

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ

7.1 Εισαγωγή

Η Μαγνητική Τομογραφία (ΜΤ) είναι μια σχετικά νέα μέθοδος απεικόνισης, αν αναλογιστεί κανείς ότι άρχισε να εφαρμόζεται στη δεκαετία του 1980. Οι φυσικές αρχές στις οποίες βασίζεται ήταν γνωστές από το 1946. Μάλιστα, οι άνθρωποι που ασχολήθηκαν μ' αυτές ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο, οι F. Bloch και E. M. Purcell, τιμήθηκαν το 1952 με το Νόμπελ Φυσικής.

Για λόγους που οφείλονται στην αρχή λειτουργίας της, η οποία θα αναλυθεί σε επόμενη ενότητα, η μαγνητική τομογραφία ονομάζεται και **Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (ΑΜΣ-MRI)**.

Η ΑΜΣ δεν χρησιμοποιεί ιοντίζουσα ακτινοβολία. Βασίζεται στη χρησιμοποίηση ενός ισχυρού μαγνητικού πεδίου που παράγεται από ένα μαγνήτη και ραδιοκυμάτων.

Τα ραδιοκύματα είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα ραδιοφωνικής συχνότητας¹. Στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα βρίσκονται στην περιοχή των χαμηλότερων συχνοτήτων. Εκπέμπονται υπό μορφή παλμού από ειδικές διατάξεις του μαγνητικού τομογράφου και τους αποκαλούμε **παλμούς ραδιοσυχνότητας** (παλμούς Ρ.Σ.) ή ραδιοπαλμούς.

Στις απεικονιστικές μεθόδους που έχουμε μελετήσει ως τώρα, οι εικόνες παράγονται από την εξασθένηση των ακτίνων Χ από τα ηλεκτρόνια. Στη μαγνητική τομογραφία οι λαμβανόμενες εικόνες προέρχονται από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου στα πρωτόνια του υδρογόνου (H^+) των ιστών του ανθρώπινου σώματος.



Εικ. 7.1.: Μαγνητικός Τομογράφος

¹Μονάδα μέτρησης της συχνότητας είναι το Hz.

Στην ΑΜΣ λαμβάνονται τομές του σώματος, όπως και στην αξονική τομογραφία. Η διαφορά είναι ότι μπορούμε να λάβουμε τομές σε όλα τα επίπεδα (εγκάρσιο, στεφανιαίο, οβελιαίο, λοξά επίπεδα).

Οι λαμβανόμενες εικόνες χαρακτηρίζονται από υψηλή σκιαγραφική αντίθεση και δίνουν τη δυνατότητα λεπτομερούς απεικόνισης των ανατομικών δομών του σώματος.

7.2 Αρχή Λειτουργίας

7.2.1 Γενικά

Τα υλικά σώματα αποτελούνται από άτομα. Οι πυρήνες των ατόμων περιέχουν νετρόνια και θετικά φορτισμένα πρωτόνια.

Το πιο απλό άτομο είναι το άτομο του υδρογόνου, ο πυρήνας του οποίου περιέχει μόνο ένα πρωτόνιο. Το υδρογόνο είναι πολύ σημαντικό για την ΑΜΣ, γιατί είναι το πιο συνηθισμένο στοιχείο στο ανθρώπινο σώμα, αφού είναι κύριο συστατικό του νερού και του λίπους. Επιπλέον έχει τη μεγαλύτερη ευαισθησία στο μαγνητικό συντονισμό από κάθε άλλο στοιχείο. Να γιατί η ΑΜΣ βασίζεται αποκλειστικά στη μελέτη των πρωτονίων υδρογόνου.

Στη συνέχεια όταν θα μιλάμε για πρωτόνια θα εννοούμε τους πυρήνες υδρογόνου. Τα πρωτόνια μοιάζουν με μικρούς πλανήτες που περιστρέφονται συνεχώς γύρω από έναν άξονα. Όπως είναι γνωστό, κάθε ηλεκτρικό φορτίο που κινείται δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο. Έτσι, τα πρωτόνια συμπεριφέρονται σαν μικροί μαγνήτες (μαγνητικά δίπολα), που έχουν προσανατολισμό και **μαγνητική ροπή (μ)**¹.

Τα πρωτόνια είναι τυχαία προσανατολισμένα (Σχ. 7.1). Οι μαγνητικές ροπές τους αλληλοεξουδετερώνονται και η συνολική τους **μαγνήτιση**² (**M**) είναι μηδέν.

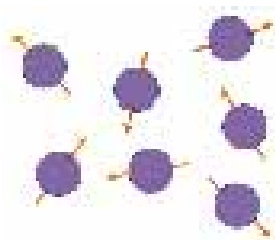
7.2.2 Εισαγωγή εξεταζόμενου στο μαγνητικό πεδίο

Όταν τα πρωτόνια του σώματος του εξεταζόμενου εισέρχονται στο μαγνητικό πεδίο που παράγει ένας μαγνήτης, προσανατολίζονται (Σχ. 7.2). Αυτά που προσανατολίζονται κατά τη φορά του μαγνητικού πεδίου είναι περισσότερα.

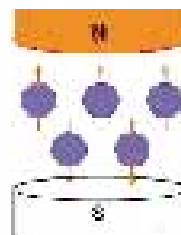
Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργείται μια μαγνήτιση παράλληλη με το εξωτερικό πεδίο και κατά την ίδια φορά με αυτό. Ουσιαστικά, μετά την είσοδό του στο μαγνητικό πεδίο, ο εξεταζόμενος αποκτά το δικό του μαγνητικό πεδίο, που είναι παράλληλο με το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη.

¹Η μαγνητική ροπή (μ) είναι διανυσματικό μέγεθος που προσδιορίζει την ένταση και τη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου που περιβάλλει το πρωτόνιο. Παριστάνεται από ένα διάνυσμα που είναι παράλληλο με τον άξονα περιστροφής του πρωτονίου.

²Η συνισταμένη των επιμέρους μαγνητικών ροπών όλων των πρωτονίων ονομάζεται μαγνήτιση (**M**).

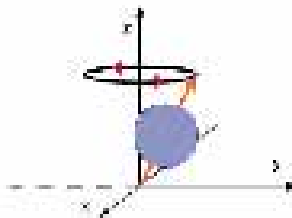


Σχ. 7.1 Τα πρωτόνια έξω από το μαγνητικό πεδίο είναι τυχαία προσανατολισμένα.



Σχ. 7.2 Μετά την εισαγωγή τους στο μαγνητικό πεδίο, τα πρωτόνια προσανατολίζονται.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα πρωτόνια περιστρέφονται. Στην πραγματικότητα εκτελούν μια κίνηση όπως αυτή της σβούρας. Η κίνηση αυτή ονομάζεται **μεταπτωτική** (Σχ. 7.3).



Σχ. 7.3 Η μεταπτωτική κίνηση ενός πρωτονίου μέσα σε μαγνητικό πεδίο, παριστάνεται σε σύστημα αξόνων xyz.

Η συχνότητα περιστροφής (ω_0) των πρωτονίων περιγράφεται από την εξίσωση Larmor:

$$\omega_0 = \gamma \cdot B_0$$

όπου B_0 : ένταση του μαγνητικού πεδίου (μονάδα μέτρησης είναι το Tesla) και γ : γυρομαγνητική σταθερά.

Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει ότι όσο πιο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο, τόσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα Larmor (π.χ. η ω_0 είναι διπλάσια σ' ένα μαγνητικό πεδίο 1,0 Tesla, απ' ότι σε ένα μαγνητικό πεδίο 0,5 Tesla).

7.2.3 Εκπομπή ραδιοκύματος

Η εκπομπή του ραδιοκύματος έχει ως σκοπό να διαταράξει την ήρεμη κίνηση των πρωτονίων μέσα στο μαγνητικό πεδίο. Πως μπορεί να γίνει αυτό;

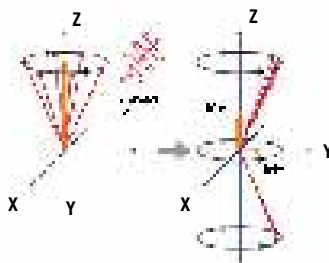
Το ραδιοκύμα δίνει ενέργεια στα πρωτόνια. Αυτό μπορεί να συμβεί, όταν η συχνότητα του ραδιοκύματος είναι ίση με τη συχνότητα των πρωτονίων, όπως υπολογίζεται από την εξίσωση Larmor. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **συντονισμός**¹.

¹Συντονισμός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα σύστημα εκτίθεται σε μια διαταραχή, με συχνότητα ίση με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος.

Να γιατί η μαγνητική τομογραφία ονομάζεται και απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού.

Στην αρχή λοιπόν τα πρωτόνια είναι προσανατολισμένα προς τη φορά του μαγνητικού πεδίου. Μετά την εκπομπή του παλμού Ρ.Σ., αποκτούν ενέργεια και στρέφονται. Παρατηρούμε ότι η μαγνήτιση στον άξονα z μειώνεται. Αυτή ονομάζεται **επιμήκης μαγνήτιση (M_z)**.

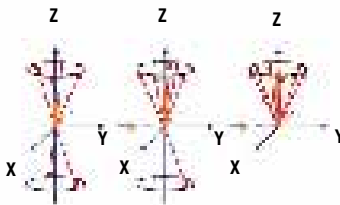
Ταυτόχρονα εμφανίζεται μαγνήτιση κατά τον άξονα y . Αυτό συμβαίνει γιατί μετά την εκπομπή του ραδιοπαλμού, τα πρωτόνια βρίσκονται σε φάση. Η μαγνήτιση αυτή ονομάζεται **εγκάρσια μαγνήτιση (M_y)** (Σχ. 7.4).



Σχ. 7.4 Μετά την εκπομπή παλμού Ρ.Σ., η επιμήκης μαγνήτιση (M_z) μειώνεται και αρχίζει να εμφανίζεται εγκάρσια μαγνήτιση (M_y).

7.2.4 Παύση ραδιοκύματος

Όταν το ραδιοκύμα παύει να εκπέμπεται, τα πρωτόνια επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση, αποδίδοντας την ενέργεια που είχαν λάβει από αυτό. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται κατάσταση χαλάρωσης. Η M_y μειώνεται, ενώ η M_z αυξάνεται, για να επανέλθει σταδιακά στην αρχική τιμή της (Σχ. 7.5).



Σχ. 7.5. Μετά την παύση του ραδιοκύματος, τα πρωτόνια επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση. Η M_z αυξάνεται σταδιακά.

7.2.5 Εκπομπή σήματος από τον εξεταζόμενο

Τα πρωτόνια αποδίδουν την ενέργεια που είχαν απορροφήσει, με τη μορφή ενός σήματος που ανιχνεύεται από ειδικές διατάξεις. Το σήμα αυτό, στη συνέχεια, ενισχύεται και γίνεται αντικείμενο επεξεργασίας από το σύστημα του υπολογιστή.

7.2.6 Σχηματισμός της εικόνας

Ο υπολογιστής διαχωρίζει την τομή που έχει επιλεγεί σε στοιχειώδεις όγκους (voxel), των οποίων η πρόσθια επιφάνεια ονομάζεται στοιχείο εικόνας (pixel).

Σε κάθε voxel αντιστοιχεί μια τιμή έντασης σήματος. Αν η ένταση αυτή είναι υψηλή, το αντίστοιχο pixel απεικονίζεται 'φωτεινό' (λευκό). Αν η ένταση είναι χαμηλή, το pixel θα απεικονιστεί σκούρο. Έτσι σχηματίζεται η εικόνα της τομής στην οθόνη. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ανασύνθεση της εικόνας.

Όπως στην αξονική τομογραφία, έτσι και στη μαγνητική, η αντίθεση και η φωτεινότητα της εικόνας ρυθμίζονται με τη βοήθεια του παραθύρου (εύρος και κέντρο παραθύρου).

7.3 Βασικά Μέρη του Μαγνητικού Τομογράφου



Εικ. 7. 2 Η εξεταστική αίθουσα του μαγνητικού τομογράφου.

7.3.1 Μαγνήτης

Ο μαγνήτης παράγει το μαγνητικό πεδίο, το οποίο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ομοιογενές. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου μετριέται σε Tesla. Στην ΑΜΣ χρησιμοποιούνται συνήθως μαγνητικά πεδία εντάσεως 0,5-1,5 Tesla. Υπάρχουν τρία είδη μαγνητών:

1. Μόνιμοι μαγνήτες

Κατασκευάζονται από μόνιμα μαγνητισμένα υλικά (Ni, Co, κ.λπ.).

2. Ηλεκτρομαγνήτες

Αποτελούνται από σωληνοειδή που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι γύρω τους παράγεται μαγνητικό πεδίο.

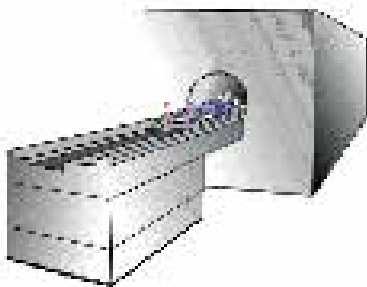
3. Υπεραγώγιμοι μαγνήτες

Πρόκειται για τους ευρύτερα χρησιμοποιούμενους μαγνήτες στα συστήματα μαγνητικού τομογράφου. Το μαγνητικό τους πεδίο παράγεται από τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα σωληνοειδές σύρμα. Οι μαγνήτες βυθίζονται σε υγροποιημένο ήλιο, ώστε να μηδενιστεί η αντίστασή τους.

Το βασικό πλεονέκτημα αυτών των μαγνητών είναι ότι παράγουν ισχυρά, σταθερά και ομοιογενή μαγνητικά πεδία.

Τα μειονεκτήματά τους είναι:

- ◆ Υψηλό κόστος αγοράς και συντήρησης.
- ◆ Κίνδυνος από διαφυγή του ηλίου στην εξεταστική αίθουσα, που μπορεί να προκαλέσει ασφυξία στον εξεταζόμενο. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την ύπαρξη συστημάτων ανίχνευσης του ηλίου στην αίθουσα αλλά και διαφυγής του.



Σχ.7. 6 Ο εξεταζόμενος εισέρχεται στον εξεταστικό χώρο του Μ.Τ. Ο χώρος αυτός έχει ανοίγματα στο πρόσθιο και οπίσθιο μέρος του.

7.3.2 Βαθμιδωτά πηνία

Πρόκειται για πηνία που δημιουργούν τρία κυρίως βαθμιδωτά μαγνητικά πεδία. Τα πεδία αυτά έχουν μεταβαλλόμενη ένταση κατά τους άξονες x, y, z. Το αποτέλεσμα είναι η μεταβολή του αρχικού μαγνητικού πεδίου, γεγονός που προκαλεί μεταβολή και στη συχνότητα Larmor των πρωτονίων. Έτσι είναι δυνατή η επιλεκτική διέγερση των πρωτονίων. Επειδή τα βαθμιδωτά πεδία μπορούν να εφαρμοστούν σε κάθε διεύθυνση, είναι δυνατόν να απεικονιστούν τομές σε όλα τα επίπεδα, χωρίς να μετακινηθεί ο ασθενής.

Τα βαθμιδωτά πηνία ευθύνονται ως ένα βαθμό για τη στενότητα του χώρου στο μαγνητικό τομογράφο, καθώς και για το θόρυβο που προκαλείται κατά τη διάρκεια μιας εξέτασης.

7.3.3 Διορθωτικά πηνία

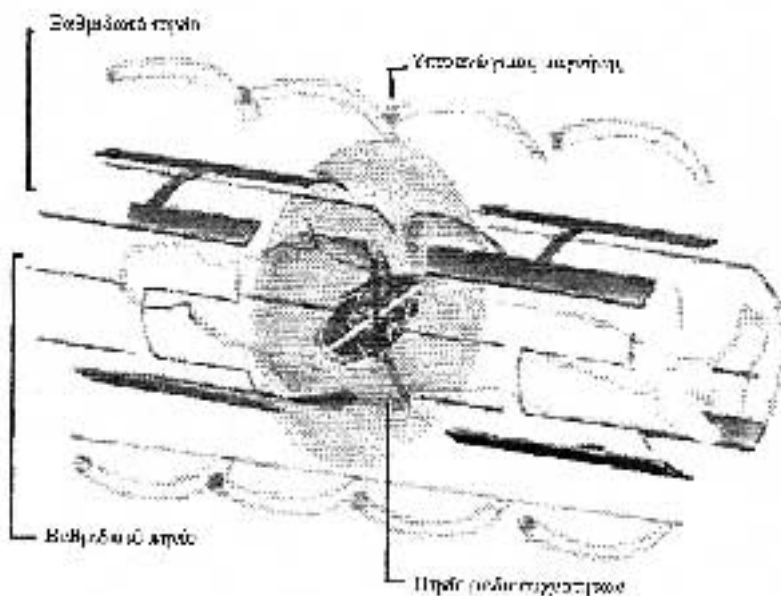
Πρόκειται για πηνία που χρησιμοποιούνται για την εξάλειψη τυχόν ανομοιογενειών του στατικού μαγνητικού πεδίου.

7.3.4 Σύστημα Ραδιοσυχνότητας

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τα εξής:

α) Πηνία ραδιοσυχνότητας

Τα πηνία ραδιοσυχνότητας εκπέμπουν τον παλμό ραδιοσυχνοτήτων και λαμβάνουν το παραγόμενο σήμα. Λειτουργούν δηλαδή τόσο ως πομποί, όσο και ως δέκτες. Συνήθως μιλάμε για δυο ειδών πηνία ραδιοσυχνότητας, τα πηνία όγκου και τα πηνία επιφάνειας.



Σχ. 7. 7 Σχηματική παράσταση εξεταζομένου που βρίσκεται μέσα στον εξεταστικό χώρο του Μ.Τ.
Διακρίνονται ο υπεραγωγός μαγνήτης, τα βαθμιδωτά πηνία και το πηνίο Ρ.Σ.

Σημαντική βοήθεια επίσης προσφέρει η υπολογιστική τομογραφία στο σχεδιασμό της ακτινοθεραπείας, αφού, γνωρίζοντας ακριβώς τις διαστάσεις και τις σχέσεις ενός όγκου με τους παρακείμενους υγιείς ιστούς, μπορεί ο ακτινοθεραπευτής να καθορίσει ακριβώς τα πεδία της ακτινοβολίας και να εκτιμήσει το θεραπευτικό αποτέλεσμα με επανάληψη της εξέτασης και συγκριτική μελέτη.

► Πηνία όγκου

Αυτά περιβάλλουν την εξεταζόμενη περιοχή. Το **πηνίο σώματος** είναι μόνιμο τμήμα του μαγνητικού τομογράφου και περιβάλλει τον ασθενή. Είναι πομπός για όλα τα είδη των εξετάσεων. Λειτουργεί επίσης και ως δέκτης, όταν πρόκειται να απεικονιστούν μεγάλες περιοχές του σώματος (π.χ. εξετάσεις θώρακος, κοιλίας κ.λπ.). Το **πηνίο εγκεφάλου** (Εικ. 7.3) λειτουργεί μόνο ως πηνίο δέκτης, αφού το πηνίο σώματος εκπέμπει τον παλμό.

► Πηνία επιφάνειας

Τα πηνία αυτά τοποθετούνται στην περιοχή ενδιαφέροντος και έχουν διάφορα σχήματα, ανάλογα με την εξεταζόμενη περιοχή. Είναι μόνο πηνία - δέκτες και χρησιμοποιούνται για επιφανειακές δομές. (π.χ. εξετάσεις γόνατος, ώμου κ.λπ.). Η εκπομπή του παλμού ραδιοσυχνότητας σ' αυτές τις περιπτώσεις γίνεται από το πηνίο σώματος. Τα πηνία επιφάνειας συμβάλλουν στη βελτίωση της διακριτι-



Εικ. 7.3 Πηνίο εγκεφάλου.



Εικ. 7.4 Πηνίο για εξετάσεις αυχενικής μοίρας (ΑΜΣΣ).



Εικ. 7.5 Πηνίο επιφάνειας για εξετάσεις αρθρώσεων (γόνατος, ποδοκνημικής).



Εικ. 7.6 Εύκαμπτα πηνία επιφάνειας για εξετάσεις ώμου, ισχίου κ.λπ.

κής ικανότητας της εικόνας.

β) Ενισχυτή

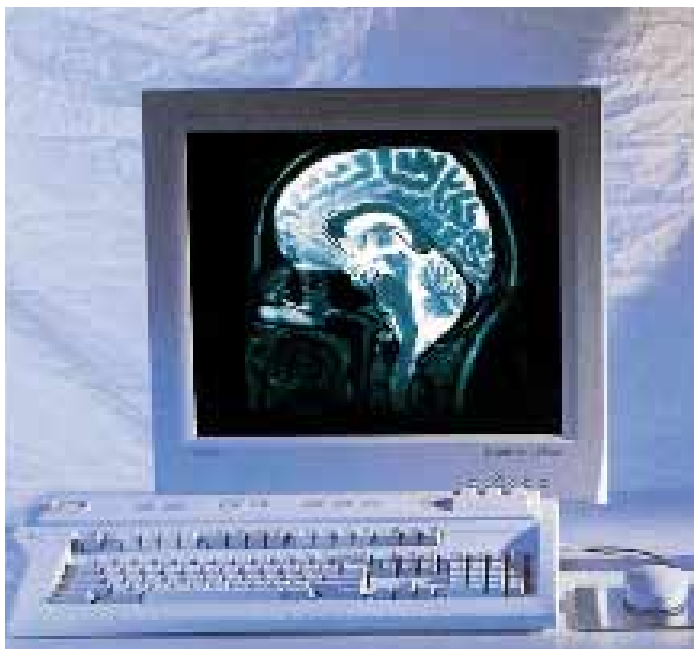
Ο ρόλος του είναι να ενισχύει το σήμα μαγνητικού συντονισμού, πριν διοχετευθεί στον υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία.

7.3.5 Σύστημα υπολογιστή

Ο υπολογιστής ελέγχει όλο το απεικονιστικό σύστημα. Δέχεται το σήμα που έχει μετατραπεί σε ψηφιακό, από ειδική διάταξη, και πραγματοποιεί την ανακατασκευή της εικόνας. Ελέγχει το σύστημα και ανιχνεύει τυχόν ύπαρξη προβλημάτων. Ο σκληρός του δίσκος έχει περιορισμένη χωρητικότητα και χρησιμεύει για την προσωρινή αποθήκευση των εικόνων.

7.3.6 Κονσόλα χειρισμού

Περιλαμβάνει το πληκτρολόγιο, για την εισαγωγή των στοιχείων του εξεταζομένου και των παραμέτρων της εξέτασης. Έχει ειδικά πλήκτρα, όπως και στην



Εικ. 7.7 Κονσόλα χειρισμού μαγνητικού τομογράφου.

υπολογιστική τομογραφία, για την εμφάνιση στην οθόνη της προηγούμενης και της επόμενης τομής, κ.λπ. Ανάλογα με τον κατασκευαστή, μπορεί να διατίθεται 'ποντίκι'. Η ρύθμιση του παραθύρου γίνεται από το πληκτρολόγιο ή με το ποντίκι.

7.3.7 Σύστημα απεικόνισης και φωτογράφησης

Στη μαγνητική τομογραφία οι εικόνες εμφανίζονται αρχικά στην οθόνη. Σε πολλά συστήματα υπάρχει και δεύτερη οθόνη, για πληκτρολόγηση εντολών και κειμένου. Οι εικόνες αποτυπώνονται στη συνέχεια με laser camera σε φιλμ.

7.3.8 Εξεταστική τράπεζα

Πάνω στην εξεταστική τράπεζα τοποθετείται κατάλληλα ο εξεταζόμενος. Οι κινήσεις που μπορεί αυτή να εκτελέσει είναι κατακόρυφη και οριζόντια, προκειμένου να εισέλθει ο ασθενής στο χώρο του μαγνήτη.

7.3.9 Περιφερικές συσκευές παρακολούθησης εξεταζομένου



Εικ. 7. 8 Με ειδική διάταξη που τοποθετείται και ακινητοποιείται πάνω στο σώμα του εξεταζομένου, δίνεται η δυνατότητα συγχρονισμού της εξέτασης με την αναπνοή του ασθενή.

Οι συσκευές αυτές δίνουν τη δυνατότητα παρακολούθησης της αναπνοής και της καρδιακής λειτουργίας του εξεταζομένου. Δίνεται επίσης η δυνατότητα συγχρονισμού αυτών των λειτουργιών με την εξέταση.

Υπάρχει ακόμα σύστημα ενδοεπικοινωνίας, καθώς και σύστημα παραγωγής οπτικού και ηχητικού σήματος από τον ασθενή, κατά τη διάρκεια της εξέτασης.

7.3.10 Θωράκιση μαγνητικού πεδίου

Η θωράκιση αυτή περιλαμβάνει φύλλα σιδήρου, που έχουν ως σκοπό να περιορίσουν όσο το δυνατόν το μαγνητικό πεδίο στο χώρο της εξέτασης. Αυτό βέβαια αυξάνει κατά πολύ το συνολικό βάρος του συστήματος.

7.3.11 Θωράκιση συστήματος ραδιοσυχνοτήτων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού χρησιμοποιούμε ραδιοφωνικά κύματα. Επομένως, θα μπορούσαν να καταγραφούν από τις διατάξεις του συστήματος και τα ραδιοφωνικά κύματα που προέρχονται από άλλες συσκευές, όπως ραδιόφωνα, τηλεοράσεις, κ.λπ. Για να αποφευχθεί αυτό, η εξεταστική αίθουσα περιβάλλεται από κλωβό κατασκευασμένο από χαλκό συνήθως, που ονομάζεται κλωβός Faraday.

7.4 Χρόνοι Χαλάρωσης T_1 , T_2

Είδαμε ότι, μετά την παύση του ραδιοπαλμού, το σύστημα επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση. Η εγκάρσια μαγνήτιση (M_y) μηδενίζεται και η επιμήκης μαγνήτιση (M_z) λαμβάνει πάλι τη μέγιστη τιμή της. Οι διαδικασίες αυτές όμως δεν γίνονται ακαριαία.

Ο χρόνος που χρειάζεται η επιμήκης μαγνήτιση, για να λάβει την αρχική της τιμή, ονομάζεται **επιμήκης χρόνος χαλάρωσης (T_1)**¹. Ο χρόνος που χρειάζεται η εγκάρσια μαγνήτιση να μηδενιστεί (μετά την παύση του ραδιοπαλμού τα πρωτόνια δεν βρίσκονται πλέον σε φάση), ονομάζεται **εγκάρσιος χρόνος χαλάρωσης (T_2)**².

Ο χρόνος T_1 επηρεάζεται από την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Εξαρτάται επίσης από τη δομή και τη σύνθεση των ιστών, καθώς και από το είδος των γύρω ιστών. Για παράδειγμα, τα υγρά έχουν μεγάλο T_1 (π.χ. καθαρό νερό, εγκεφαλονωτιαίο υγρό). Αντίθετα, το λίπος έχει μικρό T_1 . Ο χρόνος T_2 εξαρτάται:

- ◆ από τις αλληλεπιδράσεις των μαγνητικών πεδίων των πρωτονίων,
- ◆ από τις μικρές ανομοιογένειες του σταθερού μαγνητικού πεδίου.

Τα υγρά έχουν μικρό T_2 , σε σύγκριση με το λίπος που έχει μεγαλύτερο T_2 . Γενικά για τους ιστούς ισχύει ότι ο T_1 είναι πολύ μεγαλύτερος από τον T_2 .

Όπως βλέπουμε, διαφορετικοί τύποι ιστών έχουν διαφορετικούς χρόνους χαλάρωσης. Αυτό είναι το κλειδί για τη σκιαγραφική αντίθεση της εικόνας που λαμβάνουμε με την ΑΜΣ.

7.5 Ακολουθίες Παλμών

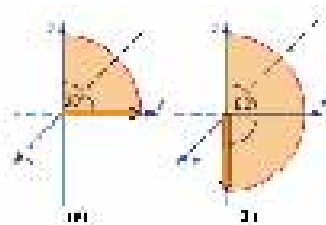
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι παλμοί Ρ.Σ. στρέφουν τη μαγνήτιση M^3 κατά μια γωνία. Όταν ο παλμός στρέφει τη M κατά 90° στο επίπεδο xy , ονομάζεται παλμός 90° . Όταν στρέφει τη M κατά 180° ονομάζεται παλμός 180° (Σχ. 7.8).

Στην ΑΜΣ, όμως, δεν χρησιμοποιούμε απλούς παλμούς Ρ.Σ. αλλά τις λεγόμενες

ακολουθίες παλμών. Με τον όρο ακολουθία παλμών εννοούμε ένα συνδυασμό διαφόρων παλμών, τη χρονική διάρκεια κάθε παλμού και τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούν μεταξύ των παλμών.

Ανάλογα με την ακολουθία παλμών που θα εφαρμοστεί, οι λαμβανόμενες εικόνες μπορεί να είναι:

- **Εικόνες T_1 προσανατολισμού (T_1 -weighted images):** Η σκιαγραφική αντί-



Σχ. 7.8 α) παλμός 90°
β) παλμός 180° .

¹ Στην πραγματικότητα, στο χρόνο T_1 η M_z λαμβάνει το 63% της αρχικής της τιμής.

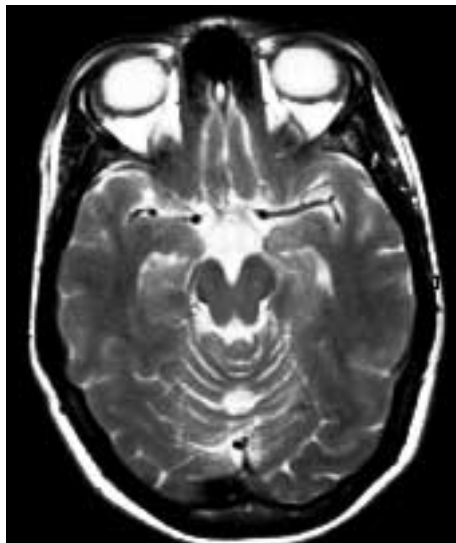
² Στην πραγματικότητα, στο χρόνο T_2 η M_{xy} ελαττώνεται στο 37% της αρχικής της τιμής.

³ Η M είναι η συνισταμένη των M_z και M_{xy} .

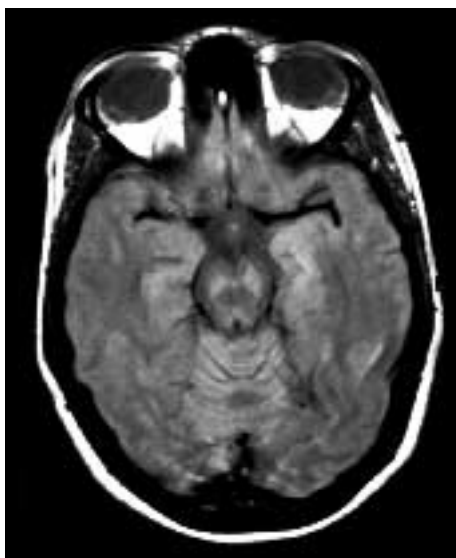
θεση των εικόνων αυτών βασίζεται στις διαφορές στους χρόνους T_1 που παρουσιάζουν οι ιστοί (εικ.7.9.).



Εικ. 7.9 Εγκάρσια τομή εγκεφάλου T_1 προσανατολισμού.



Εικ. 7.10 Εγκάρσια τομή εγκεφάλου T_2 προσανατολισμού.



Εικ. 7.11 Εγκάρσια τομή εγκεφάλου με προσανατολισμό στην πυκνότητα πρωτονίων.

► **Εικόνες T_2 προσανατολισμού** (T_2 -weighted images): Στις εικόνες αυτές η σκιαγραφική αντίθεση οφείλεται στις διαφορές που παρουσιάζουν οι ιστοί στους χρόνους T_2 (εικ. 7.10).

► **Εικόνες προσανατολισμού πυκνότητας πρωτονίων** (proton density-weighted images): Έτσι ονομάζονται οι εικόνες που η σκιαγραφική τους αντίθεση οφείλεται στις διαφορές ως προς τη συγκέντρωση των πρωτονίων των διαφόρων ιστών (εικ. 7.11).

Ένας εμπειρικός τρόπος για να ξεχωρίζουμε τα παραπάνω είδη εικόνων μεταξύ τους είναι ο εξής:

Στις εικόνες T_2 προσανατολισμού, τα υγρά (π.χ. εγκεφαλονωτιαίο υγρό) έχουν έντονο σήμα και απεικονίζονται πιο φωτεινά από τους άλλους ιστούς. Αντίθετα, στις εικόνες T_1 προσανατολισμού, τα υγρά απεικονίζονται με πιο σκούρα απόχρωση του γκρι.

Στις εικόνες προσανατολισμού πυκνότητας πρωτονίων, τα υγρά απεικονίζονται με πιο ανοιχτή απόχρωση του γκρι σε σχέση με τις εικόνες T_1 προσανατολισμού.

Οι κυριότερες ακολουθίες παλμών που χρησιμοποιούνται στην ΑΜΣ είναι οι εξής:

α. Ακολουθία παλμών ανάκτησης κορεσμού (saturation recovery, SR)

Είναι η πιο απλή ακολουθία παλμών. Χρησιμοποιεί επαναλαμβανόμενους παλμούς 90° . Τα εκπεμπόμενα σήματα ανιχνεύονται στο χρονικό διάστημα μεταξύ των διαδοχικών παλμών. Λαμβάνονται εικόνες T_1 προσανατολισμού.

β. Ακολουθία παλμών ανάκτησης αναστροφής (inversion recovery, IR)

Η ακολουθία αυτή χρησιμοποιεί δυο διαφορετικούς παλμούς. Αρχικά εφαρμόζεται ένας παλμός 180° . Στη συνέχεια εφαρμόζεται ένας παλμός 90° . Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ των δύο παλμών ονομάζεται χρόνος αναστροφής- T_1 (inversion time). Λαμβάνονται εικόνες T_1 προσανατολισμού.

γ. Ακολουθία παλμών σπιν-ηχώ (spin-echo, SE)

Πρόκειται για την ακολουθία παλμών που χρησιμοποιείται περισσότερο στην ΑΜΣ. Αρχικά εφαρμόζεται ένας παλμός 90° και μετά από μικρό χρόνο ένας παλμός 180° . Το παραγόμενο σήμα ονομάζεται ηχώ (echo). Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την αρχή μιας ακολουθίας παλμών, μέχρι την αρχή της αμέσως επόμενης, ονομάζεται **χρόνος επανάληψης-TR** (repetition time). Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί, ανάμεσα στον αρχικό παλμό Ρ.Σ. και στη λήψη του σήματος, ονομάζεται **χρόνος ηχούς-TE** (time to echo). Με κατάλληλο συνδυασμό των TR και TE λαμβάνονται εικόνες και των τριών προσανατολισμών. Συγκεκριμένα:

- ◆ Για μικρό TR^1 και μικρό TE^2 λαμβάνονται εικόνες T_1 προσανατολισμού.
- ◆ Για μεγάλο TR και μεγάλο TE λαμβάνονται εικόνες T_2 προσανατολισμού.
- ◆ Για μεγάλο TR και μικρό TE λαμβάνονται εικόνες προσανατολισμού πυκνότητας πρωτονίων.

¹TR < 500 msec θεωρείται μικρός και TR > 1500 msec θεωρείται μεγάλος.

²TE < 30 msec θεωρείται μικρός και TE > 80 msec θεωρείται μεγάλος.

δ. Ταχείες ακολουθίες παλμών

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί οι λεγόμενες ταχείες ακολουθίες παλμών, οι οποίες επιταχύνουν την εξέταση. Έτσι, μειώνονται τα προβλήματα που προκύπτουν από την αδυναμία των ασθενών να μείνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα ακίνητοι, καθώς και από τις ακούσιες κινήσεις (καρδιακή λειτουργία, αναπνοή, κ.λπ.). Γνωστές ταχείες ακολουθίες παλμών είναι οι turbo spin-echo, GRASE (Gradient and Spin Echo), FLASH, FFE (Fast Field Echo), κ.λπ.

7.6 Ποιότητα της Εικόνας

Η ποιότητα μιας εικόνας Μ.Τ. που χαρακτηρίζεται από την σκιαγραφική αντίθεση και τη διακριτική της ικανότητα, επηρεάζεται από διάφορες παραμέτρους. Οι παράμετροι αυτές διακρίνονται σε εσωτερικές, όταν έχουν σχέση με τη χημεία των ιστών και σε εξωτερικές, όταν καθορίζονται από τον χρήστη.

1. Εσωτερικές παράμετροι

➤ **Πυκνότητα πρωτονίων:** Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση πρωτονίων (πυρήνων υδρογόνου) σε έναν ιστό, τόσο πιο έντονο είναι το σήμα που λαμβάνεται απ' αυτόν.

➤ **T₁:** Οι ιστοί έχουν διαφορετικούς T₁.

➤ **T₂:** Οι ιστοί έχουν διαφορετικούς T₂.

➤ **Ροή:** Η ροή των υγρών μέσα στο ανθρώπινο σώμα (π.χ. αίμα) προκαλεί μεταβολές στην ένταση του σήματος. Στα φαινόμενα ροής βασίζονται ορισμένες απεικονιστικές τεχνικές, όπως η μαγνητική αγγειογραφία, με την οποία επιτυγχάνεται η απεικόνιση των αγγείων, χωρίς τη χρήση σκιαγραφικού μέσου.

Ανάλογα με την απεικονιστική τεχνική, την ταχύτητα του αίματος και την κατεύθυνση της ροής, το σήμα μπορεί να ενισχυθεί ή να εξασθενήσει, μεταβάλλοντας έτσι την αντίθεση μεταξύ του αίματος των αγγείων και των γύρω ιστών.

2. Εξωτερικές παράμετροι

➤ **Παλμική ακολουθία:** Αναφέρεται στην ακολουθία παλμών που θα εφαρμοστεί, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εξέτασης.

➤ **Αριθμός τομών:** Ο αριθμός των τομών που θα επιλεγεί, επηρεάζει το χρόνο της εξέτασης.

➤ **Πάχος τομής:** Είναι η περιοχή που απορροφά την ενέργεια του ραδιοπαλμού και από την οποία προέρχεται το εκπεμπόμενο σήμα. Οι τομές μεγάλου πάχους αποδίδουν και περισσότερο σήμα.

➤ **Πεδίο απεικόνισης (field of view-FOV):** Είναι η απόσταση κατά μήκος της εικόνας, που αντιστοιχεί στο μέγεθος της απεικονιζόμενης ανατομικής περιοχής. Η μείωση του FOV αυξάνει τη διακριτική ικανότητα της εικόνας αλλά μειώνει την ένταση του λαμβανόμενου σήματος. Μικρό FOV χρησιμοποιείται σε μικρές δομές (π.χ. υπόφυση).

➤ **NSA (number of slices averaged):** Πρόκειται για τον αριθμό των σημάτων

που προέρχονται από μια δεδομένη τομή. Η αύξηση του NSA παρατείνει το χρόνο της εξέτασης.

➤ **Χορήγηση σκιαγραφικών ουσιών:** Στη Μ.Τ. χρησιμοποιούνται διάφορες ουσίες, ως σκιαγραφικά μέσα, οι οποίες μεταβάλλουν τους χρόνους χαλάρωσης των ιστών σε σχέση με τους γύρω ιστούς, βελτιώνοντας την σκιαγραφική αντίθεση της εικόνας.

Χρησιμοποιούνται δυο τύποι σκιαγραφικών:

α. Παραμαγνητικές ουσίες¹ που μειώνουν το χρόνο T_1 . Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκει το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο σκιαγραφικό στη ΜΤ, το γαδολίνιο² (Gd).

β. Σιδηρομαγνητικές ουσίες³ που μειώνουν το χρόνο T_2 .

Η χρήση σκιαγραφικών μέσων δίνει τη δυνατότητα να διακριθεί ένας παθολογικός ιστός από ένα φυσιολογικό, όταν πριν τη χορήγηση του σκιαγραφικού αυτό δεν είναι δυνατόν.

7.7 Επιλογή Τομής

Στο σύστημα μαγνητικού συντονισμού, ο εξεταζόμενος βρίσκεται σ' ένα ομοιογενές μαγνητικό πεδίο. Τα πρωτόνια έχουν όλα την ίδια συχνότητα περιστροφής (ωο), όπως προκύπτει από τη εξίσωση Larmor. Έτσι, διεγείρονται όλα τα πρωτόνια, όταν εκπέμπεται ο παλμός Ρ.Σ.

Πώς όμως, απεικονίζεται τελικά μια συγκεκριμένη τομή;

Κατά τη διάρκεια εκπομπής του ραδιοπαλμού, παράγεται ένα βαθμιδωτό μαγνητικό πεδίο από τα πηνία βαθμίδας. Αυτό το πεδίο τροποποιεί την ένταση του μαγνητικού πεδίου του μαγνήτη, κατά μήκος της διεύθυνσής του⁴. Επομένως, τώρα τα πρωτόνια έχουν διαφορετική ωο, κατά τη διεύθυνση που εφαρμόζεται το μαγνητικό πεδίο. Με την επιλογή λοιπόν του κατάλληλου παλμού Ρ.Σ., διατάσσονται τα πρωτόνια της τομής που εξετάζεται.

Στη συνέχεια παράγονται δυο ακόμα βαθμιδωτά πεδία, τα οποία χρησιμεύουν για να χωρίσουν την τομή σε στοιχειώδεις όγκους.

7.8 Μαγνητική Αγγειογραφία

Η μαγνητική αγγειογραφία είναι μια μη επεμβατική μέθοδος απεικόνισης των αγγείων. Το μεγάλο της πλεονέκτημα είναι ότι δεν είναι απαραίτητη η χρήση σκιαγραφικού υλικού.

¹Παραμαγνητικά ονομάζονται τα υλικά που μαγνητίζονται ελάχιστα, όταν τοποθετηθούν σε μαγνητικό πεδίο (π.χ. αργίλιο).

²Ανήκει στις σπάνιες γαίες.

³Σιδηρομαγνητικά ονομάζονται τα υλικά που μαγνητίζονται έντονα, όταν τοποθετηθούν σε μαγνητικό πεδίο (π.χ. σίδηρος)

⁴Για εγκάρσιες τομές εφαρμόζεται βαθμιδωτό πεδίο κατά τον άξονα z, για οβελιαίες τομές κατά τον άξονα x και για στεφανιαίες τομές κατά τον άξονα y.



Εικ. 7.12 Μαγνητική αγγειογραφία αορτής και νεφρικών αρτηριών.

Κατά την εφαρμογή της, λαμβάνονται τρισδιάστατες εικόνες των υπό εξέταση αγγείων, οι οποίες προέρχονται από ανασύνθεση.

Με την ανάπτυξη των πηνίων και τη βελτίωση των λαμβανόμενων εικόνων, η μαγνητική τομογραφία χρησιμοποιείται σήμερα για τη διάγνωση παθήσεων των αγγείων σε πολλές περιοχές του σώματος (ενδοκρανιακά αγγεία, καρωτίδες, αγγεία του θώρακα και της κοιλιάς, αγγεία των άκρων). (Εικ. 7.12)

7.9 Ασφάλεια και Προστασία κατά την ΑΜΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στη μαγνητική τομογραφία δεν γίνεται χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Οι πιθανοί κίνδυνοι που θα μπορούσαν να προκύψουν λοιπόν, θα ήταν από τα μαγνητικά πεδία και τους παλμούς Ρ.Σ.

Όσον αφορά τα μαγνητικά πεδία που χρησιμοποιούνται στη διαγνωστική ιατρική, δεν έχουν μέχρι σήμερα παρατηρηθεί βλαβερά βιολογικά αποτελέσματα.

Τα ραδιοφωνικά κύματα είναι δυνατόν να προκαλέσουν τοπική αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών, λόγω της ενέργειας που μεταφέρουν. Για το λόγο αυτό έχει θεσπιστεί από τη Διεθνή Επιτροπή Ακτινολογικής Προστασίας ότι το ανώτατο όριο απορροφούμενης ισχύος για ολόκληρο το σώμα είναι 0,4 Watt/kg. Αυτό ελέγχεται συνεχώς από τον υπολογιστή, αφού κατά την εισαγωγή των στοιχείων του εξεταζομένου, εισάγεται και το βάρος του σε kg.

Τα άμεσα προβλήματα που μπορούν να παρουσιαστούν σε μια εξέταση ΜΣ, έχουν σχέση με τα μεταλλικά αντικείμενα και τις ηλεκτρονικές συσκευές που πιθανόν να φέρει ο εξεταζόμενος, και είναι δυνατό να επηρεαστούν από το μαγνητικό πεδίο.

Τα μεταλλικά αντικείμενα (ψαλίδια, κλειδιά, κ.λπ.) μπορεί να μετατραπούν σε

«βλήματα» υπό την επίδραση του μαγνητικού πεδίου και να προκαλέσουν τραυματισμούς σε προσωπικό και εξεταζομένους. Γι' αυτό, πριν την εξέταση, ο εξεταζόμενος πρέπει να αφαιρεί όλα τα μεταλλικά αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένων και των μαγνητικών καρτών (π.χ. κάρτες τραπέζης), οι οποίες, διαφορετικά θα απομαγνητιστούν.

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται επίσης σε φορεία, στατό, οβίδες οξυγόνου, monitor με τα οποία είναι συνδεδεμένος ο ασθενής. Αν δεν πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές, δεν πρέπει να εισέρχονται στο χώρο του μαγνήτη.

Οι ασθενείς με βηματοδότη δεν μπορούν να υποβληθούν σε μαγνητική τομογραφία, γιατί είναι πιθανόν να απορυθμισθεί ο βηματοδότης υπό την επίδραση του μαγνητικού πεδίου, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει ακόμα και το θάνατο.

Όσον αφορά τις περιπτώσεις ασθενών με μεταλλικά εμφυτεύματα (χειρουργικά clips, σπονδυλοδεσίες, αρθροπλαστικές, κ.λπ.), η εξέταση μπορεί να γίνει μετά από διερεύνηση. Πρέπει δηλαδή να εξεταστεί αν το υλικό που έχει χρησιμοποιηθεί είναι σιδηρομαγνητικό. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια είναι, κατά κανόνα, ασφαλή.

Είναι απαραίτητο επίσης να ελεγχθεί η πιθανότητα να φέρει ο εξεταζόμενος ξένα σώματα (π.χ. σκάγια, σφαίρες, θραύσματα, κ.λπ.) κοντά σε ζωτικά όργανα (εγκέφαλος, νωτιαίος μυελός).

Σχετικά με την εγκυμοσύνη, δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι η ΑΜΣ μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο έμβρυο. Παρ' όλα αυτά, καλό είναι να αποφεύγεται η εξέταση κατά τη διάρκεια του πρώτου τριμήνου της κύησης, εκτός αν δεν υπάρχει εναλλακτική λύση.



Εικ. 7.13 Ανοιχτός μαγνητικός τομογράφος

Για να διερευνηθούν όλα τα παραπάνω, πρέπει να γίνονται σχολαστικές ερωτήσεις στους εξεταζομένους που πρόκειται να υποβληθούν σε μαγνητική τομογραφία. Συνήθως τους δίνεται να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο. Συνιστάται επίσης η χρήση ανιχνευτή μετάλλων.

Η κλειστοφοβία είναι ακόμα μια συχνή αιτία που δεν πραγματοποιείται μια μαγνητική τομογραφία. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με την καλή ενημέρωση του ασθενούς, τη χρήση καθρέφτη, συστήματος μουσικής ή ακόμα και

την παραμονή στην εξεταστική αίθουσα ενός συνοδού κατά τη διάρκεια της εξέτασης. Παρ' όλα αυτά, σε περίπτωση που ο εξεταζόμενος δεν μπορεί να υποβληθεί στην εξέταση, υπάρχει η λύση του 'ανοιχτού' μαγνητικού τομογράφου, που προσφέρεται κυρίως για εξετάσεις των άκρων και του εγκεφάλου (Εικ.7.13).

Ο ενοχλητικός θόρυβος που προκαλείται από τα βαθμιδωτά πεδία κατά τη διάρκεια της εξέτασης, αντιμετωπίζεται με τη χρήση ωτασπίδων.

Τέλος είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι η επιτυχία της εξέτασης εξαρτάται κατά πολύ στην πληροφόρηση του εξεταζομένου και την αντιμετώπιση οποιασδήποτε απορίας του, αναφορικά με την εξέταση, καθώς και η ενημέρωση του, σχετικά με τη διάρκεια της εξέτασης.

7.10 Εφαρμογές Απεικόνισης Μαγνητικού Συντονισμού

Η ΑΜΣ είναι μια απεικονιστική μέθοδος που παρέχει εικόνες του εσωτερικού του ανθρώπινου σώματος σε διάφορα επίπεδα, χωρίς τη χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας. Παράλληλα, οι λαμβανόμενες εικόνες χαρακτηρίζονται από υψηλή σκιαγραφική αντίθεση των μαλακών μορίων.

Οι πληροφορίες που παρέχονται, κατά τη μελέτη του κεντρικού νευρικού συστήματος, είναι ανεκτίμητες. Στον εγκέφαλο, για παράδειγμα, η μαγνητική τομογραφία έχει την ικανότητα να ανιχνεύει πολύ μικρούς όγκους και να αναδεικνύει παθήσεις, όπως η σκλήρυνση κατά πλάκας, που καμιά άλλη απεικονιστική μέθοδος δεν είναι σε θέση να κάνει. Βοηθά επίσης σημαντικά στη

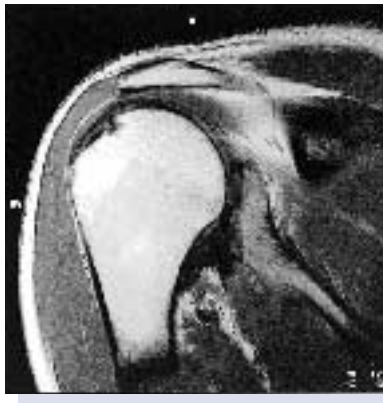


Εικ. 7. 14.: Οβελιαία τομή εγκεφάλου T_2 προσανατολισμού.



Εικ. 7.15: Αριστερά: Οβελιαία τομή οσφυϊκής μοίρας (ΟΜΣΣ) T_1 προσανατολισμού. Δεξιά: Οβελιαία τομή ΟΜΣΣ T_2 προσανατολισμού.

μελέτη των παθήσεων της σπονδυλικής στήλης, της καρδιάς και της κοιλιακής χώρας.



Εικ. 7.16

Στεφανιαία τομή ωμικής άρθρωσης.

Η μαγνητική τομογραφία δίνει πολύτιμες πληροφορίες κατά τη μελέτη του μυοσκελετικού συστήματος. Θεωρείται μέθοδος εκλογής κατά τη διερεύνηση παθήσεων των αρθρώσεων. Όσον αφορά στην ανάδειξη οστικών αλλοιώσεων, υστερεί σε σύγκριση με την απλή ακτινογραφία και την αξονική τομογραφία.



Εικ. 7.17 Οβελιαία τομή ποδοκνημικής άρθρωσης



Εικ. 7.18 Στεφανιαία τομή πηχεοκαρπικής άρθρωσης

Η ΑΜΣ είναι μοναδική, γιατί παρέχει εικόνες των αγγείων χωρίς τη χρήση σκιαγραφικού μέσου. Η μαγνητική αγγειογραφία χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως στην απεικόνιση αγγείων του σώματος, όπως τα ενδοκρανιακά, τα αγγεία του τραχήλου, της κοιλιάς κ.λπ.



Εικ. 7.19 Στεφανιαία τομή στις αρθρώσεις των ισχίων

Η μαγνητική χολαγγειογραφία (MRCP) αποτελεί έναν απλό τρόπο μορφολογικής απεικόνισης του χοληφόρου δένδρου, χωρίς τη χρήση σκιαγραφικών μέσων.

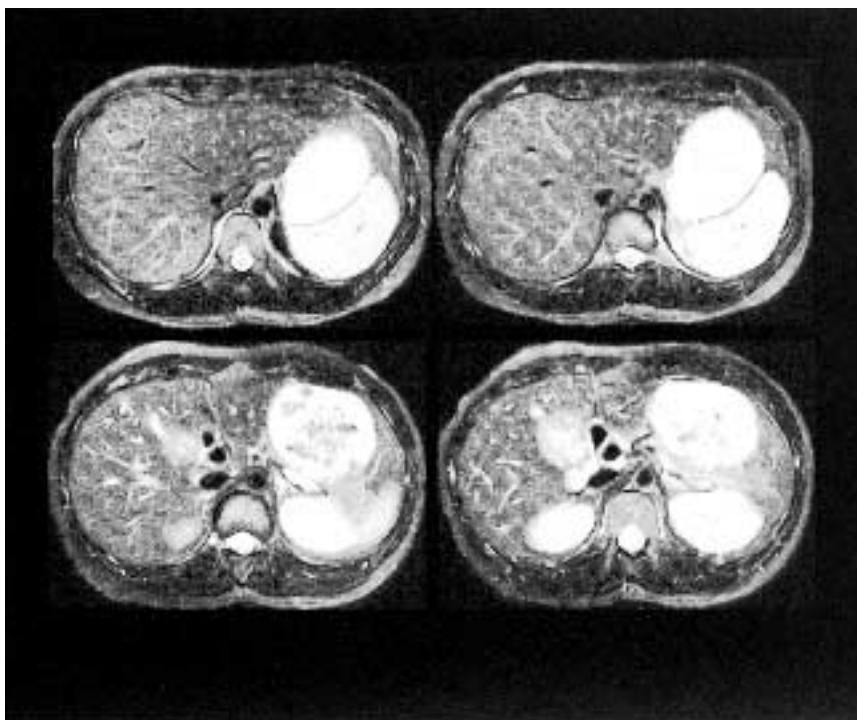


Εικ. 7. 20.: Μαγνητική τομογραφία μαστών.

Με τη χρήση ειδικών πηγίων μπορεί να γίνει μαγνητική τομογραφία στους μαστούς. Η εξέταση αυτή μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό της κακοήθους νεοπλασίας, σε συνδυασμό με τη μαστογραφία.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου αναφέρονται το υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, ο αποκλεισμός ορισμένων ασθενών (ασθενείς με βηματοδότη, μεταλλικά εμφυτεύματα, κ.λπ.), καθώς και ο μεγάλος χρόνος εξέτασης.

Παρ' όλα αυτά, οι ταχείες ακολουθίες που χρησιμοποιούνται σήμερα έχουν μειώσει κατά πολύ τους χρόνους των διαφόρων εξετάσεων. Επιπλέον, η χρησι-



Εικ. 7.21.: Εγκάρσιες τομές στην περιοχή της άνω κοιλίας

μοποίηση μη σιδηρομαγνητικών υλικών στα μεταλλικά εμφυτεύματα επιτρέπει σε περισσότερους ασθενείς να υποβληθούν στην εξέταση.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των μαγνητικών τομογράφων δίνει ελπιδοφόρα μηνύματα για το μέλλον, αφού οι εφαρμογές της ΑΜΣ θα επεκταθούν ακόμα περισσότερο, ενώ το κόστος και ο χρόνος θα μειωθούν, καθιστώντας την εξέταση πιο προσιτή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Μ.Τ είναι μια απεικονιστική μέθοδος με την οποία λαμβάνονται εικόνες του εσωτερικού του ανθρώπινου σώματος σε όλα τα επίπεδα, χωρίς τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας.

Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στη χρησιμοποίηση ισχυρού μαγνητικού πεδίου και ραδιοκυμάτων.

Οι λαμβανόμενες εικόνες χαρακτηρίζονται από υψηλή αντίθεση των μαλακών μορίων. Η ποιότητα των εικόνων καθορίζεται από μια πληθώρα παραμέτρων, οι οποίες είναι είτε εσωτερικές (T1, T2, πυκνότητα πρωτονίων, ροή), είτε εξωτερικές (TR, TE, TI, πάχος τομής, μεσοδιάστημα τομών, χρήση σκιαγραφικών μέσων, κ.λπ.).

Από τις έρευνες που έχουν γίνει ως σήμερα, δεν έχει αποδειχθεί σημαντικός κίνδυνος ως προς τα βιολογικά αποτελέσματα της μαγνητικής τομογραφίας.

Οι άμεσοι κίνδυνοι προκύπτουν από τα μεταλλικά αντικείμενα που μπορεί, υπό την επίδραση του μαγνητικού πεδίου, να μετατραπούν σε 'βλήματα' και να προκαλέσουν τραυματισμούς.

Επίσης, οι ασθενείς με βηματοδότη ή μεταλλικά εμφυτεύματα, που επηρεάζονται από το μαγνητικό πεδίο, δεν είναι δυνατόν να υποβληθούν στην εξέταση. Για την προστασία των εξεταζομένων είναι απαραίτητο να συμπληρώνουν, πριν την εξέταση, λεπτομερές ερωτηματολόγιο.

Η ΑΜΣ προσφέρει πολύτιμη βοήθεια στη διάγνωση παθήσεων του εγκεφάλου, του νωτιαίου μυελού, των αρθρώσεων, των αγγείων, των κοιλιακών οργάνων, κ.λπ.

Μειονεκτήματα όπως το υψηλό κόστος και ο μεγάλος χρόνος εξέτασης, θα ελαχιστοποιηθούν στο μέλλον, με την εξέλιξη των μαγνητικών τομογράφων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

A. Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Ποια τα βασικά τμήματα ενός συστήματος ΑΜΣ;
2. Περιγράψτε τα διαδοχικά βήματα της λειτουργίας του μαγνητικού τομογράφου.

3. Τι είναι τα πηνία ραδιοσυχνότητας;
4. Ποιος ο ρόλος των βαθμιδωτών πηνίων;
5. Τι είναι οι χρόνοι χαλάρωσης T1 και T2;
6. Ποιες ακολουθίες παλμών χρησιμοποιούνται στην ΑΜΣ;
7. Πώς επηρεάζει η ροή των υγρών το σήμα ΑΜΣ;
8. Τι είναι οι εικόνες T1 και T2 προσανατολισμού; Τι είναι οι εικόνες προσανατολισμού πυκνότητας πρωτονίων;
9. Τι γνωρίζετε για τη μαγνητική αγγειογραφία;
10. Ποια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της ΑΜΣ, έναντι των άλλων απεικονιστικών μεθόδων;
11. Να συντάξετε ένα ερωτηματολόγιο που κατά τη γνώμη σας θα πρέπει να συμπληρώνεται από τους εξεταζομένους, πριν την είσοδο τους στο χώρο του μαγνητικού τομογράφου.

B. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση:

1. Στην ΑΜΣ χρησιμοποιείται:
 - A. ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
 - B. ιοντίζουσα ακτινοβολία
2. Η πηγή του σήματος στην ΑΜΣ είναι:
 - A. τα ηλεκτρόνια στα άτομα του υδρογόνου
 - B. τα πρωτόνια στα άτομα του υδρογόνου
 - Γ. τα άτομα του υδρογόνου
3. Στη μαγνητική τομογραφία λαμβάνονται τομές:
 - A. εγκάρσιες
 - B. εγκάρσιες και στεφανιαίες
 - Γ. σε όλα τα επίπεδα
4. Οι μαγνήτες που χρησιμοποιούνται ευρύτερα στη ΜΤ είναι οι:
 - A. μόνιμοι
 - B. υπεραγώγιμοι
 - Γ. ηλεκτρομαγνήτες
5. Η επιλεκτική διέγερση των πρωτονίων γίνεται με τα:
 - A. πηνία Ρ.Σ.
 - B. διορθωτικά πηνία
 - Γ. βαθμιδωτά πηνία

- 6.** Το πηνίο σώματος στο MT μπορεί να είναι:
- A.** μόνο πομπός
 - B.** μόνο δέκτης
 - Γ.** και πομπός και δέκτης
- 7.** Τα πηνία επιφάνειας:
- A.** είναι μόνιμα τμήματα του MT
 - B.** χρησιμοποιούνται για την εξέταση επιφανειακών δομών
 - Γ.** είναι και πομποί και δέκτες
- 8.** Ο ρόλος του κλωβού Faraday είναι:
- A.** να εμποδίσει τα ραδιοφωνικά κύματα που προέρχονται από άλλες συσκευές να καταγραφούν από τις διατάξεις του MT
 - B.** να προστατέψει τους εργαζόμενους από την επίδραση των ραδιοπαλμών που εκπέμπονται από το σύστημα
 - Γ.** να προστατέψει τους εργαζόμενους από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου.
- 9.** Κατά την AMΣ τα υγρά απεικονίζονται «φωτεινά» στις εικόνες:
- A.** T1 προσανατολισμού
 - B.** T2 προσανατολισμού
 - Γ.** προσανατολισμού πυκνότητας πρωτονίων
- 10.** Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την αρχή μιας ακολουθίας παλμών μέχρι την αρχή της επόμενης ονομάζεται:
- A.** χρόνος επανάληψης (TR)
 - B.** χρόνος ηχούς (TE)
 - Γ.** χρόνος αναστροφής (TI)
- 11.** Οι ασθενείς που φέρουν βηματοδότη:
- A.** επιτρέπεται να υποβληθούν σε MT, μετά από διερεύνηση
 - B.** δεν επιτρέπεται να υποβληθούν σε MT
 - Γ.** επιτρέπεται να υποβληθούν σε MT, χωρίς κανένα περιορισμό
- 12.** Κατά τη διερεύνηση των παθήσεων των αρθρώσεων η AMΣ:
- A.** δεν δίνει σημαντικές πληροφορίες
 - B.** είναι η μέθοδος εκλογής
 - Γ.** δίνει πληροφορίες σε συνδυασμό με την αξονική τομογραφία.