroradiol*. 2002 Oct; 23(9):1485-92.
 22. Jager L, Menauer F, Holzknicht N, Scholz V, Grevers G, Reiser M. Sialolithiasis: MR sialography of the submandibular duct-an alternative to conventional sialography and US? *Radiology* 2000 Sep; 216(3): 665-71.
 23. Shojaku H, Shimizu M, Seto H, Watanabe Y. MR sialographic evaluation of sialectasia of Stensen's duct: comparison with X-ray sialography and ultrasonography. *Radiat Med*. 2000 Mar-Apr; 18(2):143-5.
 24. Heverhagen JT, Kalinowski M, Rehberg E, Klose KJ, Wagner HJ. Prospective comparison of magnetic resonance sialography and digital subtraction sialography. *J Magn Reson Imaging*. 2000 May; 11(5):518-24.
 25. Salerno S, Cannizzaro F, Lo Casto A, Barresi B, Speciale R. The value of magnetic resonance imaging in a fistula of Wharton's duct. *Dentomaxillofac Radiol*. 2000 Mar; 29(2):125-7.
 26. Niemela RK, Takalo R, Paakko E και ούκ. Ultrasonography of salivary glands in primary Sjogren's syndrome. A comparison with magnetic resonance imaging and magnetic resonance sialography of parotid glands. *Rheumatology (Oxford)* 2004 Jul; 43(7):875-9.
 27. Jungehulsing M, Fischbach R, Schroder U, Kugel H, Damm M, Eckel HE. Magnetic resonance sialography. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1999 Oct; 121(4):488-94.
 28. Olt S, Jakob PM. Contrast-enhanced dental MRI for visualization of the teeth and jaw. *Magn Reson Med*. 2004 Jul; 52(1):174-6.
 29. Defraia E, Baccetti T, Marinelli A, Tollaro I. Biometric and magnetic resonance imaging assessment of dento-facial abnormalities in a case of Klippel-Trenaunay-Weber syndrome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004 Jan; 97(1): 127-32.
 30. Wakoh M, Harada T, Yamamoto K, Hashimoto S, Noma H, Kaneko Y. Three-dimensional volumetric visualization of arteriovenous malformation of the maxilla. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003 Jan; 32(1): 63-6.
 31. Saka B, Petsch I, Hingst V, Hartel J. The influence of pre- and intraoperative positioning of the condyle in the centre of the articular fossa on the position of the disc in orthognathic surgery. A magnetic resonance study. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2004 Apr; 42(2):120-6.
 32. Gaggl A, Schultes G, Santler G, Karcher H, Simbrunner J. Clinical and magnetic resonance findings in the temporomandibular joints of patients before and after orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 1999; 37: 41-5.
 33. Farman AG, Kushner GM, Gould AR. A sequential approach to radiological interpretation. *Dentomaxillofac Radiol*. 2002 Sep; 31(5):291-8.
 34. Pregarz M, Fugazzola C, Consolo U, Andreis IA, Beltramello A, Gotte P. Computed tomography and magnetic resonance imaging in the management of coronoid process hyperplasia: review of five cases. *Dentomaxillofac Radiol*. 1998 Jul; 27(4):215-20.
 35. Weglarz WP, Tanasiewicz M, Kupka T, Skorka T, Sulek Z, Jasinski A. 3D MR imaging of dental cavities-an in vitro study. *Solid State Nucl Magn Reson*. 2004 Jan; 25(1-3): 84-7.
 36. Emshoff R, Brandmaier I, Bertram S, Rudisch A. Comparing methods for diagnosing temporomandibular joint disk displacement without reduction. *J Am Dent Assoc*. 2002 Apr; 133(4): 442-51.
 37. Barclay P, Hollender LG, Maravilla KR, Truelove EL. Comparison of clinical and magnetic resonance imaging diagnosis in patients with disk displacement in the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999 Jul; 88(1):37-43.
 38. Eberhard D, Bantleon HP, Steger W. Functional magnetic resonance imaging of temporomandibular joint disorders. *Eur J Orthod*. 2000 Oct; 22(5):489-97.
 39. Hamada Y, Kondoh T, Nakaoka K, Seto K. Magnetic resonance imaging findings and clinical symptoms in the temporomandibular joint in patients with mandibular continuity defects. *J Oral Maxillofac Surg*. 2000 May; 58(5): 487-93.
 40. Tognini F, Manfredini D, Montagnani G, Bosco M. Is clinical assessment valid for the diagnosis of temporomandibular joint disk displacement? *Minerva Stomatol*. 2004 Jul-Aug; 53(7-8):439-48.
 41. Scarfe WC. A common sense approach to TMJ and implant imaging. *Ann R Australas Coll Dent Surg*. 1998 Oct; 14:48-61.
 42. Buranastidporn B, Hisano M, Soma K. Articular disc displacement in mandibular asymmetry patients. *J Med Dent Sci*. 2004 Mar; 51(1):75-81.
 43. Yano K, Sano T, Okano T. A longitudinal study of magnetic resonance (MR) evidence of temporomandibular joint (TMJ) fluid in patients with TMJ disorders. *Cranio*. 2004 Jan; 22(1):64-71.
 44. Porto VC, Salvador MC, Conti PC, Rotta RR. Evaluation of disc position in edentulous patients with complete dentures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004 Jan; 97(1):116-21.
 45. Magnusson T, Karlsson C. Clinical impact of radiological examinations of patients with suspected temporomandibular disorders. *Swed Dent J*. 2002; 26(2):67-74.
 46. Eberhard D, Bantleon HP, Steger W. The efficacy of anterior repositioning splint therapy studied by magnetic resonance imaging. *Eur J Orthod*. 2002 Aug; 24(4): 343-52.
 47. Chossegros C, Cheynet F, Guyot L, Bellot-Samson V, Blanc JL. Posterior disk displacement of the TMJ: MRI evidence in two cases. *Cranio*. 2001 Oct; 19(4): 289-93.
 48. Ozawa S, Tanne K. Diagnostic accuracy of sagittal condylar movement patterns for identifying internal derangement of the temporomandibular joint. *J Orofac Pain*. 1997 Summer; 11(3): 222-31.
 49. Tanaka E, Rodrigo DP, Tanaka M, Kawaguchi A, Shibazaki T, Tanne K. Stress analysis in the TMJ, dur-

- ing jaw opening by use of a three-dimensional finite element model based on magnetic resonance images. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2001 Oct; 30(5): 421-30.
50. Chen YJ, Gallo LM, Meier D, Palla S. Dynamic magnetic resonance imaging technique for the study of the temporomandibular joint. *J Orofac Pain*. 2000 Winter; 14(1): 65-73.
 51. Fernandez Sanroman J, Gomez Gonzalez JM, Alonso Del Hoyo J, Monje Gil F. Morphometric and morphological changes in the temporomandibular joint after orthognathic surgery: a magnetic resonance imaging and computed tomography prospective study. *J Craniomaxillofac Surg*. 1997 Jun; 25(3):139-48.
 52. Morimoto Y, Tominaga K, Konoo T, Tanaka T, Ohba T. Detection and significance of the characteristic magnetic resonance signals of mandibular condyles in children. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004 Feb; 97(2): 269-75.
 53. Ruf S, Wusten B, Pancherz H. Temporomandibular joint effects of activator treatment: a prospective longitudinal magnetic resonance imaging and clinical study. *Angle Orthod*. 2002 Dec; 72(6):527-40.
 54. Franco AA, Yamashita HK, Lederman HM, Cevidanes LH, Proffit WR, Vigorito JW. Frankel appliance therapy and the temporomandibular disc: a prospective magnetic resonance imaging study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002 May; 121(5): 447-57.
 55. Watted N, Witt E, Kenn W. The temporomandibular joint and the disc-condyle relationship after functional orthopaedic treatment: a magnetic resonance imaging study. *Eur J Orthod*. 2001 Dec; 23(6): 683-93.
 56. Chintakanon K, Sampson W, Wilkinson T, Townsend G. A prospective study of Twin-block appliance therapy assessed by magnetic resonance imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000 Nov; 118(5): 494-504.
 57. Pancherz H, Ruf S, Thomalske-Faubert C. Mandibular articular disk position changes during Herbst treatment: a prospective longitudinal MRI study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999 Aug; 116(2): 207-14.
 58. Ruf S, Pancherz H. Temporomandibular joint remodeling in adolescents and young adults during Herbst treatment: A prospective longitudinal magnetic resonance imaging and cephalometric radiographic investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999 Jun; 115(6): 607-18.
 59. Kurita H, Kurashina K, Baba H, Ohtsuka A, Kotani A, Kopp S. Evaluation of disk capture with a splint repositioning appliance: clinical and critical assessment with MR imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1998 Apr; 85(4): 377-80.
 60. Chu SA, Skultety KJ, Suvinen TI, Clement JG, Price C. Computerized three-dimensional magnetic resonance imaging reconstructions of temporomandibular joints for both a model and patients with temporomandibular pain dysfunction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1995 Nov; 80(5): 604-11.
 61. Kitai N, Kreiborg S, Bakke M και συν. Three-dimensional magnetic resonance image of the mandible and masticatory muscles in a case of juvenile chronic arthritis treated with the Herbst appliance. *Angle Orthod*. 2002 Feb; 72(1): 81-7.
 62. Gray CF, Redpath TW, Smith FW. Low-field magnetic resonance imaging for implant dentistry. *Dentomaxillofac Radiol*. 1998 Jul; 27(4): 225-9.
 63. Gray CF, Redpath TW, Smith FW. Magnetic resonance imaging: a useful tool for evaluation of bone prior to implant surgery. *Br Dent J*. 1998 Jun 27; 184(12): 603-7.
 64. Hirschmann PH. Magnetic resonance imaging: a possible alternative to CT prior to dental implants. *Br Dent J*. 1998 Jun 27; 184(12): 600.
 65. Gray CF, Redpath TW, Smith FW. Pre-surgical dental implant assessment by magnetic resonance imaging. *J Oral Implantol*. 1996; 22(2): 147-53.
 66. Zabalegui J, Gil JA, Zabalegui B. Magnetic resonance imaging as an adjunctive diagnostic aid in patient selection for endosseous implants: preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1990 Fall; 5(3): 283-7.
 67. BouSerhal C, Jacobs R, Quirynen M, van Steenberghe D. Imaging technique selection for the preoperative planning of oral implants: a review of the literature. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2002; 4(3): 156-72.
 68. 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(5-6): 526-9.
 69. Cobourne MT, Brown JE, McDonald F. Analysis of the morbidity of submerged deciduous molars: The use of imaging techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002 Jan; 93(1): 98-102.
 70. Nacel C, Gahleitner A, Breitenseher M και συν. Localization of the mandibular neurovascular bundle using dental magnetic resonance imaging. *Dentomaxillofac Radiol* 1998; 27: 305-7.
 71. Nael CJO, Pretterklieber M, Gahleitner A, Czerny C, Breitenseher M, Imhof H. Osteometry of the mandible performed using dental MR imaging. *Am J Neuroradiol*. 1999; 20(8): 1221-7.
 72. Gray CF, Redpath TW, Smith FW, Staff RT, Bainton R. Assessment of the sinus lift operation by magnetic resonance imaging. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 1999 Aug; 37(4): 285-9.
 73. Gray CF, Redpath TW, Bainton R, Smith FW. Magnetic resonance imaging assessment of a sinus lift operation using reoxidised cellulose (Surgicel®) as graft material. Case report. *Clin Oral Implants Res*. 2001 Oct; 12(5): 526-30.
 74. Gray CF, Staff RT, Redpath TW, Needham G, Renny NM. Assessment of maxillary sinus volume for the sinus lift operation by three-dimensional magnetic resonance imaging. *Dentomaxillofac Radiol*. 2000 May; 29(3): 154-8.