



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΟΥ ΣΤΑ ΥΨΗΛΑ
ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΠΟΖΙΝΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ- ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ
ΑΡ. ΜΗΤΡΩΟΥ: 62716103

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
PhD ΛΑΒΔΑΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2021



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF HEALTH AND CARE SCIENCES
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES
DIVISION OF RADIOLOGY & RADIATION THERAPY

MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF MUSCULOSKELETAL IN HIGH
MAGNETIC FIELDS

DISSERTATION
BOZINIS PANAGIOTIS- KONSTANTINOS
CANDIDATE NUMBER: 62716103

SUPERVISOR NAME
PhD LAVDAS ELEFThERIOS
ASSOCIATE PROFESSOR

ATHENS 2021

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων Καθηγητής: **Λαβδός Ελευθέριος**

Κεχαγιάς Δημήτριος

Οικονόμου Γεωργία

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Summary.....	5
1.1 Εισαγωγή.	1
1.1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	1
1.2 Το φαινόμενο της μαγνητικής αποκατάστασης.	3
1.3 Η συμπεριφορά των Πρωτονίων σε εξωτερικό Μαγνητικό Πεδίο.....	3
1.4 Συχνότητα Larmor.	4
1.5 Παράμετροι TR και TE.....	4
1.6 Διάκριση των εικόνων με βάση την ακολουθία που χρησιμοποιήθηκε.	4
1.7 Ποιότητα εικόνας στη μαγνητική τομογραφία.	5
1.8 Τεχνικά Σφάλματα στη μαγνητική τομογραφία.	8
1.9 Η Ασφάλεια στον Μαγνητικό Τομογράφο.	11
2.1 Στοιχεία Ανατομίας.	16
2.2 Μαγνητική Τομογραφία Μυοσκελετικού.	18
2.3 Μαγνητική τομογραφία γόνατος.	18
2.4 Μαγνητική τομογραφία ποδοκνημικής άρθρωσης	20
2.5 Μαγνητική τομογραφία άρθρωσης του ισχίου.	22
2.6 Μαγνητική τομογραφία αγκώνα.....	24
2.7 Μαγνητική τομογραφία πηχεοκαρπικής άρθρωσης.	26
2.8 Μαγνητική τομογραφία ώμου.	28
2.9 Μαγνητική τομογραφία ΑΜΣΣ.	30
2.10 Μαγνητική τομογραφία ΘΜΣΣ.....	32
2.11 Μαγνητική τομογραφία ΟΜΣΣ.	35
3.1 Μαγνητική τομογραφία σε υψηλά μαγνητικά πεδία.	37
Επίλογος- Συμπεράσματα.....	41

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με στήριξαν κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, πρωτίστως τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Λαβδά και παράλληλα του γιατρούς και τεχνολόγους ακτινολόγους του Γ.Ν.Θ. “Γ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ” για τις γνώσεις και τη βοήθεια που μου προσέφεραν.

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση από άρθρα και βιβλία σχετικά με την απεικόνιση του μυοσκελετικού συστήματος σε υψηλά μαγνητικά πεδία. Πρώτα απ' όλα γίνεται ιστορική αναδρομή ονομάζοντας ερευνητές και επιστήμονες οι οποίοι έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην ανακάλυψη των ιδιοτήτων και κατ' επέκταση στη δημιουργία του μαγνητικού τομογράφου. Επιπλέον, παρουσιάζονται λεπτομερώς η βασική φυσική του συστήματος του μαγνητικού συντονισμού, τα φαινόμενα και οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την εξέταση με τη βοήθεια του μαγνητικού τομογράφου και οι παράμετροι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την απεικόνιση. Στη συνέχεια παρατίθεται ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να διακριθούν οι εικόνες με βάση την ακολουθία που χρησιμοποιείται για τη λήψη αυτών. Επιπλέον γίνεται αναφορά στους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα της εικόνας και σχετίζονται με το σήμα που λαμβάνεται, το θόρυβο που μπορεί να προκύψει και την αντίθεση της εικόνας, στα τεχνικά σφάλματα τα οποία μπορεί να προκύψουν και στους τρόπους αντιμετώπισης αυτών. Αφού γίνει μια παρουσίαση σχετικά με την ασφάλεια του μαγνητικού τομογράφου, την κατάλληλη προετοιμασία του ασθενούς πριν εισέρθει στο χώρο εξέτασης, ονομάζονται τα υλικά που πρέπει να αφαιρεθούν από τον εξεταζόμενο και αυτά που είναι συμβατά με το μαγνητικό τομογράφο. Έπειτα γίνεται λόγος για τα στοιχεία ανατομίας του μυοσκελετικού συστήματος και πιο συγκεκριμένα των μυών, των οστών και των αρθρώσεων. Επιπρόσθετα αφού παρουσιαστεί ο τρόπος απεικόνισης του μυοσκελετικού συστήματος γενικότερα, αναφέρονται στοιχεία για την εκάστοτε απεικόνιση όπως: ενδείξεις και αντενδείξεις για εξετάσεις μαγνητικού συντονισμού του μυοσκελετικού συστήματος καθώς επίσης περιγραφή της τοποθέτησης του ασθενούς, πρωτόκολλα και ο σχεδιασμός αυτών. Εν κατακλείδι αναφέρονται εκτενώς στοιχεία και χαρακτηριστικά της μαγνητικής τομογραφίας σε υψηλά μαγνητικά πεδία.

Summary

In the present dissertation a bibliographic review is carried out from articles and books on the imaging of the musculoskeletal system in high magnetic fields. First of all, a historical background is given by naming researchers and scientists who played a decisive role in the discovery of the properties and consequently in the creation of the magnetic resonance imaging (MRI) scanner. In addition, the basic physics of the magnetic resonance scanner, the phenomena and processes that take place during the MRI scan and the parameters that can be used during the imaging are presented in detail. The following is how the images can be distinguished based on the MRI sequence used to capture them. Furthermore, reference is made to the factors that can affect the quality of the image and are related to the signal received, the noise that may occur and the contrast of the image, the artifacts that may occur and the ways to deal with them. After a presentation on the safety of the MRI, proper preparation of the patient before entering the room and are named the materials that the examinee must remove and those that are compatible with the MRI. Then the anatomy of the musculoskeletal system and more specifically the muscles, bones and joints is also discussed. What is more, after presenting the way of magnetic resonance imaging of the musculoskeletal system in general, data for the individual examination are reported such as: indications and contraindications for magnetic resonance examinations of the musculoskeletal system as well as description of the patient's positioning, protocols and their parameters. In conclusion, MRI data in high magnetic fields are extensively reported.

1.1 Εισαγωγή.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να παρουσιαστεί ο τρόπος απεικόνισης του μυοσκελετικού συστήματος συγκρίνοντας μαγνητικούς τομογράφους με ένταση πεδίου 1,5T σε σχέση με άλλους 3T. Αρχικά, η χρήση συστημάτων με υψηλότερης έντασης πεδίο χρησιμοποιούνταν διστακτικά και κυρίως σε εργαστήρια για πειραματικούς σκοπούς. Λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας, η χρήση υψηλών μαγνητικών πεδίων γίνεται ολοένα και συχνότερη χάρη στην καλύτερη απεικόνιση που προσφέρουν. Σε συνδυασμό με τη βασική αρχή λειτουργίας του μαγνητικού τομογράφου, ο οποίος βασίζεται στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και όχι στις ιοντιζουσες ακτινοβολίες και την τριών διαστάσεων απεικόνιση που κατά συνέπεια προσφέρει μεγαλύτερη λεπτομέρεια, αποτελεί μια πολύ συχνή απεικονιστική μέθοδο του μυοσκελετικού συστήματος. Για την ανάλυση και παρουσίαση των παραπάνω, η πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε τρία κεφάλαια. Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο περιέχεται μια ιστορική αναδρομή και οι βασικές αρχές λειτουργίας του μαγνητικού τομογράφου. Παράλληλα, γίνεται ανάλυση παραμέτρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση, παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της εικόνας και πως μπορεί να γίνει διάκριση αυτής ανάλογα με την ακολουθία που έχει χρησιμοποιηθεί. Τέλος, παρατίθενται πιθανά τεχνικά σφάλματα που μπορεί να προκύψουν και πληροφορίες που αφορούν την ορθή και ασφαλή χρήση των τομογράφων με σκοπό την αποφυγή ατυχημάτων. Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο, αφού προηγηθεί μια αναφορά στην ανατομία του μυοσκελετικού συστήματος, γίνεται περιγραφή του τρόπου απεικόνισής του και έπειτα παρουσιάζονται μεμονωμένες εξετάσεις. Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής σύγκριση συστημάτων 1,5T με αλλά υψηλότερης έντασης, 3T και άνω.

1.1.1 Ιστορική Αναδρομή.

Η ιστορία του μαγνητικού τομογράφου χαρακτηρίζεται από σημαντικές ανακαλύψεις, μελέτες και πειραματισμούς. Ο μαθηματικός Jean Baptiste Joseph Fourier ανακάλυψε τους ομώνυμους μετασχηματισμούς, θεμελιώδους σημασίας για την ανακατασκευή των φασμάτων. Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της τεχνολογίας σχετικά με τον ηλεκτρομαγνητισμό έπαιξαν οι εφευρέσεις του Nicola Tesla. Το 1924 ο Pauli αναφέρεται στην θεωρητική ύπαρξη μιας εγγενούς πυρηνικής στροφορμής (spin) μετά από σειρά μελετών. Ένα χρόνο αργότερα εισάγεται στη φυσική η έννοια του περιστρεφόμενου ηλεκτρονίου από τους Uhlenbeck και Goudsmit. Το 1933 γίνεται μέτρηση της επίδρασης του πυρηνικού spin από την εκτροπή μιας δέσμης μορίων υδρογόνου από τους Otto Stern και Walther Gerlach. Ο όρος “πυρηνικός μαγνητικός συντονισμός” εμφανίζεται για πρώτη φορά σε δημοσίευση που γίνεται στην Ολλανδία από τον Gorter. Το 1941 ο Yevgeni K. Zavoisky παρουσιάζει πορίσματα ερευνών του σχετικά με το μαγνητικό συντονισμό περιστροφής ηλεκτρονίων χωρίς όμως να υπάρξει το επιθυμητό ενδιαφέρον από την επιστημονική κοινότητα. Το

1946 ανακαλύπτεται επίσημα το φαινόμενο του μαγνητικού συντονισμού (nuclear magnetic resonance -NMR), ανεξάρτητα, από τους Felix Bloch στο Stanford και Edward Purcell στο Harvard. Το 1952 βραβεύονται με νόμπελ φυσικής. Το 1955- 1956, ο Erik Odeblad και ο Gunnar Lindstrom από τη Στοκχόλμη δημοσιεύουν τις πρώτες μελέτες NMR, συμπεριλαμβανομένων μετρήσεων χρόνων χαλάρωσης, μελετών ζωντανών κυττάρων και αξιολόγησης ζωικών ιστών. Κατά τη δεκαετία του '50 και του '60 ο Odeblad συνεχίζει να πραγματοποιεί μελέτες σε ζωντανούς οργανισμούς, ενώ το 1959 γίνεται μελέτη για τη μέτρηση ροών σε ιστούς από τον Jay Singer. Το 1967, ο J. Johns μελέτησε τη χημική σύσταση των ιστών ζωντανών ζώων με σκοπό τη λήψη σήματος και τον προσδιορισμό των χρόνων χαλάρωσης σε ζώα και στη συνέχεια σε ανθρώπους. Κατά τη διάρκεια του Ψυχρού Πολέμου ο σοβιετικός φυσικός Ivanov Vladislav πραγματοποιεί πειράματα με σκοπό την ανίχνευση εχθρικών υποβρυχίων και αεροπλάνων με τη βοήθεια του μαγνητικού συντονισμού. Σύντομα αντιλαμβάνεται την αξία της συγκεκριμένης τεχνολογίας και αποβλέπει στην εφαρμογή της για ιατρικούς σκοπούς. Στα τέλη του 1960 κατασκευάζεται ένα πρωτότυπο μηχάνημα το οποίο, λόγω υψηλών χρόνων ανακατασκευής της εικόνας (16-18 ώρες), θεωρείται αποτυχία από του σοβιετικούς επιστήμονες και στη συνέχεια εγκαταλείπεται η προσπάθεια κατασκευής άλλων μαγνητικών τομογράφων. Μετά από μερικά χρόνια, το 1972 ο Raymond Damadian ανακαλύπτει ότι οι χρόνοι χαλάρωσης σε υγιείς ιστούς είναι μικρότεροι σε σχέση με αντίστοιχους παθολογικούς. Στις 3 Ιουλίου του 1977 οι καθηγητές Damadian, Minkoff και Goldsmith ολοκληρώνουν την κατασκευή του πρώτου υποτυπώδους μαγνητικού τομογράφου και μετά από 6 ώρες μετρήσεων και 22 ώρες ανακατασκευής παράγουν μια τομή θωρακικής χώρας, την πρώτη ιατρική εικόνα του ανθρώπινου σώματος. Παράλληλα την ίδια χρονιά ο Sir Peter Mansfield και η ομάδα του λαμβάνουν εικόνες από τομή δάκτυλου χεριού και κοιλιακής χώρας με τη βοήθεια της τεχνικής Echo Planar Imaging (E.P.I.). Το 1980, ο Edelstein, πραγματοποιεί την πρώτη πλήρη απεικόνιση ολόκληρου του ανθρώπινου σώματος με τη μέθοδο του μαγνητικού συντονισμού. Εν συνεχεία, αρχίζουν να κυκλοφορούν στην αγορά οι πρώτοι μαγνητικοί τομογράφοι, στις αρχές της δεκαετίας του '80. Η πρώτη κινητή μονάδα MRI κυκλοφορεί το 1982, από τη Fonar και ονομάζεται Βήτα 3000. Είναι ο δεύτερος τομογράφος της και έχει βάρος 17 τόνους και αποτελείται από έναν μόνιμο μαγνήτη 3000 gauss. Η πρώτη απεικόνιση gradient echo λαμβάνει χώρα το 1986 και ένα χρόνο αργότερα τελειοποιείται η αγγειογραφία μαγνητικού συντονισμού από τον Charles Dumoulin. Το 1991 ο Belliveau κάνει χρήση σκιαγραφικού μέσου για πρώτη φορά κατά την απεικόνιση με μαγνητικό συντονισμό, ενώ παράλληλα απονέμεται βραβείο Nobel στο Richard P. Ernest. Μετά από δυο χρόνια αναπτύσσεται η πλήρως λειτουργική απεικόνιση εγκεφάλου (functional MRI) κατά την οποία είναι δυνατή η χαρτογράφηση λειτουργιών διάφορων περιοχών του εγκεφάλου ενώ την επόμενη χρονιά, χρησιμοποιώντας υπερπολωμένο αέριο ^{129}Xe , ερευνητές του Princeton University και του State University της Νέας Υόρκης στο

Stony Brick μελετούν το αναπνευστικό σύστημα. Το 2002 απονέμεται βραβείο Nobel στον Kurt Wiithrich. Το 2003 οι Paul C. Lauterbur και Sir Peter Mansfield βραβεύονται με το βραβείο Nobel Φυσιολογίας και Ιατρικής «για τις ανακαλύψεις τους στον τομέα της μαγνητικής τομογραφίας».

1.2 Το φαινόμενο της μαγνητικής αποκατάστασης.

Η μαγνητική αποκατάσταση ή αλλιώς χαλάρωση είναι η διαδικασία απελευθέρωσης της ενέργειας κατά το μαγνητικό συντονισμό από τα πρωτόνια και η επαναφορά τους στην αρχική ενεργειακή κατάσταση και θέση. Η διάρκεια αυτού του φαινομένου περιγράφεται από τους χρόνους T1, T2 και T2*. Η διαφορά των δυο χρόνων T1 και T2 είναι ότι ο πρώτος αναφέρεται στη διαμήκη μαγνήτιση και πιο συγκεκριμένα, εκφράζει την ταχύτητα με την οποία η διαμήκης μαγνήτιση λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της, ενώ ο T2 αναφέρεται στην εγκάρσια μαγνήτιση και εκφράζει την ταχύτητα με την οποία μηδενίζεται η εγκάρσια μαγνήτιση. Τέλος, σε περιπτώσεις όπου υπάρχει επίδραση εξωτερικών παραγόντων και προκαλούν απώλεια συμφασικής κίνησης τότε ο χρόνος χαλάρωσης T2 μειώνεται σημαντικά και συμβολίζεται με T2*.

1.3 Η συμπεριφορά των Πρωτονίων σε εξωτερικό Μαγνητικό Πεδίο.

Τα πρωτόνια έχουν θετικό φορτίο και σε συνδυασμό με τα νετρόνια αποτελούν τον πυρήνα του ατόμου. Σε τροχιά γύρω από τον πυρήνα περιστρέφονται αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Τα τρία αυτά σωματίδια αποτελούν το άτομο.

Σε ένα ανθρώπινο σώμα τα μαγνητικά πεδία και οι μαγνητικές ροπές έχουν τυχαίο και χρονικά μεταβαλλόμενο προσανατολισμό. Με την είσοδό του στο χώρο εξέτασης, ο ασθενής εισέρχεται σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παραλληλίζονται οι μαγνητικές ροπές με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Όταν ο προσανατολισμός είναι παράλληλος τότε προκύπτει το φαινόμενο του παραμαγνητισμού ενώ στην περίπτωση του αντιπαράλληλου προσανατολισμού με το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο προκύπτει το φαινόμενο του διαμαγνητισμού. Κατά τον προσανατολισμό των πρωτονίων μπορούν να προκύψουν η θεμελιώδης ενεργειακή κατάσταση στην περίπτωση του παραμαγνητισμού και η διεγερμένη στη περίπτωση του διαμαγνητισμού.

1.4 Συχνότητα Larmor.

Σύμφωνα με τον Βρετανό φυσικό και μαθηματικό Joseph Larmor: “Η συχνότητα της μεταπτωτικής κίνησης είναι χαρακτηριστική για κάθε τύπο πυρήνα και ονομάζεται συχνότητα Larmor”. Η συχνότητα Larmor εξαρτάται από την εξωτερική ισχύ του μαγνητικού πεδίου B_0 και από μια σταθερά, το γυρομαγνητικό λόγο του spin γ . Η συχνότητα αυτή εκφράζεται από την εξίσωση:

$$\omega_0 = \gamma B_0$$

1.5 Παράμετροι TR και TE.

Οι παράμετροι αυτοί σχετίζονται με τους χρόνους μαγνητικής αποκατάστασης T1 και T2.

Πιο συγκεκριμένα:

- *Ο χρόνος TR (Repetition Time)-χρόνος επανάληψης:* “ονομάζεται ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της έναρξης εφαρμογής μιας ακολουθίας για πρώτη φορά και της έναρξης εφαρμογής της για δεύτερη φορά (ο χρόνος από το μέσον του πρώτου παλμού μέχρι το μέσον του παλμού της δεύτερης ακολουθίας)”.
- *Ο χρόνος TE (Echo Time)- χρόνος ηχούς:* “είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της εφαρμογής του παλμού RF και της λήψης του σήματος”.

Από τους χρόνους TR και TE μπορούμε να διακρίνουμε τις παραμέτρους T1 και T2. Η T1 απεικόνιση χαρακτηρίζεται από χαμηλούς χρόνους TR και TE ενώ η T2 από υψηλούς χρόνους αντίστοιχα. Τέλος στην απεικόνιση πυκνότητας πρωτονίων (PD) συναντάται υψηλός χρόνος TR και χαμηλός χρόνος TE.

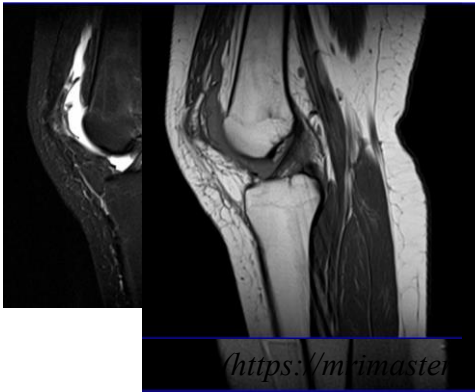
1.6 Διάκριση των εικόνων με βάση την ακολουθία που χρησιμοποιήθηκε.

Proton Density Fat Saturated (PD Fat Sat) Πυκνότητας Πρωτονίων με καταστολή λίπους: Στις ακολουθίες πυκνότητας πρωτονίων το ισχυρότερο σήμα παράγεται από τις δομές που παρουσιάζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση ατόμων υδρογόνου και κατά συνέπεια απεικονίζονται λευκότερες. Ο πιο εύκολος τρόπος για να γίνει διακριτή η συγκεκριμένη ακολουθία είναι τα υγρά, τα οποία εμφανίζονται με ανοιχτό γκρι χρώμα. Πιο συγκεκριμένα, στις ακολουθίες πυκνότητας πρωτονίων με καταστολή λίπους, οι περιοχές λιπώδους ιστού εμφανίζονται σκούρες ενώ όλες οι υπόλοιπες δομές ίδιες όπως στην ακολουθία PD.

Short Tau Inversion Recovery (STIR): Η ακολουθία STIR είναι μια inversion recovery ακολουθία, η οποία διακρίνεται εύκολα από την απεικόνιση των δομών που περιέχουν λίπος ή και υγρά. Φυσιολογικά, τα υγρά παρουσιάζονται φωτεινά, ενώ οι δομές που αποτελούνται από λίπος εμφανίζονται σκούρες μαύρες.

T1 Turbo Spin Echo (TSE): Μια TSE T1 βαρύτητας ακολουθία μπορεί να διακριθεί εύκολα από τις δομές που περιέχουν υγρά, ανάλογα με το σημείο απεικόνισης, όπως το αίμα, το εγκεφαλονωτιαίο υγρό και το αρθρικό υγρό τα οποία εμφανίζονται με σκούρο χρώμα.

T2 Turbo Spin Echo (TSE): Μια TSE T2 βαρύτητας ακολουθία από την άλλη πλευρά, διακρίνεται εξίσου εύκολα από την απεικόνιση υγρών όπως το αίμα, το εγκεφαλονωτιαίο υγρό, το αρθρικό υγρό και άλλα που μπορεί να υπάρχουν στο εξεταζόμενο σημείο, τα οποία εμφανίζονται φωτεινά με έντονο άσπρο χρώμα.



Εικόνα 3: T1 TSE σε όβελιαίο επίπεδο.

(<https://mrimaster.com/PLAN%20KNEE%20t1%20sagittal.html>)

Εικόνα 2: PD FAT SAT σε στεφανιαίο επίπεδο.

Πηγή : (<https://mrimaster.com/PLAN%20KNEE%20pd%20fat%20sat%20coronal.html>)

1.7 Ποιότητα εικόνας στη μαγνητική τομογραφία.

“Ο όρος ποιότητα διαγνωστικής εικόνας αναφέρεται στην ποσότητα των χρήσιμων διαγνωστικών πληροφοριών που περιέχονται σε μια εικόνα σε σχέση με τον θόρυβο. Αναφέρεται επίσης στην ευκολία με την οποία μπορούν να παρατηρηθούν ή να εξαχθούν αυτές οι πληροφορίες”.

Η ποιότητα της εικόνας μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική ή μη με βάση κάποιες διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου μετρώντας με τη βοήθεια του υπολογιστή διάφορα μεγέθη αλλά και από την υποκειμενική άποψη του ακτινοδιαγνώστη γιατρού. Η αντίθεση της εικόνας, η χωρική διακριτική ικανότητα, ο λόγος αντίθεσης προς θόρυβο (contrast to noise ratio- CNR) και ο λόγος σήματος προς θόρυβο (signal to noise ratio- SNR) είναι οι κυριότερες απεικονιστικές παράμετροι για να χαρακτηριστεί η ποιότητα της εικόνας. Πιο συγκεκριμένα:

- *Η αντίθεση της εικόνας και ο λόγος αντίθεσης προς θόρυβο (contrast to noise ratio- CNR):* εκφράζει τη δυνατότητα διάκρισης δυο δομών με παρόμοια χημική σύσταση. Πιο απλά εκφράζει τη διαφορά στην απόχρωση του γκρι σε δυο γειτονικούς ιστούς και εξαρτάται από το χρόνο ηχούς (Echo time-TE), το χρόνο επανάληψης (Repetition time- TR), το χρόνο αναστροφής (Inversion time- TI για ακολουθίες IR), τη γωνία εκτροπής (Flip angle), την

ύπαρξη ροών (flow), τον παράγοντα μείωσης διάρκειας της ακολουθίας (για ακολουθίες TSE) και τη μέθοδο πλήρωσης K-χώρου.

- *Η χωρική διακριτική ικανότητα:* είναι μια παράμετρος που εκφράζει την ελάχιστη απόσταση κατά την οποία πρέπει να απέχουν δύο σημειακά αντικείμενα ώστε να απεικονίζονται ως ξεχωριστές οντότητες. Εκφράζει επίσης την αλλοίωση που υφίστανται οι διαστάσεις ενός σημειακού αντικειμένου κατά την απεικόνιση του. Καθορίζεται από το πεδίο λήψης (field of view – FOV) και από το μέγεθος των εικονοστοιχείων (pixels). Επηρεάζεται από το μέγεθος της ψηφιακής μήτρας (matrix) και από το πάχος των τομών.
- *Ο λόγος σήματος προς θόρυβο (signal to noise ratio- SNR):* ο όρος σήμα εκφράζει το σύνολο των διαγνωστικά χρήσιμων πληροφοριών ενώ ο θόρυβος αντιστοιχεί σε έλλειψη πληροφορίας ή διαγνωστικά άχρηστης πληροφορίας. Η ένταση του στατικού μαγνητικού πεδίου είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν το SNR. Χρησιμοποιώντας έναν τομογράφο έντασης 3T θα προσανατολιστεί μεγαλύτερος αριθμός πρωτονίων τα οποία με τη σειρά τους θα παράξουν υψηλότερο σήμα κατά την απεικόνιση σε σχέση με ένα σύστημα 1,5T. Επίσης, το σχήμα, η σχεδίαση και το μέγεθος του πηνίου είναι ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει το SNR. Όσο πιο κοντά στην εξεταζόμενη περιοχή είναι ένα πηνίο τόσο καλύτερη θα είναι η απεικόνιση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα πηνία, ώστε να ταιριάζουν και να πλησιάζουν την εξεταζόμενη ανατομική περιοχή όσο γίνεται περισσότερο. Επιπλέον η μεγαλύτερη πληροφορία που λαμβάνεται με τη βοήθεια ενός πηνίου έχει ως αποτελέσματα το υψηλότερο σήμα. Συνεπώς ένα πηνίο τριάντα δυο καναλιών θα προσφέρει καλύτερη απεικόνιση σε σχέση με ένα τεσσάρων καναλιών. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το λόγο σήματος προς θόρυβο είναι η ένταση των βαθμιδωτών πεδίων, οι ηλεκτρικές ικανότητες των ιστών, διάφορες ηλεκτρονικές συνιστώσες του συστήματος που μπορούν να αποτελέσουν πηγές θορύβου, ο αλγόριθμος ανακατασκευής της εικόνας και οι παράμετροι της ακολουθίας απεικόνισης που εφαρμόζεται. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται αύξηση του SNR όταν αυξηθεί ο χρόνος TR, ή όταν μειωθεί ο χρόνος TE. Πρέπει να δοθεί κατάλληλη προσοχή στις μεταβολές των τιμών αυτών, διότι η υπερβολική μείωση του χρόνου TE θα έχει ως αποτέλεσμα μια απεικόνιση με πολύ χαμηλή αντίθεση. Αντίστοιχα χαμηλή αντίθεση θα παρατηρηθεί σε περίπτωση υπερβολικής αύξησης του χρόνου TR.

Παράλληλα, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει και ο χρόνος συλλογής δεδομένων. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από το χρόνο επανάληψης TR (repetition time), από τον αριθμό βημάτων κωδικοποίησης φάσης (Ny), από τον αριθμό τομών που λαμβάνονται κατά την κωδικοποίηση τομής (Nx) και από τον αριθμό διεγέρσεων (NEX). Ο χρόνος μπορεί να μειωθεί χρησιμοποιώντας μικρότερη μήτρα απεικόνισης, τεχνική Half Fourier, με την επιλογή ορθογώνιου FOV (rectangular

FOV) ή και με τη χρήση παράλληλης απεικόνισης. Πιο συγκεκριμένα, με την επιλογή μικρότερης μήτρας απεικόνισης, συλλέγεται ένα ποσοστό από τις κεντρικές γραμμές του K- χώρου ενώ γεμίζουν με μηδενικά (zero filling) οι περιφερικές γραμμές, οι οποίες δε συλλέγονται. Συνέπεια της τεχνικής αυτής είναι να αυξάνεται ελαφρώς το SNR, ενώ μειώνεται ο χρόνος συλλογής δεδομένων και η χωρική διακριτική ικανότητα. Το μειονέκτημά της είναι η πιθανότητα πρόκλησης τεχνικού σφάλματος. Χρησιμοποιώντας την τεχνική Half Fourier, συλλέγονται κάποιες κεντρικές γραμμές του K- χώρου και οι μισές από το θετικό ή αρνητικό του τμήμα. Στην περίπτωση αυτή έχουμε μείωση του χρόνου συλλογής δεδομένων πάνω από το μισό και μικρή μείωση του SNR ενώ δεν επηρεάζεται η χωρική διακριτική ικανότητα. Συχνά μπορούν να παρατηρηθούν σφάλματα ροής και κίνησης. Επιπλέον, με την επιλογή rectangular FOV είναι εφικτό αν μειωθεί το FOV στο μισό, να μειωθεί και ο χρόνος συλλογής δεδομένων αντίστοιχα στο μισό. Η χωρική διακριτική ικανότητα δε θα μεταβληθεί, όμως λόγω μειωμένου αριθμού γραμμών του K- χώρου που θα συλλεχθούν, θα σημειωθεί μικρή μείωση του SNR. Σε αυτή την τεχνική πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή σφάλματος αναδίπλωσης. Τέλος, η παράλληλη απεικόνιση είναι μια μέθοδος λήψης δεδομένων και ανασχηματισμού των εικόνων χάρη στην οποία μειώνεται ο χρόνος σάρωσης. Βασίζεται στη χρήση πολυκάναλων πηνίων και στη λήψη λιγότερων γραμμών του K- χώρου. Ο όρος «παράλληλη» συμβολίζει την ταυτόχρονη λήψη δεδομένων από τα επιμέρους πηνία του πολυκάναλου πηνίου. Για το λόγο αυτό μειώνεται ο χρόνος συλλογής των δεδομένων, λόγω της μειωμένης λήψης γραμμών του K-χώρου παράλληλα όμως παρατηρείται και μείωση του αρχικού FOVy. Πρόβλημα αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να παρουσιαστεί σφάλμα αναδίπλωσης σε περίπτωση που το θέμα εκτίνεται πέρα από τα όρια του νέου πεδίου απεικόνισης στον άξονα κωδικοποίησης φάσης (FOVy). Πιο απλά θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε την τεχνική της παράλληλης απεικόνισης ως ένα συνδυασμό της τεχνικής “rectangular FOV” με κατάλληλη διαχείριση των πληροφοριών από πολυκάναλα πηνία.

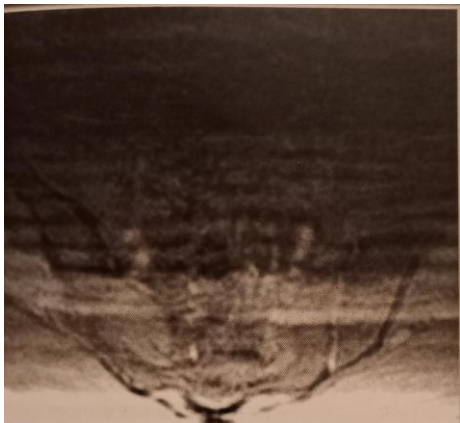
Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα εικόνας είναι: το πάχος τομής, το μέγεθος της μήτρας απεικόνισης, ο χρόνος σάρωσης. Για να επιτευχθεί καλύτερη ποιότητα εικόνας θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί πρωτόκολλο με μικρό πάχος τομής ώστε να αποφευχθούν και πιθανά τεχνικά σφάλματα. Παράλληλα, απεικόνιση με μικρό χρόνο σάρωσης θα έχει θετικά αποτελέσματα διότι ο εξεταζόμενος θα μπορεί να παραμείνει άνετος χωρίς να παρουσιάσει κάποια ανησυχία και κατ'επέκταση σφάλματα λόγω κίνησης. Τέλος, μεγαλύτερο μέγεθος μήτρας με σταθερό FOV (πεδίο απεικόνισης) έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ποιότητας της εικόνας.

1.8 Τεχνικά Σφάλματα στη μαγνητική τομογραφία.

Τεχνικό σφάλμα ονομάζεται κάθε απόκλιση της εικόνας από την ακριβή αναπαράσταση των ανατομικών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών της. Τα τεχνικά σφάλματα μπορεί να μιμηθούν

κάποια παθολογία και κατά συνέπεια να χρειαστεί επανάληψη ή διενέργεια άλλης συμπληρωματικής διαγνωστικής εξέτασης. Τα σφάλματα αυτά χωρίζονται σε κατηγορίες.

- Σφάλματα λόγω κίνησης.
- Σφάλματα λόγω μαγνητικής επιδεκτικότητας.
- Σφάλματα αναδίπλωσης (wrap around).
- Χημική μετατόπιση (chemical shift).
- Zebra stripes.
- Zipper artifact.
- Artifacts λόγω επικάλυψης τομής (slice overlap).
- Σφάλματα σκίασης.
- Ηλεκτρονικά σφάλματα.
- Παρεμβολή ραδιοκυμάτων.



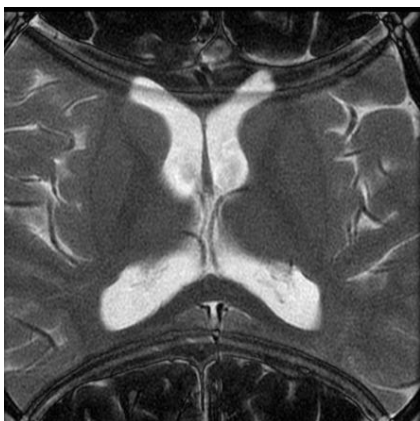
Εικόνα 4: Σφάλμα κίνησης σε απεικόνιση σπονδυλικής στήλης.

Πηγή: (Α. ΚΑΡΑΤΟΠΗΣ και Ι. ΚΑΝΔΑΡΑΚΗΣ, 2007)

Σφάλματα λόγω κίνησης: Συναντώνται σε κοιλία, θώρακα, ΑΜΣΣ, ΘΜΣΣ κ.α. Μπορεί να έχουμε τυχαία κίνηση (περισταλτισμό εντέρου), περιοδική κίνηση (καρδιά) η κίνηση ροής όπως το αίμα. Αντιμετωπίζεται με την τεχνική του σκανδαλισμού (triggering), την τροποποίηση παραμέτρων σχετικά με μηχανισμούς συλλογής δεδομένων (αλλαγή του άξονα κωδικοποίησης φάσης), λαμβάνοντας τομές σε άλλο επίπεδο και χρησιμοποιώντας breath hold τεχνική (συγκράτηση αναπνοής).

Σφάλματα λόγω μαγνητικής επιδεκτικότητας: Οφείλονται σε τοπικές μεταβολές του μαγνητικού πεδίου και συναντώνται σε περιοχές διαφορετικής μαγνητικής επιδεκτικότητας. Προκύπτουν συνήθως από σιδηρομαγνητικά υλικά που δεν έχει αφαιρέσει ο εξεταζόμενος κατά τη διάρκεια της εξέτασης. Στις περιπτώσεις αυτές έχουμε ως αποτέλεσμα έντονες φωτεινές η σκοτεινές περιοχές που συνοδεύονται με αλλοίωση των ανατομικών δομών, με ακόμα πιο έντονες ψευδενδείξεις σε gradient echo ακολουθίες ή ακολουθίες με μεγάλους χρόνους ΤΕ. Μπορούν να

αντιμετωπιστούν μειώνοντας το χρόνο TE, αυξάνοντας το εύρος συχνότητας, αυξάνοντας τη χωρική διακριτική ικανότητα ή εφαρμόζοντας spin echo και fast spin echo ακολουθίες.



Εικόνα 5: Μαγνητική εγκεφάλου με σφάλμα αναδίπλωσης της εικόνας (wrap around). Πηγή: (<https://radiopaedia.org/articles/aliasing-on-mri?lang=us>)

Σφάλματα αναδίπλωσης (wrap around): Συναντώνται όταν ολόκληρη η ανατομική περιοχή δεν περιλαμβάνεται στο πεδίο απεικόνισης, αλλά διεγείρεται από τους παλμούς RF, επειδή το πεδίο του RF, δεν περιορίζεται στην περιοχή του πεδίου απεικόνισης. Αντιμετωπίζεται με την τεχνική no frequency wrap, αυξάνοντας τα βήματα κωδικοποίησης φάσης, αυξάνοντας το πεδίο απεικόνισης ή αλλάζοντας το κέντρο της απεικόνισης, αλλάζοντας τον άξονα κωδικοποίησης φάσης και εφαρμόζοντας παλμούς κορεσμού για τους εκτός πεδίου παλμούς. Επίσης με τη χρήση πηνίου επιφανείας ελαχιστοποιούμε το σήμα των ιστών εκτός του πεδίου απεικόνισης. Τέλος χρησιμοποιούμε λογισμικό no phase wrap ή antialiasing.

Χημική μετατόπιση (chemical shift): Ο πυρήνας περιβάλλεται σε κάποιο βαθμό από ηλεκτρόνια, των οποίων η κίνηση δημιουργεί δευτερογενή μαγνητικά πεδία. Στο ίδιο λοιπόν στατικό μαγνητικό πεδίο, υφίσταται διαφορετικό μαγνητικό πεδίο και συνεπώς τα πρωτόνια έχουν διαφορετική συχνότητα συντονισμού. Επίσης λόγω διαφορετικής σύστασης του ύδατος και των λιπιδίων έχουμε και διαφορά στη συχνότητα με χαμηλότερη αυτή των λιπιδίων. Αυτή η χημική μετατόπιση σημαίνει ότι τα πρωτόνια του ύδατος αποδίδουν σήμα μεγαλύτερης συχνότητας στην ίδια θέση εντός του μαγνητικού πεδίου. Η χημική μετατόπιση δεν προκαλεί διαφορά μόνο στην συχνότητα αλλά και στην φάση μεταξύ των πρωτονίων των δύο ιστών. Για να αντιμετωπίσουμε το σφάλμα αυξάνουμε το εύρος των συχνοτήτων, την κωδικοποίηση συχνότητας, το μέγεθος του pixel, το χρόνο ηχούς- echo time (TE), καταστέλλοντας το σήμα του λίπους, ή τέλος εφαρμόζοντας τον άξονα κωδικοποίησης συχνότητας κατά μήκος του μεγαλύτερου άξονα της εξεταζόμενης περιοχής.

Zebra stripes: Συναντώνται σε απεικόνιση με gradient echo ακολουθίες, στις άκρες των εικόνων. Συμβαίνουν λόγω αλλαγής της μαγνήτισης σε περιοχές που εμφανίζονται δομές ιστών και αέρα. Για την αποφυγή τους χρησιμοποιείται μεγαλύτερο FOV, αύξηση της δειγματοληψίας, ή εφαρμογή spin echo ακολουθιών.

Zipper artifact: Μπορεί να οφείλεται είτε σε κάποιο πρόβλημα λογισμικού ή υλικού χωρίς κάποια δυνατότητα αντιμετώπισης από το χειριστή, αλλά και από παρεμβολή κυμάτων RF στην αίθουσα που πραγματοποιείται η εξέταση. Σε αυτή την περίπτωση ο χειριστής πρέπει να βεβαιωθεί ότι η πόρτα της αίθουσας είναι καλά κλειστή, ότι υπάρχει κατάλληλη RF θωράκιση και να απομακρύνει πιθανές πηγές εκπομπής κυμάτων RF.

Artifacts λόγω επικάλυψης τομής (slice overlap): Εμφανίζονται με τη μορφή γραμμών κάθετες στον άξονα της συχνότητας αλλοιώνοντας την ποιότητα της εικόνας. Συναντώνται κυρίως κατά την απεικόνιση της σπονδυλικής στήλης, σε ακολουθίες που χρησιμοποιούνται πολλαπλές τομές σε διαφορετικές γωνίες. Πιο συγκεκριμένα, εμφανίζονται σε τομές υπεύθυνες για την απεικόνιση μεσοσπονδύλιων δίσκων που δεν είναι παράλληλες και επικαλύπτονται. Αντιμετωπίζεται εύκολα και μπορεί να αποφευχθεί εξ αρχής με σωστό σχεδιασμό των τομών.

Σφάλματα σκίασης: Προκύπτουν κυρίως λόγω δυσλειτουργιών των κυκλωμάτων RF ή λόγω υψηλής απορρόφησης ακτινοβολίας RF από κάποιους ιστούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται περιοχές μειωμένης έντασης σήματος σε τμήμα της εικόνας και κατ' επέκταση την απόκρυψη πιθανών παθολογιών σε αυτές τις περιοχές. Αντιμετωπίζεται εύκολα με σωστή τοποθέτηση του εξεταζομένου ώστε η περιοχή ενδιαφέροντος να είναι στην κατάλληλη θέση σε σχέση με το ισόκεντρο του μαγνήτη και το πηνίο που χρησιμοποιείται.

Ηλεκτρονικά σφάλματα: Στην κατηγορία αυτή συναντούμε σφάλματα λόγω αστάθειας φάσης η οποία εκδηλώνεται ως κακής ποιότητας εικόνα, παρόμοια με σφάλμα κίνησης, η οποία συνοδεύεται όμως με αύξηση του σήματος στον αέρα κατά μήκος του άξονα κωδικοποίησης φάσης. Άλλο ένα παράδειγμα ηλεκτρονικού σφάλματος είναι η ύπαρξη μιας φωτεινής κηλίδας στο κέντρο της εικόνας η οποία προκύπτει από παρουσία ρεύματος στο επίπεδο εφαρμογής κάθε βήματος κωδικοποίησης φάσης αλλά παρατηρείται σπάνια στους σύγχρονους τομογράφους. Τέλος μπορεί να έχουμε την εμφάνιση “ψαροκόκαλου”, σφάλμα που προκύπτει στην επεξεργασία Fourier και έχει εικόνα σαν υφαντό. Συμβαίνει σπάνια και τρόπος αντιμετώπισης είναι η εκ νέου ανασύνθεση των δεδομένων.

Παρεμβολή ραδιοκυμάτων: Το σφάλμα αυτό φαίνεται σαν μια φωτεινή γραμμή στον άξονα κωδικοποίησης φάσης όταν το κύμα που παρεμβαίνει έχει μία συχνότητα. Όταν τα εξωγενή ραδιοκύματα είναι πολλαπλής προέλευσης, οι γραμμές είναι πολλαπλές. Το σφάλμα αυτό παρατηρείται όταν είναι ανοιχτή η πόρτα του τομογράφου ή όταν απαιτούνται ηλεκτρονικές συσκευές εντός της εξεταστικής αίθουσας. Σε περίπτωση που το σφάλμα αυτό είναι πολύ συχνό ή έχουμε παραμόρφωση της εικόνας χρειάζεται βελτίωση της θωράκισης του τομογράφου ή εγκατάσταση από την αρχή.

1.9 Η Ασφάλεια στον Μαγνητικό Τομογράφο.

Σύμφωνα με έρευνες της τελευταίας δεκαετίας η μαγνητική τομογραφία φαίνεται να αποτελεί μια βιολογικά ασφαλή μέθοδο απεικόνισης, χωρίς να προκύπτουν αποδεδειγμένα μη αναστρέψιμες μακροπρόθεσμες βλάβες που να σχετίζονται με τα μαγνητικά πεδία. Παρόλα αυτά, είναι σημαντική η ύπαρξη ενός εκπαιδευτικού προγράμματος, το οποίο θα απευθύνεται στους τεχνολόγους ακτινολόγους, ιατρικό, νοσηλευτικό προσωπικό και στους συνοδούς των ασθενών. Στο πρόγραμμα αυτό θα πρέπει να υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με τους κινδύνους των μεταβαλλόμενων βαθμιδωτών πεδίων και τη συμπεριφορά μεταλλικών αντικειμένων στα στατικά μαγνητικά πεδία. Τέλος, καλό θα ήταν να δίνεται έμφαση στην ενημέρωση και προετοιμασία του ασθενούς σε συνδυασμό με τη συμπλήρωση ειδικού ερωτηματολογίου από τον ίδιο.

Αρχικά, σημειώνονται κάποιες βιολογικές επιδράσεις εξαιτίας στατικών μαγνητικών πεδίων. Χαρακτηριστική είναι η άνοδος του κύματος T στο ηλεκτροκαρδιογράφημα λόγω της διαφοράς δυναμικού στα άκρα των αγγείων που προκύπτουν με την κίνηση του αίματος όταν βρίσκονται σε μαγνητικό πεδίο. Από την άλλη πλευρά, σε μεταβλητά μαγνητικά πεδία με τη χρήση γρήγορων ακολουθιών, όπως η echo planar imaging (EPI) μπορεί να υπάρξει διέγερση των νεύρων και των μυών, εξαιτίας της γρήγορης εναλλαγής μαγνητικών πεδίων. Για τον λόγο αυτό, ο FDA (Food and Drug Administration) έχει ορίσει περιορισμούς στην ταχύτητα ενεργοποίησης των βαθμιδωτών πεδίων, τρεις φορές χαμηλότερο από το επίπεδο διέγερσης νεύρων και μυών και τριάντα φορές χαμηλότερο από αυτό της καρδιακής διέγερσης. Τέλος, ο ακουστικός θόρυβος δεν πρέπει να υπερβαίνει κάποια αποδεκτά επίπεδα τα οποία είναι βασισμένα σε οδηγίες της Υπηρεσίας για την επαγγελματική ασφάλεια και υγεία των εργατών βιομηχανίας και έχουν καθορισθεί να αντιπροσωπεύουν root mean square , rms επίπεδα κάτω από 100dB με χρήση ωτοασπίδων εκτός εξαιρέσεων λόγω χρήσης ειδικών ακολουθιών. Παρ όλα αυτά, ιδανικά πρέπει να παρέχονται ωτοασπίδες ή ειδικά ακουστικά σε κάθε εξέταση μαγνητικής τομογραφίας.

Σιδηρομαγνητικά αντικείμενα και μαγνητικά πεδία: Τα σιδηρομαγνητικά υλικά μαγνητίζονται έντονα όταν βρεθούν σε μαγνητικό πεδίο αλλά διατηρούν το μαγνητισμό τους και μετά την απομάκρυνσή του πεδίου. Υλικά που έλκονται είναι κυρίως ο σίδηρος, το κοβάλτιο, το νικέλιο και τα κράματά τους. Το πεδίο που δημιουργείται στο χώρο του μαγνητικού τομογράφου χαρακτηρίζεται από δυο περιοχές. Η πρώτη περιοχή είναι αυτή που περιβάλλει το ισόκεντρο του μαγνητικού πεδίου και περιέχεται στον κύλινδρο του μαγνήτη. Το μαγνητικό πεδίο της περιοχής αυτής χαρακτηρίζεται από σχετική ομοιογένεια και σταθερότητα στην έντασή του. Στην περιοχή αυτή, κάποιο μη σφαιρικό αντικείμενο υφίσταται στρεπτικές επιδράσεις, ανάλογες του μεγέθους και του σχήματος του. Ένα τέτοιο αντικείμενο μπορεί να τραυματίσει γειτονικούς ιστούς αν βρίσκεται στο εσωτερικό του ανθρωπίνου σώματος. Η δεύτερη περιοχή είναι αυτή εκτός των

φυσικών ορίων του μαγνήτη και είναι ένα διαβαθμιζόμενο πεδίο. Χαρακτηρίζεται δηλαδή από μεταβαλλόμενη ένταση πεδίου ανάλογη της θέσης στο χώρο. Η ένταση αυτή μειώνεται κατά την απομάκρυνση από το μαγνήτη. Τα μεταλλικά αντικείμενα που βρίσκονται στην περιοχή αυτή μπορούν να υποστούν στρεπτικές ή μετατοπιστικές δυνάμεις. Μετατοπίζονται προς το κέντρο του πεδίου, δηλαδή στο σημείο με τη μεγαλύτερη ένταση. Όπως και στην πρώτη περιοχή έτσι και στη δεύτερη, μεταλλικά αντικείμενα στο εσωτερικό του σώματος θα υποστούν στρεπτικές αλλά και μετατοπιστικές δυνάμεις προς το κέντρο του μαγνήτη με αποτέλεσμα να τραυματίσουν γειτονικούς ιστούς, λόγω της έλξης από το μαγνήτη, με υψηλότερη επίδραση όσο το άτομο που φέρει το μεταλλικό αντικείμενο πλησιάζει στο κέντρο του μαγνήτη. Όταν πλέον ένα αντικείμενο φτάσει στο κέντρο του μαγνητικού πεδίου παύει να επιταχύνεται και σταματά. Η ένταση της μαγνήτισης και συνεπώς της έλξης των αντικειμένων εξαρτάται από το μέγεθος της έντασης του εκάστοτε μαγνητικού τομογράφου.

Χαρακτηριστικός είναι ο κίνδυνος που σχετίζεται με το στατικό μαγνητικό πεδίο. Μπορεί να προκύψει λόγω παρουσίας εμφυτευμάτων ή άλλων ξένων μεταλλικών σωμάτων. Συχνή παρανόηση είναι να θεωρούμαι ότι εμφυτεύματα από καθαρό ατσάλι δε θεωρούνται μαγνητικά. Τέτοια αντικείμενα μπορούν να δεχτούν μαγνητικές δυνάμεις με αποτέλεσμα την έλξη τους προς το κέντρο του μαγνήτη ή την εφαρμογή στρεπτικών δυνάμεων σε αυτά. Δυο τέτοια μεταλλικά αντικείμενα που συναντώνται συνήθως και μπορούν να επηρεασθούν από το μαγνητικό πεδίο και να τραυματίσουν ιστούς είναι τα χειρουργικά clips σε ανευρύσματα εγκεφάλου και τα μεταλλικά ξένα σώματα στον οφθαλμό. Δυστυχώς ατυχήματα από τα ξένα αυτά σώματα έχουν οδηγήσει σε τύφλωση με ένα μάλιστα ακόμη και σε θάνατο ασθενούς, προτού ταυτοποιηθούν ως μαγνητικά.

Πιο συγκρινόμενα, μεταλλικό clip έσχισε τη μέση εγκεφαλική αρτηρία προκαλώντας το θάνατο του ασθενούς. Στις μέρες μας τα clips που χρησιμοποιούνται κατασκευάζονται από υλικά ασφαλή για απεικόνιση σε μαγνητικούς τομογράφους, σε αντίθεση με τα παλαιότερα που κατασκευάζονταν από μαγνητικό ελατήριο χάλυβα. Επιπλέον ασθενείς με ενδοαυλικές προσθήσεις όπως ελάσματα, φίλτρα και μοσχεύματα, είναι ασφαλές να υποβληθούν σε εξέταση μαγνητικής τομογραφίας μετά τις έξι εβδομάδες από την τοποθέτησή τους. Αυτό γιατί θεωρείται ότι έχουν ενσωματωθεί σταθερά στα τοιχώματα των αγγείων μετά το πέρας των έξι εβδομάδων. Παρ' όλα αυτά πρέπει να καταγράφονται τα χαρακτηριστικά των εμφυτευμάτων και σε περίπτωση που δεν είμαστε σίγουροι για το υλικό κατασκευής τους να αποφευχθεί η εξέταση. Αντένδειξη θεωρείται η παρουσία οποιουδήποτε ηλεκτρικά ενεργού εμφυτεύματος. Γενικότερα εξετάζεται η ασφάλεια διαφόρων ιατρικών συσκευών όπως κοχλιακά εμφυτεύματα, μαγνητικά εμφυτεύματα οφθαλμικού κόγχου, νευροδιεγέρτες και βηματοδότες με τον FDA να διατηρεί αρχείο από ατυχήματα και αναφορές σε ασθενείς που τραυματίστηκαν λόγω τέτοιων συσκευών κατά την είσοδο τους στο περιφερικό μαγνητικό πεδίο μαγνητικών τομογράφων. Παράλληλα, άλλα αντικείμενα που μπορεί

να τους ασκηθεί ισχυρή μαγνητική δύναμη με αποτέλεσμα την έλξη τους προς το κέντρο του μαγνήτη είναι αυτά που λόγω μεγέθους ή μικρής απόστασης από το μαγνήτη ο άνθρωπος παύει να είναι ικανός να τα συγκρατήσει εκτός μαγνητικού πεδίου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι αυτά φιαλών οξυγόνου, μεταλλικών στατώ ορού, κουβιάδων σφουγγαρίσματος, ηλεκτρικών σκουπών ή άλλων ιατρικών εργαλείων τα οποία επιταχύνονται προς το κέντρο του μαγνήτη. Το αποτέλεσμα της έλξης μπορεί να είναι ο τραυματισμός ασθενή ή προσωπικού, η ακόμη και ο θάνατος. Περιστατικά καταγράφονται και σε αυτή την περίπτωση από τον FDA. Για την αποφυγή τους γίνεται σχολαστικός έλεγχος στα αντικείμενα που φέρουν στο χώρο του μαγνήτη οι ασθενείς και το προσωπικό καθώς επίσης και ο ιατρικός εξοπλισμός στο χώρο αυτό. Τέλος η πόρτα του μαγνήτη ιδανικά παραμένει κλειστή και τις στιγμές απουσίας των τεχνολόγων από το χώρο κλειδώνεται. Επιπρόσθετα, έχει καθιερωθεί η γραμμή των 5G'. Η γραμμή αυτή οριοθετεί την περιοχή του μαγνήτη η οποία έχει υψηλότερης έντασης μαγνητικό πεδίο από αυτό των 5G' ώστε να μπορεί να αδρανοποιήσει βηματοδότες. Ο περιορισμός αυτός εφαρμόζεται και στα τρία επίπεδα λόγω της τρισδιάστατης φύσης του μαγνητικού πεδίου και εξαρτάται από τη θέση της ισοκεντρικής γραμμής και την ένταση του πεδίου, όπως ορίζει η εταιρία που έχει κατασκευάσει τον μαγνητικό τομογράφο. Συνεπώς με την κατάλληλη σήμανση απαγορεύεται η πρόσβαση περιφερικά του τομογράφου αλλά και στον επάνω ή και κάτω όροφο από αυτόν εάν χρειάζεται. Η σήμανση πρέπει να αναφέρει την πιθανότητα τραυματισμού ή και την πρόκληση θανάτου σε περίπτωση εισαγωγής σιδηρομαγνητικών υλικών στο χώρο του μαγνήτη, σε συνδυασμό με προειδοποιήσεις για πιθανή απενεργοποίηση βηματοδότη ή ηλεκτρονικών εμφυτευμάτων και πιθανές βλάβες σε μαγνητικές συσκευές όπως πιστωτικές κάρτες, ρολόγια, κάμερες.

Τέλος, μπορεί να υπάρξει κίνδυνος σχετικός με τις ραδιοσυχνότητες. Κίνδυνος που συχνά παραβλέπεται είναι αυτός της θέρμανσης των ιστών και κατ' επέκταση η πρόκληση εγκαυμάτων, λόγω της επίδρασης των ραδιοσυχνοτήτων. Τα εγκαύματα αυτά προκαλούνται στην πλειοψηφία τους από αγωγούς και καλώδια συσκευών παρακολούθησης ασθενών που έρχονται άμεσα σε επαφή με το σώμα τους. Η ποσότητα θέρμανσης των ιστών αυτών μεταβάλλεται σύμφωνα με τη μάζα, την αγωγιμότητα και τη θερμοχωρητικότητα του εξεταζομένου ανατομικού θέματος, το επίπεδο αιμάτωσής του, τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, την κυκλοφορία του αέρα, το είδος της ακολουθίας και την συχνότητα των ραδιοπαλμών. Ο FDA έχει ορίσει συγκεκριμένες μέγιστες τιμές εναπόθεση της ενέργειας για τους ιστούς, την τιμή SAR (specific absorption rate). Η τιμή αυτή μετριέται σε watts ανά χιλιόγραμμο βάρους σώματος (W/Kg). Σαν γενικός κανόνας ισχύει ότι η θερμοκρασία του σώματος μπορεί να μεταβληθεί έως 1°C. Πιο συγκεκριμένα η τιμή SAR δεν πρέπει να υπερβαίνει τα α) 4 W/Kg κατά μέσο όρο σε όλο το σώμα για κάθε χρονικό διάστημα 15 λεπτών, β) 3 W/Kg κατά μέσο όρο στην κεφαλή για διάστημα 10 λεπτών, ή 8 W/Kg σε κάθε

γραμμάριο ιστού στην κεφαλή και τον κορμό ή 12 W/Kg σε κάθε γραμμάριο ιστού στα άκρα για χρονικό διάστημα 5 λεπτών.

Χαρακτηριστική συνέπεια της θέρμανσης των ιστών λόγω των ραδιοσυχνοτήτων είναι τα εγκαύματα που έρχονται σε επαφή με γυμνούς ιστούς ή και φυσαλίδες στο δάχτυλο του εξεταζομένου από μετρητή παλμών και οξυγόνου μη συμβατό με το μαγνήτη. Τα πηνία επιφανείας μπορούν επίσης να προκαλέσουν θέρμανση με τη μέθοδο της επαγωγής όταν το κύκλωμα αποσύνδεσης δε λειτουργήσει. Ακόμη, μπορεί να προκληθούν εγκαύματα ή φυσαλίδες λόγω δημιουργίας βρόγχων εξαιτίας της επαφής των άνω ή κάτω άκρων, ή σε πιο σπάνιες περιπτώσεις θέρμανση που οφείλεται σε αγωγή υλικά όπως: τατουάζ, χρώματα βλεφάρων με υλικά τατουάζ και κάποια κοσμητικά υλικά. Για την πρόληψη και την αποφυγή πιθανών εγκαυμάτων πρέπει να απομακρύνουμε σημεία του σώματος που μπορεί να έρχονται σε επαφή και να μονώνουμε καλώδια συσκευών παρακολούθησης ασθενών με σεντόνια ή άλλα υλικά.

Για τη σωστή λειτουργία του τμήματος του μαγνητικού τομογράφου πρέπει να υπάρχει ένα ερωτηματολόγιο το οποίο θα απαντάται από τον ασθενή που πρόκειται να εξεταστεί ή τον συνοδό του πριν γίνει η εξέταση. Στο ερωτηματολόγιο αυτό πρέπει να αναφέρεται ο τύπος κάθε προηγούμενης χειρουργικής επέμβασης, να αναδεικνύει την παρουσία εμφυτευμάτων ή και μεταλλικών ξένων σωμάτων/ προθέσεων, πιθανότητα εγκυμοσύνης ή άλλων ειδικών ιατρικών καταστάσεων που μπορεί να σχετίζονται με την εξέταση. Το ερωτηματολόγιο επίσης πρέπει να περιλαμβάνει ένα διάγραμμα του ανθρώπινου σώματος που επιτρέπει σε ασθενείς με περιορισμένες γραπτές ή προφορικές δυνατότητες να δείξουν προηγούμενα χειρουργεία ή τη θέση κάποιου μεταλλικού ξένου σώματος μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Υπεύθυνος για τον έλεγχο αυτού είναι ο χειριστής του μαγνητικού τομογράφου ο οποίος αποφασίζει αν είναι ασφαλές για τον εκάστοτε ασθενή να πραγματοποιήσει την εξέταση. Επιπλέον μπορεί να κάνει διευκρινιστικές ερωτήσεις σχετικές με τις απαντήσεις που έχει λάβει μέχρι εκείνη τη στιγμή. Σε περίπτωση κάποιας αμφιβολίας η εξέταση αναβάλλεται και ελέγχεται η παρουσία ξένων σωμάτων που μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμό στον ασθενή με τη λήψη ακτινογραφίας ή τη διενέργεια αξονικής τομογραφίας και σε συνεννόηση με τον ακτινολόγο γιατρό του τμήματος αποφασίζεται αν θα πραγματοποιηθεί η εξέταση. Εφόσον κριθεί εφικτή η πραγματοποίηση της εξέτασης, ο ασθενής για λόγους ασφαλείας αφαιρεί τα υποδήματά του και τα ρούχα του, όλα τα μεταλλικά αντικείμενα που φέρει όπως τσιμπιδάκια, καρφίτσες, κοσμήματα κ.α. Σε περίπτωση που φοράει εσώρουχο με κάποιο μεταλλικό στοιχείο θα πρέπει να το αφαιρέσει και αυτό και να φορέσει μια ρόμπα του νοσοκομείου ή του χειρουργείου. Εάν υπάρχει αμφιβολία για κάποιο αντικείμενο μπορεί να εξεταστεί με τη χρήση ενός μικρού μαγνήτη αν αποτελεί σιδηρομαγνητικό υλικό. Απόλυτη αντένδειξη για εξέταση μαγνητικής τομογραφίας θεωρείται η παρουσία ενεργής ηλεκτρονικής συσκευής μέσα στο σώμα όπως: καρδιακός βηματοδότης, κοχλιακό εμφύτευμα, διεγέρτης νεύρων

ή οστών, η παρουσία χειρουργικού clip σε ανεύρυσμα του εγκεφάλου, μεταλλικού ξένου σώματος στον οφθαλμό, σιδηρομαγνητικών ξένων σωμάτων, μαγνητικές προθέσεις στους κόγχους ή άλλη οποιαδήποτε μη γνωστή συσκευή. Γενικά, ορθοπεδικά υλικά, εξωκρανιακά χειρουργικά clips, συνδετήρες και σύρματα στο σώμα (αποκλείοντας αυτά για ανευρύσματα του εγκεφάλου) ενδαγγειακές προσθέσεις, μεταλλικά ελάσματα και φίλτρα και πρακτικά όλες οι οδοντιατρικές συσκευές είναι γενικά ασφαλή και δεν αποτελούν κίνδυνο για τον ασθενή. Παρόλο που θεωρούνται επικίνδυνα είναι σημαντικό να επιβεβαιωθεί η ασφάλεια τους για κάθε μια περίπτωση λαμβάνοντας υπόψιν επίσημες ιατρικές καταγραφές ή εγχειρίδια των εταιριών που τα κατασκευάζουν. Επιπλέον είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι αν και ακίνδυνα μπορούν να προκαλέσουν artifacts (ψευδενδείξεις) με αποτέλεσμα κακή απεικόνιση της περιοχής. Είναι σημαντικό το προσωπικό του τμήματος να είναι εκπαιδευμένο κατάλληλα ώστε να γνωρίζει και να μπορεί να κρίνει ορθά εάν είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια η κάθε εξέταση ανάλογα με τα αντικείμενα που φέρει ο ασθενής χωρίς να ακυρώσει άδικα μια εξέταση.

Σχετικά με τις εγκυμονούσες ασθενείς η εξέταση μαγνητικής τομογραφίας προτείνεται ως απεικονιστική μέθοδος για την αποφυγή έκθεσής τους σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Σύμφωνα με το Αμερικανικό Κολέγιο Ακτινολογίας δεν υπάρχουν ενδείξεις για ανεπιθύμητες επιδράσεις στο έμβρυο.

Παρόλα αυτά η εξέταση



Εικόνα 6: Προειδοποιητική πινακίδα για την ασφάλεια στο μαγνητικό τομογράφο. Πηγή: (προσωπικό αρχείο)

πραγματοποιείται κατόπιν συνεννόησης με τον υπεύθυνο ακτινολόγο γιατρό. Αναφερόμενοι στην εγκυμοσύνη των γυναικών του προσωπικού του τμήματος και σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στις ΗΠΑ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές σε αυτόματες αποβολές, στειρότητα ή πρόωρους τοκετούς.

2.1 Στοιχεία Ανατομίας.

Το μυοσκελετικό σύστημα αποτελείται από τον ερειστικό ιστό και τον μυϊκό ιστό. Ο *Ερειστικός Ιστός* περιλαμβάνει μεσοκυττάρια ουσία και λίγα κύτταρα και είναι υπεύθυνος για τη στήριξη των ανατομικών δομών του ανθρώπινου σώματος. Αποτελείται από συνδετικό, χόνδρινο και οστίτη ιστό. Σύμφωνα με ιατρική εγκυκλοπαίδεια ο συνδετικός ιστός έχει συγκριτικά λίγα κύτταρα. Το κύριο μέρος του αποτελείται από μεσοκυττάρια ουσία ή θεμέλια ουσία, η οποία προσδίδει σε κάθε τύπο συνδετικού ιστού τις ειδικές του ιδιότητες. Η αγγειακή παροχή ποικίλλει: χόνδρος - καμία, ινώδης και λιπώδης ιστός- πτωχή και οστικός - πλούσια. Ο συνδετικός ιστός περιλαμβάνει τους ακόλουθους τύπους: χαλαρός συνδετικός, λιπώδης, ινώδης, ελαστικός, δικτυωτός, χόνδρινος και οστίτης. Το αίμα μπορεί επίσης να θεωρηθεί σαν συνδετικός ιστός. Ο χόνδρινος ιστός έχει συνδετικό-στηρικτικό ρόλο, είναι συμπαγής αλλά εύκαμπτος και είναι υπεύθυνος για την υποστήριξη μαλακών ιστών, την εξασφάλιση ολισθηρής επιφάνειας για τις αρθρώσεις και συμμετέχει στην ανάπτυξη και αύξηση των μακρών οστών. Αποτελείται από χονδροβλάστες και χονδροκύτταρα ενώ συναντάται με τις ακόλουθες μορφές: Υαλοειδής χόνδρος, Ελαστικός χόνδρος και Ινώδης χόνδρος. Ο οστίτης ιστός έχει εξειδικευμένο στηρικτικό και συνδετικό ρόλο και χαρακτηρίζεται από σκληρή σύσταση και ακαμψία, λόγω παρουσίας αλάτων ασβεστίου στην εξωκυττάρια θεμέλια ουσία. Οι λειτουργίες του είναι η μηχανική στήριξη (πλευρές), η κίνηση του σώματος (μακρά οστά), η προστασία των ευαίσθητων οργάνων (εγκέφαλος) και χρησιμεύει ως μεταβολική αποθήκη για τα άλατα.

Οι αρθρώσεις αποτελούν τη σύνδεση δύο ή περισσότερων οστών με τη συμμετοχή ενός μαλακότερου ιστού. Ανάλογα με το είδος αυτού του ιστού και τον τρόπο συμμετοχής του, καθορίζεται η κινητικότητα των οστών που συνδέονται. Διακρίνονται σε διαρθρώσεις, συναρθρώσεις και αμφιαρθρώσεις. Οι διαρθρώσεις είναι ο συνηθέστερος τύπος άρθρωσης και παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη ελευθερία κίνησης όπως: κάμψη, έκταση, προσαγωγή, απαγωγή και στροφή. Χαρακτηριστικές τέτοιες αρθρώσεις είναι αυτή του γόνατος, του ώμου και του αγκώνα. Οι συναρθρώσεις είναι ο τύπος άρθρωσης στον οποίο δεν παρουσιάζεται σχεδόν καμία κίνηση, με χαρακτηριστικές αυτές, των ραφών του κρανίου. Οι αμφιαρθρώσεις είναι αρθρώσεις με πολύ περιορισμένες κινήσεις που καταλαμβάνουν μία μέση θέση μεταξύ ευκίνητων διαρθρώσεων και ακίνητων συναρθρώσεων. Διακρίνονται σε τυπικές και σε διαρθρο-αμφιαρθρώσεις. Χαρακτηριστικές είναι αυτές της ηβικής σύμφυσης, της ιερολαγόνιας άρθρωσης και μεταξύ των σωμάτων των σπονδύλων. Οι αρθρώσεις αποτελούνται από κύρια και επικουρικά μέρη. Τα κύρια μέρη είναι οι αρθρικές επιφάνειες, ο αρθρικός θύλακας και η αρθρική κοιλότητα. Οι αρθρικές επιφάνειες είναι οι επιφάνειες των οστών που έρχονται σε επαφή, είναι λείες και έχουν τέτοια αντιστοιχία, ώστε να εφαρμόζουν συνήθως η μία στην άλλη. Δεν περιβάλλονται από περίοστεο αλλά από στρώμα χόνδρου, τον αρθρικό χόνδρο. Ο αρθρικός θύλακας, αποτελείται από συνδετικό

ιστό και περιβάλλει τα οστά κοντά στις αρθρικές επιφάνειες. Η αρθρική κοιλότητα είναι ο κλειστός χώρος που βρίσκεται ανάμεσα στις αρθρικές επιφάνειες και στον αρθρικό θύλακα. Περιέχει αρθρικό υγρό, το οποίο διευκολύνει την ολίσθηση των αρθρικών επιφανειών. Στα επικουρικά μέρη μιας διάρθρωσης συμπεριλαμβάνονται οι σύνδεσμοι, οι επιχείλιοι χόνδροι και οι διάρθριοι χόνδροι.

Οι σύνδεσμοι είναι ταινίες από παχύ συνδετικό ιστό, που συγκρατούν τα αρθρούμενα οστά μεταξύ τους και καθορίζουν την κατεύθυνση των κινήσεων. Οι επιχείλιοι χόνδροι είναι δακτύλιοι από χόνδρινο ιστό, που περιβάλλουν τα άκρα της αρθρικής επιφάνειας και αυξάνουν το μέγεθος της. Τέλος, οι διάρθριοι χόνδροι ή μηνίσκοι είναι πλάκες χόνδρινου ιστού, που βρίσκονται σε ορισμένες αρθρικές κοιλότητες, ιδιαίτερα όταν οι αρθρικές επιφάνειες δεν εναρμονίζονται μεταξύ τους, όπως συμβαίνει στην άρθρωση του γόνατου.

Οι μύες του σώματος θα μπορούσαν να χωριστούν σε:

1. Μύες του τραχήλου: Θυρεοϋοειδής, Ωμοϋοειδής, Στερνοϋοειδής, Στερνοκλειδομαστοειδής, Τραπεζοειδής και Σκάληνοι.
2. Μύες του κορμού: Μεσοπλεύριοι, Μείζων Θωρακικός, Πρόσθιος Οδοντωτός, Έξω και Έσω Λοξός και Ορθός Κοιλιακός.
3. Μύες της ράχης: τραπεζοειδής και πλατύς ραχιαίος.
4. Μύες του άνω άκρου: δελτοειδής, υπακάνθιος, μείζων στρογγύλος, τρικέφαλος, αγκωνιαίος, ωλένιος καμπτήρας του καρπού, ωλένιος εκτείνων τον καρπό, κοινός εκτείνων τους δακτύλους, υποπλάτιος, δικέφαλος, κορακοβραχιόνιος, βραχιόνιος, βραχιονοκερκιδικός, κερκιδικός καμπτήρας του καρπού, μακρός παλαμικός, ωλένιος καμπτήρας του καρπού, επιπολής καμπτήρας των δακτύλων.
5. Μύες του κάτω άκρου (πρόσθια επιφάνεια): λαγονοψοίτης, λαγόνιος, τείνων την πλατιά περιτονία, ραπτικός, κτενίτης, μακρός προσαγωγός, ισχνός, ορθός μηριαίος, έξω-έσω-μέσος πλατύς, τετρακέφαλος, πρόσθιος κνημιαίος, μακρός εκτείνων τους δακτύλους, μακρός περονιαίος και βραχύς περονιαίος.
6. Μύες του κάτω άκρου (οπίσθια επιφάνεια): μεγάλος γλουτιαίος, δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης, ημιυμενώδης, δικέφαλος γαστροκνήμιος, μακρός πελματικός, υποκνημίδιος και λαγονοκνημιαία ταινία.

2.2 Μαγνητική Τομογραφία Μυοσκελετικού.

Η *Μαγνητική Τομογραφία* βασίζεται στην επίδραση ισχυρού μαγνητικού πεδίου στα πρωτόνια των ιστών. Λαμβάνουμε εικόνες με προσανατολισμό T1, T2 ή πυκνότητας πρωτονίων (PD) ενώ μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και ακολουθίες για καταστολή του σήματος του λίπους, ώστε να αυξήσουμε την αντίθεση των ιστών. Σε ακολουθίες T1 προσανατολισμού το λίπος εμφανίζεται άσπρο, εξαιτίας της υψηλής έντασης σήματος. Σε ακολουθίες T2 προσανατολισμού τα υγρά έχουν σήμα υψηλής έντασης, επομένως εμφανίζονται άσπρα σε αντίθεση με το λίπος, χαμηλότερης έντασης σήμα το οποίο εμφανίζεται γκρι. Επιπλέον ο οστικός φλοιός απεικονίζεται με σήμα χαμηλής έντασης (μαύρος) σε όλες τις ακολουθίες. Τέλος, ο οστικός μυελός στους ενήλικες ακολουθεί τα χαρακτηριστικά του λίπους. Η *Μαγνητική Τομογραφία* αποτελεί εξέταση εκλογής για την απεικόνιση παθήσεων σπονδυλικής στήλης και νωτιαίου μυελού, για την απεικόνιση παθολογίας οστικού μυελού, όπως οίδημα ή νεοπλασίες, για τη διερεύνηση κακώσεων και παθολογίας ενδοαρθρικών δομών όπως, επιχείλιου χόνδρου, αρθρικού χόνδρου, μηνίσκων και συνδέσμων. Επίσης χρησιμοποιείται για τη χαρτογράφηση και τον προ εγχειρητικό σχεδιασμό, νεοπλασμάτων μαλακών μορίων και οστών, για τη διάγνωση οστεομυελίτιδας και λοίμωξης μαλακών ιστών. Τέλος, χρησιμοποιείται για τη διάγνωση κακώσεων τενόντων, συνδέσμων και μυών για τη διερεύνηση αρθρίτιδας. Για τη μελέτη νεοπλασμάτων οστών ή μαλακών μορίων, φλεγμονών και λοιμώξεων όπως, φλεγμονώδεις αρθροπάθειες, οστεομυελίτιδα και αποστήματα, χορηγείται σκιαγραφικό μέσο ενδοφλέβια (παραμαγνητική ουσία). Για την ανίχνευση παθολογίας μικρών ενδοαρθρικών δομών όπως, η ρήξη επιχείλιων χόνδρων ή διαβρώσεις αρθρικού χόνδρου, το σκιαγραφικό μέσο χορηγείται ενδοαρθρικά ώστε να πετύχουμε μεγαλύτερη αντίθεση των ιστών.

2.3 Μαγνητική τομογραφία γόνατος.

Ενδείξεις:

1. Κατάγματα
2. Οξύ τραύμα
3. Οστεοχονδριτιδα
4. Οστεοχονδριακο κάταγμα
5. Μολύνσεις ή και νεοπλάσματα οστών, συνδέσμων ή μαλακών ιστών
6. Ρήξη συνδέσμων
7. Αγγειακές παθολογίες όπως ανεύρυσμα, εμφρακτο ή στένωση
8. Διαταραχές μηνίσκων
9. Αρθρικές παθολογίες όπως αρθρίτιδα και θυλακιτιδα
10. Εκ γενετής και αναπτυξιακές διαταραχές όπως δυσπλασία, βλαισό γόνατο
11. Παθολογίες του μυελού των οστών

12. Παθολογίες μυών και τενόντων όπως τενοντίτιδα, τενοντοπάθειες και ρήξεις

13. Μηχανικές παθολογίες.

Αντενδείξεις:

1. Οποιαδήποτε μαγνητική συσκευή ή ηλεκτρονικό εμφύτευμα όπως π.χ βηματοδότης και αντλία ινσουλίνης
2. Clip ενδοκρανιακού ανευρύσματος
3. Σιδηρομαγνητικά clips ή ράμματα
4. Μεταλλικά ξένα σώματα στο μάτι ή θραύσματα στο σώμα
5. Εγκυμοσύνη (η εξέταση γίνεται σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο γιατρό).

Τοποθέτηση: Ο ασθενής ξαπλώνει ύπτια με τα πόδια προς το κέντρο του μαγνήτη. Στη συνέχεια τοποθετούμε το γόνατο στο πηνίο γόνατος και το ακινητοποιούμε με μαξιλάρια. Παράλληλα, για άνεση του ασθενούς τοποθετούμε μαξιλάρια κάτω από τον αστράγαλο. Δίνουμε στον ασθενή ωτοασπίδες ή ακουστικά για τη μείωση του θορύβου και ένα κουμπί συναγερμού το οποίο μπορεί να πιέσει σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τέλος, επικεντρώνουμε πάνω από το κατώτερο όριο της επιγονατίδας.

Πρωτόκολλα και σχεδιασμός:

Ξεκινώντας γίνεται λήψη του *localiser* σε τρία επίπεδα και βάση αυτού θα σχεδιαστούν οι ακολουθίες. Οι εικόνες του *localiser* είναι T1 βαρύτητας και συνήθως η λήψη του κρατάει λιγότερο από 25 δευτερόλεπτα.

1) PD Fat Sat σε εγκάρσιο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο, επικεντρώνοντας τη μεσαία τομή παράλληλα με τη νοητή γραμμή που ενώνει τους μηριαίους κονδύλους. Ελέγχουμε η μεσαία τομή να είναι κάθετη με το οστό της κνήμης και το μηριαίο, στο οβελιαίο επίπεδο. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την περιοχή της άρθρωσης συμπεριλαμβανομένων των κονδύλων της κνήμης έως και το ανώτερο άκρο της επιγονατίδας. Χρησιμοποιείται φίλτρο αποκοπής επάνω και κάτω από το πακέτο των τομών και η κωδικοποίηση φάσης πραγματοποιείται με κατεύθυνση από δεξιά προς τα αριστερά για την αποφυγή τεχνικών σφαλμάτων λόγω παλμικής αρτηριακής κίνησης.

2) PD Fat Sat σε στεφανιαίο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε εγκάρσιο επίπεδο, επικεντρώνοντας τη μεσαία τομή παράλληλα με τη νοητή γραμμή που ενώνει τους μηριαίους κονδύλους. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και εγκάρσιο) ώστε το πακέτο των τομών να είναι παράλληλο με το οστό της κνήμης και το μηριαίο οστό. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την περιοχή της άρθρωσης από το άνω άκρο της επιγονατίδας έως τμήμα της

ιγνυακής αρτηρίας. Χρησιμοποιείται φίλτρο αποκοπής επάνω και κάτω από το πακέτο των τομών και η κωδικοποίηση φάσης πραγματοποιείται με κεφαλουραία κατεύθυνση.

3) T1 turbo spin echo (tse) σε οβελιαίο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε εγκάρσιο επίπεδο, επικεντρώνοντας τη μεσαία τομή παράλληλα με τον πρόσθιο χιαστό. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (εγκάρσιο και στεφανιαίο). Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου παραλληλίζεται το πακέτο των τομών με το οστό της κνήμης και το μηριαίο οστό. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την περιοχή της άρθρωσης από τον έσω έως τον έξω μηριαίο κόνδυλο.

Χρησιμοποιείται φίλτρο αποκοπής επάνω και κάτω από το πακέτο των τομών και η κωδικοποίηση φάσης πραγματοποιείται με κεφαλουραία κατεύθυνση.

4) T2 STIR σε οβελιαίο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε εγκάρσιο επίπεδο, επικεντρώνοντας τη μεσαία τομή παράλληλα με τον πρόσθιο χιαστό. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (εγκάρσιο και στεφανιαίο). Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου παραλληλίζεται το πακέτο των τομών με το οστό της κνήμης και το μηριαίο οστό. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την περιοχή της άρθρωσης από τον έσω έως τον έξω μηριαίο κόνδυλο.

Χρησιμοποιείται φίλτρο αποκοπής επάνω και κάτω από το πακέτο των τομών και η κωδικοποίηση φάσης πραγματοποιείται με κεφαλουραία κατεύθυνση.

2.4 Μαγνητική τομογραφία ποδοκνημικής άρθρωσης .

Ενδείξεις:

1. Παθολογίες του μυελού των οστών
2. Παθολογίες αχίλλειου τένοντα ή άλλων τενόντων
3. Αρθρικές παθολογίες όπως αρθρίτιδα, θυλακιτιδα και γαγγλιακή κύστη
4. Μολύνσεις οστών, συνδέσμων ή και μαλακών ιστών
5. Εκ γενετής και αναπτυξιακές διαταραχές όπως δυσπλασία και ταρσικός συνασπισμός
6. Νεοπλάσματα οστών, συνδέσμων ή μαλακών ιστών
7. Οστεοχονδριακές παθολογίες ή παθολογίες αρθρικού χόνδρου
8. Παθολογίες οπίσθιου κνημιαίου τένοντα
9. Παθολογίες περνιαίου τένοντα
10. Αγγειακή νέκρωση
11. Τμήμα ελεύθερου οστού ή χόνδρου ενδαρθρικά
12. Ινωμάτωση
13. Σύνδρομο ταρσιαίου σωλήνα
14. Πελματιαία απονευρωσιτιδα

Αντενδείξεις:

1. Οποιαδήποτε μαγνητική συσκευή ή ηλεκτρονικό εμφύτευμα όπως π.χ βηματοδότης και αντλία ινσουλίνης
2. Clip ενδοκρανιακού ανευρύσματος
3. Σιδηρομαγνητικά clips ή ράμματα
4. Μεταλλικά ξένα σώματα στο μάτι ή θραύσματα στο σώμα
5. Εγκυμοσύνη (η εξέταση γίνεται σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο γιατρό).

Τοποθέτηση: Ο ασθενής ξαπλώνει ύπτια με τα πόδια προς το κέντρο του μαγνήτη. Στη συνέχεια τοποθετούμε την ποδοκνημική άρθρωση στο πηνίο της ποδοκνημικής και το ακινητοποιούμε με μαξιλάρια ώστε το άκρο πόδι να σχηματίζει γωνία 90 μοιρών. Δίνουμε στον ασθενή ωτοασπίδες ή ακουστικά για τη μείωση του θορύβου και ένα κουμπί συναγερμού το οποίο μπορεί να πιέσει σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τέλος, επικεντρώνουμε πάνω από την άρθρωση του αστραγάλου.

Πρωτόκολλα και σχεδιασμός:

Ξεκινώντας γίνεται λήψη του *localiser* σε τρία επίπεδα και βάση αυτού θα σχεδιαστούν οι ακολουθίες. Οι εικόνες του *localiser* είναι T1 βαρύτητας και συνήθως η λήψη του κρατάει λιγότερο από 25 δευτερόλεπτα.

1) PD turbo spin echo (tse) σε εγκάρσιο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο, με το πακέτο των τομών να έχει κατάλληλη κλίση στο οβελιαίο επίπεδο ώστε να είναι παράλληλο με την ποδοκνημική άρθρωση. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και στεφανιαίο). Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την περιοχή της ποδοκνημικής τέσσερις τομές πάνω από την άρθρωση έως την κάτω επιφάνεια του άκρου ποδός.

2) T2 STIR σε εγκάρσιο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο, με το πακέτο των τομών να έχει κατάλληλη κλίση στο οβελιαίο επίπεδο ώστε να είναι παράλληλο με την ποδοκνημική άρθρωση. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και στεφανιαίο). Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την περιοχή της ποδοκνημικής τέσσερις τομές πάνω από την άρθρωση έως την κάτω επιφάνεια του άκρου ποδός.

3) T1 turbo spin echo (tse) σε οβελιαίο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε εγκάρσιο επίπεδο με το πακέτο των τομών κάθετο με τη νοητή γραμμή που ενώνει το έσω και το έξω σφυρό. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου δίνεται κλίση ώστε το πακέτο των τομών να είναι παράλληλο με το μηριαίο οστό. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την περιοχή της ποδοκνημικής από το έσω έως το έξω σφυρό.

4) T2 STIR σε οβελιαίο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε εγκάρσιο επίπεδο με το πακέτο των τομών κάθετο με τη νοητή γραμμή που ενώνει το έσω και το έξω σφυρό. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του στεφανιαίου

επιπέδου δίνεται κλίση ώστε το πακέτο των τομών να είναι παράλληλο με το μηριαίο οστό. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την περιοχή της ποδοκνημικής από το έσω έως το έξω σφυρό.

5) PD fat sat σε στεφανιαίο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε εγκάρσιο επίπεδο με το πακέτο των τομών παράλληλο με τη νοητή γραμμή που ενώνει το έσω και το έξω σφυρό. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου δίνεται κλίση ώστε το πακέτο των τομών να είναι παράλληλο με το μηριαίο οστό. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την περιοχή της ποδοκνημικής από τον αχίλλειο τένοντα έως το μέσο του άκρου ποδός.

2.5 Μαγνητική τομογραφία άρθρωσης του ισχίου.

Ενδείξεις:

1. Κατάγματα ισχίου
2. Τενοντίτιδα
3. Αρθρικές παθολογίες
4. Θυλακίτιδα
5. Μυικός τραυματισμός
6. Οστεοαρθρίτιδα
7. Φλεγμονώδης αρθρίτιδα
8. Εκφυλιστική αρθρίτιδα
9. Αγγειακή νέκρωση
10. Αξιολόγηση χόνδρου του ισχίου
11. Ρήξη κοτυλιαίου χόνδρου
12. Κυτταρίτιδα
13. Μυοσύτιδα
14. Επιφυσιολίσθηση μηριαίας κεφαλής

Αντενδείξεις:

1. Οποιαδήποτε μαγνητική συσκευή ή ηλεκτρονικό εμφύτευμα όπως π.χ βηματοδότης και αντλία ινσουλίνης
2. Clip ενδοκρανιακού ανευρύσματος
3. Σιδηρομαγνητικά clips ή ράμματα
4. Μεταλλικά ξένα σώματα στο μάτι ή θραύσματα στο σώμα
5. Εγκυμοσύνη (η εξέταση γίνεται σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο γιατρό).

Τοποθέτηση: Ο ασθενής ξαπλώνει ύπτια με το κεφάλι προς το κέντρο του μαγνήτη επάνω στο πηνίο της σπονδυλικής στήλης. Στη συνέχεια τοποθετούμε επάνω στην πύελο το πηνίο σώματος από τις λαγόνιες ακρολοφίες έως τη μέση των μηρών. Ακινητοποιούμε με ιμάντες το πηνίο ώστε να αποφευχθούν αναπνευστικά τεχνικά σφάλματα. Δίνουμε στον ασθενή ωτοασπίδες ή ακουστικά για τη μείωση του θορύβου και ένα κουμπί συναγερμού το οποίο μπορεί να πιέσει σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τέλος, επικεντρώνουμε πάνω από τις αρθρώσεις των ισχίων, περίπου 10cm κάτω από τις λαγόνιες ακρολοφίες.

Πρωτόκολλα και σχεδιασμός:

Ξεκινώντας γίνεται λήψη του *localiser* σε τρία επίπεδα και βάση αυτού θα σχεδιαστούν οι ακολουθίες. Οι εικόνες του *localiser* είναι T1 βαρύτητας και συνήθως η λήψη του κρατάει λιγότερο από 25 δευτερόλεπτα.

1) T1 turbo spin echo (tse) σε στεφανιαίο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε εγκάρσιο επίπεδο με το πακέτο των τομών παράλληλο με τη νοητή γραμμή που ενώνει τις μηριαίες κεφαλές. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου παραλληλίζεται το πακέτο των τόμων με το μηριαίο οστό. Το πακέτο των τόμων πρέπει να καλύπτει την περιοχή της άρθρωσης του ισχίου από το ισχιακό οστό έως την ηβική σύμφυση.

2) T2 STIR σε στεφανιαίο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε εγκάρσιο επίπεδο με το πακέτο των τομών παράλληλο με τη νοητή γραμμή που ενώνει τις μηριαίες κεφαλές. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου παραλληλίζεται το πακέτο των τόμων με το μηριαίο οστό. Το πακέτο των τόμων πρέπει να καλύπτει την περιοχή της άρθρωσης του ισχίου από το ισχιακό οστό έως την ηβική σύμφυση.

3) T1 turbo spin echo (tse) σε εγκάρσιο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο με το πακέτο των τομών παράλληλο με τη νοητή γραμμή που ενώνει τις μηριαίες κεφαλές. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και στεφανιαίο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου το πακέτο των τόμων τοποθετείται κάθετο στο μηριαίο οστό. Το πακέτο των τόμων πρέπει να καλύπτει την περιοχή της άρθρωσης του ισχίου από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα έως τον μείζονα τροχαντήρα.

4) T2 STIR σε εγκάρσιο επίπεδο: σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο με το πακέτο των τομών παράλληλο με τη νοητή γραμμή που ενώνει τις μηριαίες κεφαλές. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και στεφανιαίο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου το πακέτο των τόμων τοποθετείται κάθετο στο μηριαίο οστό. Το πακέτο των τόμων πρέπει να καλύπτει την περιοχή της άρθρωσης του ισχίου από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα έως τον ελάσσονα τροχαντήρα.

5) T2 turbo spin echo (tse) σε οβελιαίο επίπεδο στο υπό διερεύνηση ισχίο: σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο με το πακέτο των τόμων παράλληλο με το μηριαίο οστό. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του εγκάρσιου επιπέδου το πακέτο των τόμων τοποθετείται κάθετα στην κεφαλή του μηριαίου οστού. Το πακέτο των τόμων πρέπει να καλύπτει την περιοχή της άρθρωσης του ισχίου από την εξωτερική επιφάνεια του μείζονα τροχαντήρα έως και το εσωτερικό τμήμα της κοτύλης.

6) PD fat sat oblique σε εγκάρσιο επίπεδο στο υπό διερεύνηση ισχίο: σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο με το πακέτο των τόμων παράλληλο στον αυχένα του μηριαίου οστού. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και στεφανιαίο). Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου το πακέτο των τόμων τοποθετείται κάθετο στην κεφαλή του μηριαίου οστού.

Στη συγκεκριμένη εξέταση χρησιμοποιείται η (5) και (6) ακολουθία ξεχωριστά για την άρθρωση που χρήζει εξέτασης, ή συμπληρωματικά και στις δυο αρθρώσεις, εξετάζοντας και επικεντρώνοντας όμως την κάθε μια ξεχωριστά.

2.6 Μαγνητική τομογραφία αγκώνα.

Ενδείξεις:

1. Παθολογίες του μυελού των οστών
2. Αρθρικές παθολογίες όπως αρθρίτιδα, θυλακιτιδα και γαγγλιακή κύστη
3. Μολύνσεις οστών, συνδέσμων ή και μαλακών ιστών
4. Νεοπλάσματα οστών, συνδέσμων ή μαλακών ιστών
5. Αγγειακή νέκρωση
6. Ρήξη συνδέσμου
7. Μάζες μαλακών μορίων
8. Κρυφό κάταγμα
9. Παιδιατρικά κατάγματα
10. Εκτίμηση ελεύθερου οστού, χόνδρου ενδαρθρικά ή εκ γενετής ανωμαλιών
11. Παγίδευση νεύρου

Αντενδείξεις:

1. Οποιαδήποτε μαγνητική συσκευή ή ηλεκτρονικό εμφύτευμα όπως π.χ βηματοδότης και αντλία ινσουλίνης
2. Clip ενδοκρανιακού ανευρύσματος
3. Σιδηρομαγνητικά clips ή ράμματα
4. Μεταλλικά ξένα σώματα στο μάτι ή θραύσματα στο σώμα

5. Εγκυμοσύνη (η εξέταση γίνεται σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο γιατρό).

Τοποθέτηση: Ο ασθενής ξαπλώνει ύπτια με το κεφάλι προς το κέντρο του μαγνήτη. Στη συνέχεια τοποθετούμε την άρθρωση του αγκώνα στο μικρό flex πηνίο και το ακινητοποιούμε με μαξιλάρια. Δίνουμε στον ασθενή ωτοασπίδες ή ακουστικά για τη μείωση του θορύβου και ένα κουμπί συναγερμού το οποίο μπορεί να πιέσει σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τέλος, επικεντρώνουμε πάνω από την άρθρωση του αγκώνα.

Πρωτόκολλα και σχεδιασμός:

Ξεκινώντας γίνεται λήψη του *localiser* σε τρία επίπεδα και βάση αυτού θα σχεδιαστούν οι ακολουθίες. Οι εικόνες του *localiser* είναι T1 βαρύτητας και συνήθως η λήψη του κρατάει λιγότερο από 25 δευτερόλεπτα. Λόγω συχνής αδυναμίας συνεργασίας του εξεταζόμενου ασθενή μπορεί να γίνει λήψη επιπλέον *localisers* αν αυτό κριθεί αναγκαίο.

1) T1 turbo spin echo (tse) σε εγκάρσιο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο. Το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο με τη νοητή γραμμή που ενώνει τους επικόνδρους του βραχιόνιου οστού. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και στεφανιαίο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται κάθετο στον άξονα του βραχιονίου και της ωλένης. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει την άρθρωση του αγκώνα, ξεκινώντας με δύο τομές πάνω από το ωλέκραιο έως δύο τομές κάτω από το ωλένιο όγκωμα.

2) T2* medic σε εγκάρσιο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο. Το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο με τη νοητή γραμμή που ενώνει τους επικόνδρους του βραχιόνιου οστού. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και στεφανιαίο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται κάθετο στον άξονα του βραχιονίου και της ωλένης. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει την άρθρωση του αγκώνα, ξεκινώντας με δύο τομές πάνω από το ωλέκραιο έως δύο τομές κάτω από το ωλένιο όγκωμα.

3) T1 turbo spin echo (tse) σε στεφανιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο. Το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο με τη νοητή γραμμή που ενώνει τους επικόνδρους του βραχιόνιου οστού. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο στον άξονα του βραχιονίου και της ωλένης. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την άρθρωση του αγκώνα από την εμπρόσθια έως την οπίσθια επιφάνειά της.

4) T2 STIR σε στεφανιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο. Το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο με τη νοητή γραμμή που ενώνει τους επικόνδρους του βραχιόνιου οστού. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο στον άξονα του βραχιονίου και της ωλένης. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την άρθρωση του αγκώνα από την εμπρόσθια έως την οπίσθια επιφάνειά της.

5) T2* medic σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο. Το πακέτο των τομών τοποθετείται κάθετο στην νοητή γραμμή που ενώνει τους επικονδύλους του βραχιονίου οστού. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο στον άξονα του βραχιονίου και της ωλένης. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει την άρθρωση του αγκώνα από την εξωτερική έως την εσωτερική επιφάνειά της.

2.7 Μαγνητική τομογραφία πηγεοκαρπικής άρθρωσης.

Ενδείξεις:

1. Παθολογίες του μυελού των οστών
2. Αρθρικές παθολογίες όπως αρθρίτιδα, θυλακιτιδα και γαγγλιακή κύστη
3. Μολύνσεις οστών, συνδέσμων ή και μαλακών ιστών
4. Νεοπλάσματα οστών, συνδέσμων ή μαλακών ιστών
5. Αγγειακή νέκρωση
6. Ρήξη συνδέσμου
7. Μάζες μαλακών μορίων
8. Κρυφό κάταγμα
9. Παιδιατρικά κατάγματα
10. Σύνδρομο καρπιαίου σωλήνα
11. Κάταγμα σκαφοειδούς
12. Γαγγλιακή κύστη

Αντενδείξεις:

1. Οποιαδήποτε μαγνητική συσκευή ή ηλεκτρονικό εμφύτευμα όπως π.χ βηματοδότης και αντλία ινσουλίνης
2. Clip ενδοκρανιακού ανευρύσματος
3. Σιδηρομαγνητικά clips ή ράμματα
4. Μεταλλικά ξένα σώματα στο μάτι ή θραύσματα στο σώμα
5. Εγκυμοσύνη (η εξέταση γίνεται σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο γιατρό).

Τοποθέτηση: Ο ασθενής ξαπλώνει σε πρηνή θέση με το κεφάλι προς το κέντρο του μαγνήτη και το άκρο με την πάσχουσα άρθρωση ευθεία πάνω από το κεφάλι του ώστε ο καρπιαίος σωλήνας να βρίσκεται στο κάτω μέρος της εικόνας. Κάτω από το στήθος του ασθενή μπορούμε να τοποθετήσουμε μαξιλάρια για περισσότερη άνεση. Στη συνέχεια τοποθετούμε την άρθρωση σε μικρό flex πηνίο και την ακινητοποιούμε με μαξιλάρια. Δίνουμε στον ασθενή ωτοασπίδες ή

ακουστικά για τη μείωση του θορύβου και ένα κουμπί συναγερμού το οποίο μπορεί να πιέσει σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τέλος, επικεντρώνουμε πάνω από την πηγεοκαρπική άρθρωση.

Πρωτόκολλα και σχεδιασμός:

Ξεκινώντας γίνεται λήψη του *localiser* σε τρία επίπεδα και βάση αυτού θα σχεδιαστούν οι ακολουθίες. Οι εικόνες του *localiser* είναι T1 βαρύτητας και συνήθως η λήψη του κρατάει λιγότερο από 25 δευτερόλεπτα. Λόγω συχνής αδυναμίας συνεργασίας του εξεταζόμενου ασθενή μπορεί να γίνει λήψη επιπλέον *localisers* αν αυτό κριθεί αναγκαίο.

1) T2* medic σε εγκάρσιο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο στεφανιαίο επίπεδο. Το πακέτο των τομών τοποθετείται κάθετο στην πηγεοκαρπική άρθρωση, με τις τομές να ξεκινούν από το κατώτερο τμήμα του αντιβράχιου και καταλήγοντας προς τις φάλαγγες. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και οβελιαίο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου, το πακέτο των τομών τοποθετείται κάθετο στην πηγεοκαρπική άρθρωση. Το πακέτο των τομών πρέπει να περιέχει τις καρπομετακαρπιες αρθρώσεις με περιθώριο τουλάχιστον δυο τόμων και να εκτείνεται έως και δυο τομές πάνω από τη στυλοειδή απόφυση της ωλένης.

2) T2 STIR σε στεφανιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο, με το πακέτο των τόμων να είναι παράλληλο με τον άξονα που σχηματίζουν τα κεντρικά οστά του καρπού. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (εγκάρσιο και οβελιαίο). Οι τομές πρέπει να είναι επίσης παράλληλες και με τον άξονα που εκτείνεται από το εγγύς προς το περιφερικό τμήμα της πηγεοκαρπικής άρθρωσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει ολόκληρη την άρθρωση από τη πρόσθια έως την οπίσθια επιφάνειά της.

3) T1 turbo spin echo (tse) σε στεφανιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο, με το πακέτο των τόμων να είναι παράλληλο με τον άξονα που σχηματίζουν τα κεντρικά οστά του καρπού. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (εγκάρσιο και οβελιαίο). Οι τομές πρέπει να είναι επίσης παράλληλες και με τον άξονα που εκτείνεται από το εγγύς προς το περιφερικό τμήμα της πηγεοκαρπικής άρθρωσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει ολόκληρη την άρθρωση από τη πρόσθια έως την οπίσθια επιφάνειά της.

4) T2* medic σε στεφανιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο, με το πακέτο των τόμων να είναι παράλληλο με τον άξονα που σχηματίζουν τα κεντρικά οστά του καρπού. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (εγκάρσιο και οβελιαίο). Οι τομές πρέπει να είναι επίσης παράλληλες και με τον άξονα που εκτείνεται από το εγγύς προς το περιφερικό τμήμα της πηγεοκαρπικής άρθρωσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει ολόκληρη την άρθρωση από τη πρόσθια έως την οπίσθια επιφάνειά της.

5) T2 STIR σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο με το πακέτο των τόμων κάθετο στον άξονα που σχηματίζουν τα κεντρικά οστά του καρπού. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (εγκάρσιο και στεφανιαίο). Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου το πακέτο των τομών παραλληλιζείται με τον άξονα που εκτείνεται από το εγγύς προς το

περιφερικό τμήμα της πηγεοκαρπικής άρθρωσης. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν την άρθρωση από την εξωτερική έως την εσωτερική επιφάνειά της.

2.8 Μαγνητική τομογραφία ώμου.

Ενδείξεις:

1. Παθολογίες του μυελού των οστών
2. Αρθρικές παθολογίες όπως αρθρίτιδα, θυλακιτιδα και γαγγλιακή κύστη
3. Μολύνσεις οστών, συνδέσμων ή και μαλακών ιστών
4. Νεοπλάσματα οστών, συνδέσμων ή μαλακών ιστών
5. Αγγειακή νέκρωση
6. Παγίδευση νεύρου
7. Ρήξη συνδέσμου
8. Κρυφό κατάγμα
9. Μάζες μαλακών μορίων
10. Παιδιατρικά κατάγματα
11. Έλεγχος για ελεύθερα σώματα ενδαρθρικά
12. Έλεγχος ανωμαλιών των χόνδρων

Αντενδείξεις:

1. Οποιαδήποτε μαγνητική συσκευή ή ηλεκτρονικό εμφύτευμα όπως π.χ βηματοδότης και αντλία ινσουλίνης
2. Clip ενδοκρανιακού ανευρύσματος
3. Σιδηρομαγνητικά clips ή ράμματα
4. Μεταλλικά ξένα σώματα στο μάτι ή θραύσματα στο σώμα
5. Εγκυμοσύνη (η εξέταση γίνεται σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο γιατρό).

Τοποθέτηση: Ο ασθενής ξαπλώνει σε ύπτια θέση με το κεφάλι προς το κέντρο του μαγνήτη. Στη συνέχεια τοποθετούμε την άρθρωση του ώμου στο πηνίο του ώμου και την ακινητοποιούμε με μαξιλάρια. Δίνουμε στον ασθενή ωτοασπίδες ή ακουστικά για τη μείωση του θορύβου και ένα κουμπί συναγερμού το οποίο μπορεί να πιέσει σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τέλος, επικεντρώνουμε πάνω από την άρθρωση του ώμου η διαφορετικά στο κέντρο του πηνίου.

Πρωτόκολλα και σχεδιασμός:

Ξεκινώντας γίνεται λήψη του *localiser* σε τρία επίπεδα και βάση αυτού θα σχεδιαστούν οι ακολουθίες. Οι εικόνες του *localiser* είναι T1 βαρύτητας και συνήθως η λήψη του κρατάει λιγότερο από 25 δευτερόλεπτα. Λόγω συχνής

αδυναμίας συνεργασίας του εξεταζόμενου ασθενή μπορεί να γίνει λήψη επιπλέον *localisers* αν αυτό κριθεί αναγκαίο.

1) T2* medic ή PD fat sat σε εγκάρσιο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο στεφανιαίο επίπεδο, με το πακέτο των τομών να τοποθετείται κάθετα στη γληνοβραχιόνια άρθρωση. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και στεφανιαίο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου, οι τομές τοποθετούνται κάθετες στην κεφαλή του βραχιονίου. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει την περιοχή του ώμου από την κορυφή της ακρωμιοκλειδικής άρθρωσης έως και δυο τομές κάτω από την έσω επιφάνεια του γληνοβραχιονίου συνδέσμου.

2) T1 turbo spin echo (tse) σε στεφανιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο. Το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο σε υπερανκάθνιο τένοντα, προσέχοντας να μη δοθεί κλίση πάνω από 45° ώστε να μην γίνει αλλαγή από εγκάρσιο σε οβελιαίο επίπεδο. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου οι τομές τοποθετούνται παράλληλες με τη κεφαλή του βραχιονίου. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει την περιοχή του ώμου από την πρόσθια επιφάνεια της κορακοειδούς απόφυσης έως και δύο τομές από την οπίσθια επιφάνεια της κεφαλής του βραχιονίου.

3) T2* medic ή PD fat sat σε στεφανιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο. Το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο σε υπερανκάθνιο τένοντα, προσέχοντας να μη δοθεί κλίση πάνω από 45° ώστε να μην γίνει αλλαγή από εγκάρσιο σε οβελιαίο επίπεδο. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου οι τομές τοποθετούνται παράλληλες με τη κεφαλή του βραχιονίου. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει την περιοχή του ώμου από την πρόσθια επιφάνεια της κορακοειδούς απόφυσης έως και δύο τομές από την οπίσθια επιφάνεια της κεφαλής του βραχιονίου.

4) T2 stir σε στεφανιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο. Το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο σε υπερανκάθνιο τένοντα, προσέχοντας να μη δοθεί κλίση πάνω από 45° ώστε να μην γίνει αλλαγή από εγκάρσιο σε οβελιαίο επίπεδο. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (οβελιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου οι τομές τοποθετούνται παράλληλες με τη κεφαλή του βραχιονίου. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει την περιοχή του ώμου από την πρόσθια επιφάνεια της κορακοειδούς απόφυσης έως και δύο τομές από την οπίσθια επιφάνεια της κεφαλής του βραχιονίου.

5) T2 TSE fat sat σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο εγκάρσιο επίπεδο με το πακέτο των τομών να τοποθετείται κάθετα στον υπερανκάθνιο τένοντα. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλο στη γληνοβραχιόνια άρθρωση. Οι τομές πρέπει να καλύπτουν όλη την άρθρωση του ώμου περιλαμβάνοντας το δελτοειδή μυ έως και δύο τομές προς το μέσο της ωμογλήνης.

2.9 Μαγνητική τομογραφία ΑΜΣΣ.

Ενδείξεις:

1. Επίμονος πόνος στον αυχένα ή ριζοπάθεια με συντηρητική αντιμετώπιση για διάστημα έξι εβδομάδων με ανεπιτυχή ή ανεπαρκή ανταπόκριση στη θεραπεία
2. Καρκίνος ή παρουσία όγκων στη σπονδυλική στήλη
3. Έλεγχος ή παρακολούθηση εκ γενετής ανωμαλιών της σπονδυλικής στήλης
4. Μυελοπάθεια, πολλαπλή σκλήρυνση ή παρουσία άλλου απομυελινωτικού νοσήματος
5. Κάκωση νωτιαίου μυελού ή μετατραυματικό νευρολογικό έλλειμμα
6. Μετεγχειρητική απεικόνιση με παρουσία νέων νευρολογικών παθήσεων
7. Εκ γενετής ή επίκτητες ανωμαλίες της σπονδυλικής στήλης σε παιδιά
8. Εκτίμηση σε υποψία κατάγματος ή γνωστό κάταγμα
9. Παρουσία συνεχούς πόνου άνω άκρου για διάστημα πέρα των έξι εβδομάδων
10. Μολυσματικές ή φλεγμονώδεις παθήσεις
11. Εκτίμηση η παρακολούθηση μυελοπάθειας
12. Παρακολούθηση προηγούμενης χειρουργικής επέμβασης
13. Εκτίμηση η παρακολούθηση συριγγίων
14. Βλάβες η τραύμα
15. Όγκος στο νωτιαίο μυελό
16. Φυματίωση σπονδυλικής στήλης.

Αντενδείξεις:

1. Οποιαδήποτε μαγνητική συσκευή ή ηλεκτρονικό εμφύτευμα όπως π.χ βηματοδότης και αντλία ινσουλίνης
2. Clip ενδοκρανιακού ανευρύσματος
3. Σιδηρομαγνητικά clips ή ράμματα
4. Μεταλλικά ξένα σώματα στο μάτι ή θραύσματα στο σώμα
5. Εγκυμοσύνη (η εξέταση γίνεται σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο γιατρό).

Τοποθέτηση: Ο ασθενής ξαπλώνει σε ύπτια θέση με το κεφάλι προς το κέντρο του μαγνήτη. Στη συνέχεια τοποθετούμε την αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στο πηνίο αυχένα / κεφαλής και ακινητοποιούμε τον ασθενή με μαξιλάρια. Μπορούμε να τοποθετήσουμε μαξιλάρια κάτω από τα πόδια για περαιτέρω άνεση. Δίνουμε στον ασθενή ωτοασπίδες ή ακουστικά για τη μείωση του θορύβου και ένα κουμπί συναγερμού το οποίο μπορεί να πιάσει σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τέλος, επικεντρώνουμε στο μέσο του αυχένα.

Πρωτόκολλα και σχεδιασμός:

Ξεκινώντας γίνεται λήψη του *localiser* σε τρία επίπεδα και βάση αυτού θα σχεδιαστούν οι ακολουθίες. Οι εικόνες του *localiser* είναι T1 βαρύτητας και συνήθως η λήψη του κρατάει λιγότερο από 25 δευτερόλεπτα.

Συμπληρωματικά μπορεί να γίνει λήψη *localiser* για το νωτιαίο μυελό ώστε να χρησιμοποιηθεί στο σωστό σχεδιασμό των ακολουθιών.

1) T2 turbo spin echo (tse) σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομείς στο εγκάρσιο επίπεδο με το πακέτο των τομών να τοποθετείται παράλληλα με το νωτιαίο μυελό.

Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του εγκάρσιου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλα στο νοητό άξονα που σχηματίζεται από την προέκταση της ακανθώδης απόφυσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους αυχενικούς σπονδύλους μέχρι το Θ4 και περιλαμβάνοντας ολόκληρη τη δεξιά και αριστερή εγκάρσια απόφυση.

2) T1 turbo spin echo (tse) σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομείς στο εγκάρσιο επίπεδο με το πακέτο των τομών να τοποθετείται παράλληλα με το νωτιαίο μυελό.

Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του εγκάρσιου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλα στο νοητό άξονα που σχηματίζεται από την προέκταση της ακανθώδης απόφυσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους αυχενικούς σπονδύλους μέχρι το Θ4 και περιλαμβάνοντας ολόκληρη τη δεξιά και αριστερή εγκάρσια απόφυση.

3) T2 turbo spin echo STIR σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομείς στο εγκάρσιο επίπεδο με το πακέτο των τομών να τοποθετείται παράλληλα με το νωτιαίο μυελό.

Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του εγκάρσιου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλα στο νοητό άξονα που σχηματίζεται από την προέκταση της ακανθώδης απόφυσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους αυχενικούς σπονδύλους μέχρι το Θ4 και περιλαμβάνοντας ολόκληρη τη δεξιά και αριστερή εγκάρσια απόφυση.

4) T2* medic σε εγκάρσιο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές σε οβελιαίο επίπεδο με το πακέτο των τομών κάθετο στο νωτιαίο μυελό. Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου, οι τομές παραλληλίζονται με τους μεσοσπονδύλιους δίσκους. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει ολόκληρη την αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης από τον Α2 έως το Θ1. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί η ύπαρξη δισκοκήλης τότε λαμβάνεται συμπληρωματικά ένα μικρότερο πακέτο τομών το οποίο επικεντρώνεται στο μεσοσπονδύλιο διάστημα που παρατηρείται η δισκοκήλη και περιλαμβάνει ολόκληρο το σώμα των εκατέρωθεν σπονδύλων.

5) T1 turbo spin echo (tse) σε εγκάρσιο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές σε οβελιαίο επίπεδο με το πακέτο των τομών κάθετο στο νωτιαίο μυελό. Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου, οι τομές παραλληλίζονται με τους μεσοσπονδύλιους δίσκους. Το πακέτο των τομών πρέπει να

καλύπτει ολόκληρη την αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης από τον Α2 έως το Θ1. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί η ύπαρξη δισκοκήλης τότε λαμβάνεται συμπληρωματικά ένα μικρότερο πακέτο τομών το οποίο επικεντρώνεται στο μεσοσπονδύλιο διάστημα που παρατηρείται η δισκοκήλη και περιλαμβάνει ολόκληρο το σώμα των εκατέρωθεν σπονδύλων.

2.10 Μαγνητική τομογραφία ΘΜΣΣ.

Ενδείξεις:

1. Επίμονος πόνος στο επάνω μέρος της πλάτης ή ριζοπάθεια με συντηρητική αντιμετώπιση για διάστημα έξι εβδομάδων με ανεπιτυχή ή ανεπαρκή ανταπόκριση στη θεραπεία
2. Μολυσματικές ή φλεγμονώδεις παθήσεις
3. Μυελοπάθεια, πολλαπλή σκλήρυνση ή παρουσία άλλου απομυελινωτικού νοσήματος
4. Πιθανή βλάβη νωτιαίου μυελού ή μετατραυματικό νευρολογικό έλλειμμα
5. Εκ γενετής ανωμαλίες νωτιαίου μυελού
6. Εκτίμηση ή παρακολούθηση φλεγμονής του κεντρικού νευρικού συστήματος ή των μηνίγγων
7. Εκτίμηση ή παρακολούθηση όγκων του κεντρικού νευρικού συστήματος ή των μηνίγγων
8. Εκτίμηση ή παρακολούθηση συμπίεσης του νωτιαίου μυελού
9. Αγγειακές βλάβες της σπονδυλικής στήλης
10. Εκτίμηση ή παρακολούθηση τραύματος
11. Όγκος στο νωτιαίο μυελό
12. Φυματίωση σπονδυλικής στήλης.

Αντενδείξεις:

1. Οποιαδήποτε μαγνητική συσκευή ή ηλεκτρονικό εμφύτευμα όπως π.χ βηματοδότης και αντλία ινσουλίνης
2. Clip ενδοκρανιακού ανeurύσματος
3. Σιδηρομαγνητικά clips ή ράμματα
4. Μεταλλικά ξένα σώματα στο μάτι ή θραύσματα στο σώμα
5. Εγκυμοσύνη (η εξέταση γίνεται σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο γιατρό).

Τοποθέτηση: Ο ασθενής ξαπλώνει σε ύπτια θέση με το κεφάλι προς το κέντρο του μαγνήτη. Στη συνέχεια τοποθετούμε τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στο πηνίο της σπονδυλικής στήλης. Μπορούμε να τοποθετήσουμε μαξιλάρια κάτω από τα πόδια για περαιτέρω άνεση. Δίνουμε στον ασθενή ωτοασπίδες ή ακουστικά για τη μείωση του θορύβου και ένα κουμπί συναγερμού το οποίο μπορεί να πιέσει σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τέλος, επικεντρώνουμε στο μέσο του στέρνου, στο ύψος του θ4/θ5.

Πρωτόκολλα και σχεδιασμός:

Ξεκινώντας γίνεται λήψη του *localiser* σε τρία επίπεδα και βάση αυτού θα σχεδιαστούν οι ακολουθίες. Οι εικόνες του *localiser* είναι T1 βαρύτητας και συνήθως η λήψη του κρατάει λιγότερο από 25 δευτερόλεπτα.

Συμπληρωματικά μπορεί να γίνει λήψη *localiser* για το νωτιαίο μυελό ώστε να χρησιμοποιηθεί στο σωστό σχεδιασμό των ακολουθιών.

1) T2 turbo spin echo (tse) σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο, με το πακέτο των τομών να τοποθετείται παράλληλο με το νωτιαίο μυελό.

Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του εγκάρσιου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλα στο νοητό άξονα που σχηματίζεται από την προέκταση της ακανθώδης απόφυσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους θωρακικούς σπονδύλους από τον A7 μέχρι το Θ12 και περιλαμβάνοντας ολόκληρη τη δεξιά και αριστερή εγκάρσια απόφυση. Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου τοποθετείται φίλτρο αποκοπής στην περιοχή του θώρακα ώστε να αποφευχθούν τεχνικά σφάλματα λόγω αναπνευστικής κίνησης.

2) T1 turbo spin echo (tse) σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο, με το πακέτο των τομών να τοποθετείται παράλληλο με το νωτιαίο μυελό.

Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του εγκάρσιου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλα στο νοητό άξονα που σχηματίζεται από την προέκταση της ακανθώδης απόφυσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους θωρακικούς σπονδύλους από τον A7 μέχρι το Θ12 και περιλαμβάνοντας ολόκληρη τη δεξιά και αριστερή εγκάρσια απόφυση. Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου τοποθετείται φίλτρο αποκοπής στην περιοχή του θώρακα ώστε να αποφευχθούν τεχνικά σφάλματα λόγω αναπνευστικής κίνησης.

3) T2 turbo spin echo STIR σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές σε στεφανιαίο επίπεδο, με το πακέτο των τομών να τοποθετείται παράλληλο με το νωτιαίο μυελό.

Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του εγκάρσιου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλα στο νοητό άξονα που σχηματίζεται από την προέκταση της ακανθώδης απόφυσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους θωρακικούς σπονδύλους από τον A7 μέχρι το Θ12 και περιλαμβάνοντας ολόκληρη τη δεξιά και αριστερή εγκάρσια απόφυση. Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου τοποθετείται φίλτρο αποκοπής στην περιοχή του θώρακα ώστε να αποφευχθούν τεχνικά σφάλματα λόγω αναπνευστικής κίνησης.

4) T2 turbo spin echo (tse) σε εγκάρσιο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές σε οβελιαίο επίπεδο με το πακέτο των τομών κάθετο στο νωτιαίο μυελό. Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου, οι τομές παραλληλίζονται με τους μεσοσπονδύλιους δίσκους. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει ολόκληρη τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης από το Θ1 έως και το Θ12. Με τη

βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου τοποθετείται φίλτρο αποκοπής στην περιοχή του θώρακα ώστε να αποφευχθούν τεχνικά σφάλματα λόγω αναπνευστικής κίνησης.

5) T1 turbo spin echo (tse) σε εγκάρσιο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές σε οβελιαίο επίπεδο με το πακέτο των τομών κάθετο στο νωτιαίο μυελό. Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου, οι τομές παραλληλίζονται με τους μεσοσπονδύλιους δίσκους. Το πακέτο των τομών πρέπει να καλύπτει ολόκληρη τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης από το Θ1 έως και το Θ12. Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου τοποθετείται φίλτρο αποκοπής στην περιοχή του θώρακα ώστε να αποφευχθούν τεχνικά σφάλματα λόγω αναπνευστικής κίνησης.

2.11 Μαγνητική τομογραφία ΟΜΣΣ.

Ενδείξεις:

1. Επίμονος πόνος της πλάτης ή ριζοπάθεια με συντηρητική αντιμετώπιση για διάστημα έξι εβδομάδων με ανεπιτυχή ή ανεπαρκή ανταπόκριση στη θεραπεία
2. Μολυσματικές ή φλεγμονώδεις παθήσεις
3. Μυελοπάθεια, πολλαπλή σκλήρυνση ή παρουσία άλλου απομυελινωτικού νοσήματος
4. Πιθανή βλάβη νωτιαίου μυελού ή μετατραυματικό νευρολογικό έλλειμμα
5. Εκτίμηση η παρακολούθηση εκ γενετής ανωμαλίες νωτιαίου μυελού
6. Εκτίμηση η παρακολούθηση φλεγμονής του κεντρικού νευρικού συστήματος η των μηνίγγων
7. Εκτίμηση η παρακολούθηση όγκων του κεντρικού νευρικού συστήματος η των μηνίγγων
8. Εκτίμηση η παρακολούθηση συμπίεσης του νωτιαίου μυελού
9. Εκτίμηση η παρακολούθηση τραύματος
10. Έλεγχος για οποιαδήποτε παθολογία εξ αιτίας εγκυμοσύνης
11. Αγγειακές βλάβες της σπονδυλικής στήλης
12. Παρακολούθηση προηγούμενης χειρουργικής επέμβασης
13. Όγκος στο νωτιαίο μυελό
14. Φυματίωση σπονδυλικής στήλης
15. Σύνδρομο ιππουρίδας
16. Αδυναμία κλινικής εξέτασης.

Αντενδείξεις:

1. Οποιαδήποτε μαγνητική συσκευή ή ηλεκτρονικό εμφύτευμα όπως π.χ βηματοδότης και αντλία ινσουλίνης
2. Clip ενδοκρανιακού ανeurύσματος
3. Σιδηρομαγνητικά clips ή ράμματα
4. Μεταλλικά ξένα σώματα στο μάτι ή θραύσματα στο σώμα

5. Εγκυμοσύνη (η εξέταση γίνεται σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο γιατρό).

Τοποθέτηση: Ο ασθενής ξαπλώνει σε ύπτια θέση με το κεφάλι προς το κέντρο του μαγνήτη. Στη συνέχεια τοποθετούμε την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στο πηνίο της σπονδυλικής στήλης. Μπορούμε να τοποθετήσουμε μαξιλάρια κάτω από τα πόδια για περαιτέρω άνεση. Δίνουμε στον ασθενή ωτοασπίδες ή ακουστικά για τη μείωση του θορύβου και ένα κουμπί συναγερμού το οποίο μπορεί να πιέσει σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τέλος, επικεντρώνουμε στο μέσο της κοιλίας, περίπου δέκα εκατοστά πάνω από τις λαγόνιες ακρολοφίες.

Πρωτόκολλα και σχεδιασμός:

Ξεκινώντας γίνεται λήψη του *localiser* σε τρία επίπεδα και βάση αυτού θα σχεδιαστούν οι ακολουθίες. Οι εικόνες του *localiser* είναι T1 βαρύτητας και συνήθως η λήψη του κρατάει λιγότερο από 25 δευτερόλεπτα. Συμπληρωματικά μπορεί να γίνει λήψη *localiser* για το νωτιαίο μυελό ώστε να χρησιμοποιηθεί στο σωστό σχεδιασμό των ακολουθιών.

1) T2 turbo spin echo (tse) σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο στεφανιαίο επίπεδο. Το πακέτο των τομών παραλληλίζεται με το νωτιαίο μυελό. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του εγκάρσιου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλα στο νοητό άξονα που σχηματίζεται από την προέκταση της ακανθώδης απόφυσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους οσφυϊκούς σπονδύλους από τον Θ11 μέχρι και τον κόκκυγα και περιλαμβάνοντας ολόκληρη τη δεξιά και αριστερή εγκάρσια απόφυση. Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου τοποθετείται φίλτρο αποκοπής μπροστά από την αορτή ώστε να αποφευχθούν τεχνικά σφάλματα λόγω αναπνευστικών και περισταλτικών κινήσεων.

2) T1 turbo spin echo (tse) σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο στεφανιαίο επίπεδο. Το πακέτο των τομών παραλληλίζεται με το νωτιαίο μυελό. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του εγκάρσιου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλα στο νοητό άξονα που σχηματίζεται από την προέκταση της ακανθώδης απόφυσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους οσφυϊκούς σπονδύλους από τον Θ11 μέχρι και τον κόκκυγα και περιλαμβάνοντας ολόκληρη τη δεξιά και αριστερή εγκάρσια απόφυση. Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου τοποθετείται φίλτρο αποκοπής μπροστά από την αορτή ώστε να αποφευχθούν τεχνικά σφάλματα λόγω αναπνευστικών και περισταλτικών κινήσεων.

3) T2 turbo spin echo STIR σε οβελιαίο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο στεφανιαίο επίπεδο. Το πακέτο των τομών παραλληλίζεται με το νωτιαίο μυελό. Πραγματοποιείται έλεγχος στα άλλα δυο επίπεδα (στεφανιαίο και εγκάρσιο). Με τη βοήθεια του εγκάρσιου επιπέδου το πακέτο των τομών τοποθετείται παράλληλα στο νοητό άξονα που σχηματίζεται από την προέκταση της

ακανθώδης απόφυσης. Το πακέτο των τομών πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους οσφυϊκούς σπονδύλους από τον Θ11 μέχρι και τον κόκκυγα και περιλαμβάνοντας ολόκληρη τη δεξιά και αριστερή εγκάρσια απόφυση. Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου τοποθετείται φίλτρο αποκοπής μπροστά από την αορτή ώστε να αποφευχθούν τεχνικά σφάλματα λόγω αναπνευστικών και περισταλτικών κινήσεων.

4) T2 turbo spin echo (tse) multi block και multi angle σε εγκάρσιο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο οβελιαίο επίπεδο. Το πρώτο πακέτο τομών παραλληλίζεται με το μεσοσπονδύλιο διάστημα των O2-O3, το δεύτερο με το μεσοσπονδύλιο διάστημα των O3-O4, το τρίτο με το μεσοσπονδύλιο διάστημα των O4-O5 και το τέταρτο παραλληλίζεται με το μεσοσπονδύλιο διάστημα μεταξύ O5 και ιερού οστού. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί κάποια δυσκοκλήλη σε άλλο μεσοσπονδύλιο διάστημα μπορεί να προστεθεί άλλο ένα πακέτο τομών για τη διερεύνηση της συγκεκριμένης περιοχής. Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου τοποθετούνται τα πακέτα των τομών παράλληλα με τα μεσοσπονδύλια διαστήματα και γίνεται πιθανή τροποποίηση της κλίσης σε περίπτωση υπάρχουσας παθολογίας (σκολίωση). Οι τομές πρέπει να καλύπτουν ολόκληρο το εκάστοτε μεσοσπονδύλιο διάστημα. Για το λόγω αυτό συνήθως το πακέτο αποτελείται από 5 τομές. Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου τοποθετείται φίλτρο αποκοπής μπροστά από την αορτή ώστε να αποφευχθούν τεχνικά σφάλματα λόγω αναπνευστικών και περισταλτικών κινήσεων.

5) T1 turbo spin echo (tse) multi block και multi angle σε εγκάρσιο επίπεδο: Σχεδιάζονται οι τομές στο οβελιαίο επίπεδο. Το πρώτο πακέτο τομών παραλληλίζεται με το μεσοσπονδύλιο διάστημα των O2-O3, το δεύτερο με το μεσοσπονδύλιο διάστημα των O3-O4, το τρίτο με το μεσοσπονδύλιο διάστημα των O4-O5 και το τέταρτο παραλληλίζεται με το μεσοσπονδύλιο διάστημα μεταξύ O5 και ιερού οστού. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί κάποια δυσκοκλήλη σε άλλο μεσοσπονδύλιο διάστημα μπορεί να προστεθεί άλλο ένα πακέτο τομών για τη διερεύνηση της συγκεκριμένης περιοχής. Με τη βοήθεια του στεφανιαίου επιπέδου τοποθετούνται τα πακέτα των τομών παράλληλα με τα μεσοσπονδύλια διαστήματα και γίνεται πιθανή τροποποίηση της κλίσης σε περίπτωση υπάρχουσας παθολογίας (σκολίωση). Οι τομές πρέπει να καλύπτουν ολόκληρο το εκάστοτε μεσοσπονδύλιο διάστημα. Για το λόγω αυτό συνήθως το πακέτο αποτελείται από 5 τομές. Με τη βοήθεια του οβελιαίου επιπέδου τοποθετείται φίλτρο αποκοπής μπροστά από την αορτή ώστε να αποφευχθούν τεχνικά σφάλματα λόγω αναπνευστικών και περισταλτικών κινήσεων.

3.1 Μαγνητική τομογραφία σε υψηλά μαγνητικά πεδία.

Αρχικά στους πρώτους μαγνητικούς τομογράφους που χρησιμοποιήθηκαν, συναντάται πεδίο ισχύος 0,6T. Χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας δημιουργήθηκαν και ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται ισχυρότεροι τομογράφοι οι οποίοι έφταναν μέχρι και τα 7T. Στις μέρες μας η ισχύς που χαρακτηρίζει την πλειοψηφία αυτών είναι το πεδίο των 1,5T. Τομογράφοι με πεδίο άνω

των 1,5T χρησιμοποιείται κυρίως σε εργαστήρια για ερευνητικούς σκοπούς ενώ παράλληλα αυξάνεται σημαντικά η χρήση τομογράφων με πεδίο 3T σε διαγνωστικά κέντρα και δομές υγείας. Μπορούν να συναντηθούν ακόμη και συστήματα ισχύος έως 7T χωρίς να είναι τόσο διαδεδομένη η χρήση τους. Σε ερευνητικά εργαστήρια γίνεται χρήση τομογράφων 7T έως και 9,4T.

Μερικά προβλήματα που προκύπτουν κατά την εφαρμογή μαγνητικών τομογράφων είναι ο υψηλός ακουστικός θόρυβος, τα υψηλά επίπεδα του SAR και προβλήματα σχετικά με τη σχεδίαση των πηνίων RF. Ένα πρακτικό πρόβλημα των τομογράφων όσο αυξάνεται η ισχύς τους είναι η αύξηση του βάρους τους. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην πολυπλοκότητα της κατασκευής τους ώστε να επιτευχθεί η υψηλότερη ισχύς. Παράλληλα για την κατάλληλη ψύξη του συστήματος απαιτείται και μεγαλύτερη ποσότητα ψυκτικού υγρού (ήλιο) η ποσότητα του οποίου έχει φτάσει πλέον σε συγκρίσιμα επίπεδα σε τομογράφους 3T σε σχέση με την ποσότητα των 1,5T. Στο παρελθόν σε αυτούς των 3T απαιτούνταν σχεδόν η δεκαπλάσια ποσότητα ψυκτικού υγρού. Τέλος, ένας ακόμη παράγοντας που αυξάνει το βάρος της εγκατάστασης ολοκλήρου του συστήματος είναι αυτό της θωράκισης του. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όσο μεγαλώνει η ισχύς του τομογράφου, το μαγνητικό πεδίο εκτείνεται σε μεγαλύτερο χώρο. Συνεπώς, σε ένα χώρο ίδιων τετραγωνικών χρειάζεται ισχυρότερη θωράκιση για ένα μηχάνημα μεγαλύτερης ισχύος για να επιτευχθεί ίδιο αποτέλεσμα μόνωσης.

Ένας ακόμη παράγοντας που μεταβάλλεται με την αύξηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι η ευαισθησία των παλμών RF. Με την αύξηση της έντασης του πεδίου, αυξάνεται και η ανομοιογένεια των παλμών RF. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την τοπική αύξηση της έντασης του σήματος, τη λεγόμενη "εστίαση πεδίου" και την ανομοιόμορφη διέγερση των ιστών. Τα φαινόμενα αντιμετωπίζονται με τη χρήση τεχνικών ανακατασκευής της εικόνας και την ανάπτυξη ειδικών πηνίων RF από συγκεκριμένους κατασκευαστές.

Επιπλέον, κατά τη μετάβαση από το 1,5T στα 3T προκύπτει αύξηση του ειδικού ρυθμού απορρόφησης (specific absorption rate- SAR) κατά τέσσερις φορές. Αποτέλεσμα αυτού είναι η θέρμανση των ιστών σε συντομότερο χρονικό διάστημα, με συνέπεια την πρόκληση ανησυχίας στον ασθενή και κατ'επέκταση χειρότερη ποιότητα της απεικόνισης. Για να αντιμετωπιστεί αυτό μπορούν να επανασχεδιαστούν κατάλληλα οι ακολουθίες, να μεταβληθούν παράμετροι (μείωση της γωνίας εκτροπής- flip angle, μεγάλος χρόνος TR), να χρησιμοποιηθούν τεχνικές παράλληλης απεικόνισης, να γίνει εκπομπή προπαλμών διέγερσης, να χρησιμοποιηθούν πηνία RF ειδικά σχεδιασμένα για υψηλά μαγνητικά πεδία, να περιοριστεί η ισχύς των παλμών RF καθώς και να βελτιωθούν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα εκπομπής.

Επίσης, για την ικανοποιητική ομογενοποίηση του κύριου μαγνητικού πεδίου, για την παραγωγή ισχυρών και σταθερών βαθμιδωτών πεδίων και για την ταχύτερη λήψη εικόνων υψηλής ανάλυσης είναι απαραίτητη η χρήση πηνίων βαθμίδας. Σύμφωνα με τον FDA υπάρχουν

περιορισμοί στην ένταση και την ταχύτητα μεταβολής των πεδίων αυτών ώστε να αποφευχθεί τυχόν πρόκληση περιφερειακής νευρικής ή οπτικής διέγερσης. Για τον λόγο αυτό στις μέρες μας χρησιμοποιείται ένα δεύτερο, μικρότερο σε μέγεθος, βαθμιδωτό πηνίο στο ισόκεντρο του μαγνήτη, το οποίο χαρακτηρίζεται από υψηλή απόδοση, προσφέροντας γρήγορο ρυθμό μεταβολής του βαθμιδωτού πεδίου για Field of view (FOV) έως 45cm.

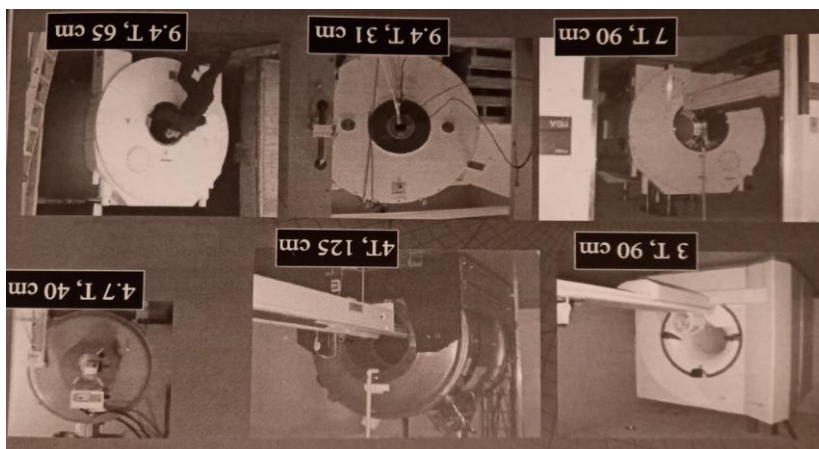
Επιπρόσθετα, παρά το γεγονός ότι ο FDA ορίζει ανώτατο επιτρεπόμενο όριο τα 99dB παρατηρείται σε αρκετούς μαγνητικούς τομογράφους ισχύος 3T έως και 7T ηχητικός θόρυβος, ο οποίος μπορεί να ξεπεράσει τα 130dB στο ισόκεντρο του μαγνήτη. Ο αρχικός τρόπος αντιμετώπισης αυτού του ζητήματος είναι η χρήση ωτοασπίδων και ειδικών ακουστικών τα οποία προστατεύουν τον ασθενή αποκόπτοντας τον υψηλό θόρυβο, μειώνοντας όμως τη δυνατότητα επικοινωνίας τους με τους τεχνολόγους. Παράλληλα η χρήση βαθμιδωτών πηνίων μειώνει την ένταση του θορύβου αλλά έχει το μειονέκτημα της χειρότερης ποιοτικά απεικόνιση. Τέλος, στα σύγχρονα συστήματα μπορούν να λειτουργούν συνεχώς τα βαθμιδωτά πηνία χωρίς την πρόκληση υψηλού θορύβου με την τοποθέτηση θωράκισης κενού σε αυτά.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζεται από την αύξηση του μαγνητικού πεδίου είναι η αντίθεση της εικόνας. Ο χρόνος χαλάρωσης T1 αυξάνεται όσο αυξάνεται και η ένταση του μαγνητικού πεδίου έχοντας ως αποτέλεσμα τη μείωση της αντίθεσης σε συμβατικές ακολουθίες όπως: spin echo. Ακολουθίες όπως η inversion recovery (IR, flair και STIR) ευνοούνται από τα υψηλά μαγνητικά πεδία δίνοντας εξαιρετικά αποτελέσματα κατά την απεικόνιση του μυοσκελετικού συστήματος. Η χωρική διακριτική ικανότητα αυξάνεται σε σχέση με την T1 απεικόνιση σε πεδία ισχύος 1,5T μειώνοντας σημαντικά το χρόνο εξέτασης με την εφαρμογή τεχνικών παράλληλης απεικόνισης. Επίσης, λόγω του μεγαλύτερου χρόνου χαλάρωσης T1 που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αντίθεσης και σε συνδυασμό με την αύξηση του SNR επιτρέπεται η χορήγηση μικρότερης δόσης σκιαγραφικού μέσου. Από την άλλη πλευρά ο χρόνος T2 επηρεάζεται ελάχιστα από την αύξηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου. Φαινόμενα που σχετίζονται με το χρόνο χαλάρωσης T2* ενισχύονται με την αύξηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου. Σαν αποτέλεσμα υπάρχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην απεικόνιση του αίματος (ροή αίματος, αιμορραγίες). Το μειονέκτημα της αυξημένης έντασης του πεδίου είναι η επίδραση φαινομένων μαγνητικής επιδεκτικότητας με αποτέλεσμα την εμφάνιση τεχνικών σφαλμάτων (artifacts). Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος χρησιμοποιούνται πηνία διάταξης φάσης νέας γενιάς, εφαρμόζεται τεχνική παράλληλης απεικόνισης και χρησιμοποιούνται βελτιωμένες ακολουθίες.

Η μαγνητική αγγειογραφία ευνοείται επίσης από τα υψηλά μαγνητικά πεδία, λόγω της αύξησης του χρόνου χαλάρωσης T1. Εφαρμόζοντας παλμούς RF με χαμηλή γωνία εκτροπής (flip angle) παρατηρείται μείωση του ειδικού ρυθμού απορρόφησης (SAR) ακόμα και σε σχέση με συστήματα 1,5T. Παράλληλα μειώνεται η συχνότητα τεχνικών σφαλμάτων λόγω παλμικής κίνησης

των αγγείων. Τέλος χρησιμοποιείται η τεχνική παράλληλης απεικόνισης, δίνοντας τη δυνατότητα μείωσης του χρόνου εξέτασης ή την αύξηση του SNR και κατ'επέκταση την επιλογή ακολουθιών με υψηλή χωρική διακριτική ικανότητα. Συμπερασματικά, η μαγνητική αγγειογραφία σε υψηλά μαγνητικά πεδία ξεπερνάει ποιοτικά ακόμη και την ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία.

Επιπλέον, παρατηρείται ταχύτερη και ποιοτικότερη απεικόνιση της σπονδυλικής στήλης, καθώς επίσης και υψηλή αντίθεση των συνδέσμων μεταξύ των οστών. Πιο συγκεκριμένα, για την επίτευξη υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας αλλά και ταχύτερης απεικόνισης χρησιμοποιούνται πηνία διάταξης φάσης 16 ή 32 καναλιών. Στην βελτιωμένη απεικόνιση συμβάλει και η προσαρμογή των ακολουθιών ώστε να επιτευχθεί άριστη απεικόνιση ακόμη και σε μικρές ανατομικές δομές ή και σε ασθενείς που φέρουν μεταλλικά εμφυτεύματα. Επιπλέον, προβλήματα όπως τα ακατάλληλα πηνία RF, η περιορισμένη χρήση τεχνικής καταστολής λίπους, η αδυναμία τοποθέτησης του εξεταζόμενου άκρου στο ισόκεντρο του μαγνήτη με αποτέλεσμα να προκαλείται πρόβλημα εξαιτίας της μέτριας ομοιογένειας του πεδίου και η εμφάνιση ψευδενδείξεων χημικής μετατόπισης, ανήκουν πλέον στο παρελθόν. Είναι δυνατή η απεικόνιση υψηλής ποιότητας σε μικρό χρόνο εξέτασης και παράλληλα μπορούν να παρατηρηθούν δομές που δεν ήταν σαφώς διακριτές σε πεδία 1,5T. Τα απεικονιστικά αποτελέσματα είναι καλύτερα χρησιμοποιώντας ένα απλό επιφανειακό πηνίο στα 3T έναντι της χρήσης εξειδικευμένου πηνίου σε σύστημα 1,5T. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μικρότερο FOV, μικρότερο πάχος τομής και να αυξηθούν οι διαστάσεις της μήτρας απεικόνισης λόγω του υψηλού SNR (signal to noise ratio). Επίσης είναι δυνατός ο περιορισμός των τεχνικών σφαλμάτων μαγνητικής επιδεκτικότητας κατά την απεικόνιση ασθενών με εμφυτεύματα με τη χρήση ακολουθιών FSE, IR-FSE T1 βαρύτητας ή και με την αύξηση του bandwidth (εύρος ζώνης συχνοτήτων).



Εικόνα 7: Μαγνητικοί τομογράφοι υψηλής έντασης πεδίων. Πηγή: (Α. ΚΑΡΑΤΟΠΗΣ και Ι. ΚΑΝΔΑΡΑΚΗΣ, 2007)

Επίλογος- Συμπεράσματα.

Η χρήση της μαγνητικής τομογραφίας προτιμάται ολοένα και περισσότερο διότι ο τρόπος λειτουργίας της δε βασίζεται στη χρήση ιοντιζουσών ακτινοβολιών με αποτέλεσμα να μην επιβαρύνεται ο εξεταζόμενος από αυτές. Είναι μια μέθοδος που υπερέχει έναντι των άλλων απεικονιστικών τεχνικών (κλασική ακτινογραφία, αξονική τομογραφία), διότι οι εικόνες που λαμβάνονται είναι τριών διαστάσεων. Χρειάζεται ιδιαίτερη μέριμνα από τους τεχνολόγους για την ασφάλεια των ίδιων αλλά και των ασθενών καθώς και ταυτόχρονο σχεδιασμό των πρωτοκόλλων που θα χρησιμοποιηθούν για την κάθε εξέταση ή προσαρμογή αυτών ώστε να αποφευχθούν ή να διορθωθούν πιθανά τεχνικά σφάλματα. Χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας τα συστήματα υψηλής έντασης πεδίου (3T) παρουσιάζουν σημαντική βελτίωση στην ποιότητα της εικόνας λόγω της ενίσχυσης του σήματος στους ιστούς που πρόκειται να απεικονιστούν και της αυξημένης αντίθεσης σε συνδυασμό με τη μείωση χρόνου εξέτασης. Στις μέρες μας παρατηρείται αύξηση της χρήσης των συστημάτων αυτών σε δομές υγείας και διαγνωστικά κέντρα. Πιο συγκεκριμένα σχετικά με το μυοσκελετικό σύστημα παρατηρείται βελτιωμένη απεικόνιση και υψηλή αντίθεση ενώ ταυτόχρονα αντιμετωπίζονται τεχνικά και πρακτικά προβλήματα τα οποία απασχολούν εξεταζόμενους και τεχνολόγους ακτινολόγους. Από την κλινική εφαρμογή συστημάτων υψηλής έντασης πεδίων 3T συμπεραίνουμε ότι προκύπτουν ικανοποιητικά αποτελέσματα απεικόνισης σε σχέση με συστήματα χαμηλότερης έντασης πεδίου 1,5T στα οποία, εφαρμόζοντας τις ίδιες παραμέτρους, δε θα είχαμε διαγνώσιμη εικόνα. Παράλληλα κερδίζει έδαφος η μελέτη και η χρήση σε πειραματικό επίπεδο, συστημάτων υψηλότερης έντασης πεδίου (7T και 9T). Σύντομα τα συστήματα αυτά θα διαδεχθούν εκείνα των 3T και ίσως αρχίσουν σταδιακά να εγκαταλείπονται τα χαμηλότερης έντασης (1,5T) με αποτέλεσμα η απεικόνιση με τη μέθοδο του μαγνητικού συντονισμού να γίνεται ολοένα και ταχύτερη, ποιοτικότερη και οι εικόνες να είναι εύκολα διαγνώσιμες.

Βιβλιογραφία

Βιβλία:

Δρεβελέγκας Α., Αργυροπούλου Μ., Γουλιάμος Α., Καραντάνας Α., Κελέκης Ν., Πρασόπουλος Π. Σιαμπλής Δ. Τσαμπούλας Κ. Και Φεζουλίδης Ι.: Κλινική Ακτινολογία. Εκδόσεις Κωνσταντάρας. Αθήνα 2012. Σελίδα 620-621

Καρατόπης Α., Κανδαράκης Ι.: Ιατρική Φυσική-Βιοϊατρική τεχνολογία. Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις. Αθήνα 2007: Σελίδες 18-21, 26, 30-31, 34, 47-54, 100-103, 234, 240-241, 300-309, 311-313, 358-364, 367, 370-372.

Κουμαριανός Δ: Μαγνητική τομογραφία: Από τις βασικές αρχές στην κλινική πράξη. 1η Έκδοση. Εκδόσεις Ζεβελεκάκη. Αθήνα 2013: Σελίδες 252-254, 263.

Ιστοσελίδες:

Διαθέσιμο στο: <https://mrimaster.com/PLAN%20C%20SPINE.html>

Διαθέσιμο στο: <https://mrimaster.com/PLAN%20T%20SPINE.html>

Διαθέσιμο στο: <https://mrimaster.com/PLAN%20L%20SPINE.html>

Διαθέσιμο στο: <https://mrimaster.com/PLAN%20KNEE.html>

Διαθέσιμο στο: <https://mrimaster.com/PLAN%20HIPS.html>

Διαθέσιμο στο: <https://mrimaster.com/PLAN%20ANKLE.html>

Διαθέσιμο στο: <https://mrimaster.com/PLAN%20SHOULDER.html>

Διαθέσιμο στο: <https://mrimaster.com/PLAN%20ELBOW.html>

Διαθέσιμο στο: <https://mrimaster.com/PLAN%20WRIST.html>

Διαθέσιμο στο: <http://www.geo.auth.gr/106/theory/magnetism.htm>

Διαθέσιμο στο:

https://www.athloclinic.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=156&Itemid=81

Διαθέσιμο στο: http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2666/Biologia_A-Lykeiou_html-empl/index7.html

Διαθέσιμο στο: <https://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/radiographics.19.6.g99no331641>

Διαθέσιμο στο: <https://www.iatronet.gr/iatriko-lexiko/syndetikos-istos.html>

