



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

**Μελέτη και Σχεδιασμός Κέντρου
Απεικονιστικών Εξετάσεων με Συστήματα
MRI**

ΜΑΡΙΑ ΠΟΥΛΛΑΔΑΚΗ

Αριθμός Μητρώου : 16096

Επιβλέπων Καθηγητής

Νεκτάριος Καλύβας

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Νεκτάριος Καλύβας

Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

Ευστράτιος Δαΐδ

Επίκουρος Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

Εμμανουήλ Αθανασιάδης

Επίκουρος Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η υπογράφουσα ΜΑΡΙΑ ΠΟΥΛΑΔΑΚΗ του ΑΝΤΩΝΙΟΥ-ΠΟΛΥΧΡΟΝΗ ., με αριθμό μητρώου 48016096 φοιτήτρια του Τμήματος ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματός μου.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

Η Δηλούσα

11/03/2024



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την διαμόρφωση ενός ιατρικού κέντρου όπου θα διενεργούνται διαγνωστικές εξετάσεις με συστήματα απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού. Διεξάγει μελέτη τόσο για την ορθή όσο και την πιο στοχευμένη επιλογή μηχανημάτων, για τις προδιαγραφές κατασκευής του χώρου ώστε να παρέχεται η μέγιστη ασφάλεια και στο ιατρικό/νοσηλευτικό προσωπικό αλλά φυσικά και στους ασθενείς και αναλύει τις αρμοδιότητες όσο αφορά την λειτουργία που πρέπει να έχει το τμήμα Βιοϊατρικής αυτού του ιατρικού χώρου.

Αρχικά περιγράφει με πιο γενικές έννοιες τι είναι τα συστήματα απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού, δίνοντας μας μια πρώτη ματιά σε αυτόν τον κόσμο. Επακόλουθα αναφέρονται και εξετάζονται λεπτομερώς και τα βασικά είδη μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται για την διενέργεια των εξετάσεων που στην συνέχεια παρατίθενται στην εργασία.

Στο κύριο μέρος περιλαμβάνονται τα βασικά προ απαιτούμενα του ιατρικού κέντρου με βάση κάποιους κανόνες ορθής λειτουργίας, προδιαγραφές για την τοποθέτηση, οι χώροι εξέτασης και αναμονής του κοινού, η οργάνωση και φυσικά τα κατάλληλα πιστοποιητικά που χρειάζονται για αυτό το ιατρικό κέντρο.

Τέλος παίρνοντας υπόψιν όλη την μελέτη που πραγματοποιήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια αποφασίζεται από το τμήμα βιοϊατρικής η επιλογή των μηχανημάτων με βάση τις ανάγκες του χώρου αλλά και του φόρτου εργασίας, δίνονται οι επιλογές εγκατάστασης ανάλογα εάν διαθέτουμε ήδη υπάρχων χώρο ή υπό κατασκευή, πραγματοποιείται βαθμονόμηση των μηχανημάτων, εκπαίδευση του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού, έλεγχος ποιότητας των συστημάτων αλλά φυσικά και προγραμματισμός συντήρησής τους. Εν κατακλείδι δίνονται και κάποιες συμβουλές για την προστασία και προετοιμασία του εξεταζόμενου πριν την εξέταση.

Λέξεις Κλειδιά : Μαγνητικός, τομογράφος, βιοϊατρική, τεχνολογία, ασθενής, κέντρο, εξεταζόμενος

ABSTRACT

This thesis deals with the configuration of a medical center where diagnostic tests will be performed with magnetic resonance imaging systems. It conducts a study for the correct and most targeted selection of machines, for the construction specifications of the space needed in order to provide maximum safety to the medical/nurse staff, as well as to the patients. Analyzes the responsibilities of the department of Biomedical Engineer in order this clinic to be functional.

First, it describes in general terms what magnetic resonance imaging systems are, giving as a first look, in the different type machines of the most reliable businesses, 1,5T, 3T machines, their specifications and their unique use.

The main part includes the basic pre- requisites of the medical center based on rules of proper operation, specifications for the placement, the examination and waiting areas of the public, the organization and the appropriate certificates needed for this medical center.

Finally, taking into account all the studies in the previous chapters the biomedical department decides the selection of the machines based on the needs of the space and the workload, what the installation options are given – on whether we already have an existing space or is under construction. Calibration of the machines, training the medical and nurse staff, quality control of the systems and their maintained planning, are some of the jobs needed to be done. At last, we give advice to patients for protection and preparation before the examination.

Key Words: MRI, patient, center

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT.....	5
1.Εισαγωγή	9
Ακρωνύμια και Σύμβολα	9
2.Βασικές Φυσικές Αρχές του MRI.....	12
2.1 Φαινόμενο NMR.....	12
2.2 Nuclear Spin.....	12
2.3 Συχνότητα Larmor	13
2.4 Παλμοί Ραδιοσυχνότητας RF.....	14
2.5 Μηχανισμοί Χαλάρωσης T1,T2	15
2.6 Spin echo.....	15
2.7 Αντίθεση	16
3. Βασική Οργανολογία συστημάτων μαγνητικού συντονισμού.....	17
3.1 Γενικά.....	17
3.2 Μαγνήτες	18
3.2.1 Μόνιμοι Μαγνήτες (Permanent Magnets)	18
3.2.2 Μαγνήτες Αντιστάσεως (Resistive Magnets)	18
3.2.3 Υπεραγώγιμοι μαγνήτες (Superconductive magnets)	19
3.3 Πηνία.....	20
3.3.1 Επιφανειακά πηνία (surface coils)	20
3.3.2 Συστοιχία βρόγχου (loop arrays)	20
3.3.3 Volume coils (Πηνία διέγερσης όγκου)	20
3.3.4 Phazed-array coil ή Antenna (Φασικά ελεγχόμενη στοιχειοκεραία)	21
3.4 Ψηφιακό υπολογιστικό τμήμα	21
3.4.1 Κατασκευή της εικόνας.....	22
3.4.2 Βελτιστοποίηση σήματος.....	22
4.Βασικά Μηχανήματα MRI και εξετάσεις.....	24
4.1 Εισαγωγή στα Μηχανήματα	24
4.2A 1,5T Μαγνητικός Τομογράφος SIEMENS.....	24
4.2A.1 Τεχνικές Προδιαγραφές	25
4.2B 3T Μαγνητικός Τομογράφος.....	27
4.2B.1 Τεχνικές Προδιαγραφές.....	28
4.2C High -V MRI.....	29
4.2C.1 Τεχνικές Προδιαγραφές.....	30

4.2D MyExam Companion	31
4.2D.1 Autopilot	31
4.2D.2 Assist.....	31
4.2D.3 Cockpit	31
4.3A 1,5T Μαγνητικός Τομογράφος GE(General Electric)	32
4.3B 3T SIGNA™ HERO	33
4.3C Κλινικές Εφαρμογές.....	34
4.3.D SIGNA™ 7T MRI.....	35
4.4A PHILIPS MRI: MR Ingenia Ambition 1.5T	36
4.4B PHILIPS 3T MR7700.....	38
4.4C Κλινικές Εφαρμογές.....	39
4.5A UNITED 1,5T “uMR680”.....	40
4.5A.1 Κλινικές Εφαρμογές.....	41
4.5B United 3T “ uMR Omega”	41
4.5B.1 Κλινικές Εφαρμογές.....	42
4.5C United 5T “Jupiter”	43
4.5C.1 Κλινικές Εφαρμογές.....	43
5.Το Κέντρο Εξετάσεων MRI.....	44
5.1 Σχεδιασμός Χώρου MRI Scan	44
5.1.1 Το Βάρος.....	44
5.1.2 Δονήσεις και Ήχος.....	45
5.1.3 Θωράκιση.....	45
5.1.4 Ορθή Επιλογή Εξοπλισμού.....	45
5.1.5 Αντιμετώπιση Έκτακτων Καταστάσεων.....	46
5.2 Δομή Κλινικού Χώρου	46
5.2.1 Χώρος Υποδοχής	47
5.2.2 Χώρος αναμονής.....	47
5.2.3 Δωμάτια, εξέτασης MRI	47
5.2.4 Control room.....	48
5.2.5 Δωμάτια Διάγνωσης και Ξεκούρασης ασθενή.....	48
5.2.6 Τουαλέτες.....	48
5.2.7 Γραφείο	49
5.2.8 Χώρος αποθήκευσης/Ηλεκτρικό Δωμάτιο.....	49
5.2.9 Χώρος ξεκούρασης του προσωπικού.....	50
5.2.10 Κατόψεις Χώρου.....	51

5.3 Ζώνες ασφαλείας της Κλινικής.....	52
5.3.1 Ζώνη 1.....	52
5.3.2 Ζώνη 2.....	52
5.3.3 Ζώνη 3.....	52
5.3.4 Ζώνη 4.....	52
5.3.5 Κάτοψη Χώρου με τις Ζώνες.....	53
5.4 Πιστοποιητικά.....	53
5.4.1 ISO 9001	54
5.4.2 ISO 14001	54
5.4.3 ISO 45001	54
5.4.4 PAS 99	55
5.4.5 ISO 15189	55
5.4.6 ISO 15224	55
5.4.7 ISO 13485	55
5.5 Άδειες Λειτουργίας Χώρου.....	55
5.5.1 Άδεια σκοπιμότητας	55
5.5.2 Προέγκριση κατασκευής.....	56
5.5.3 Πιστοποιητικό καταλληλότητας	56
6. Εξοπλισμός Κλινικού Χώρου	58
6.1 MRI Carts.....	58
6.2 Κλινική Επίπλωση	59
6.3 Ασφάλεια MRI.....	63
6.4 Παρακολούθηση Ασθενή.....	66
6.5 Άνεση Ασθενή	69
6.6 Μη Μαγνητικά Εργαλεία και Είδη Υγιεινής	71
7. Τμήμα ΒΜΕ στο κέντρο MRI.....	71
7.1 Επιλογή εξοπλισμού.	72
7.2 Εγκατάσταση και Βαθμονόμηση	72
7.3 Ποιοτικός έλεγχος και συντήρηση.....	73
7.4 Εκπαίδευση προσωπικού.	73
7.5 Νέες τεχνολογίες.....	74
8.Εξεταζόμενος	75
8.1Προετοιμασία.....	75
8.2 Καταγραφή δεδομένων και ρύθμιση παραμέτρων.....	76
8.3 Εξέταση και αποτελέσματα.	76

ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	77
Βιβλιογραφία	78

1.Εισαγωγή

Τα συστήματα MR χρησιμοποιούν μαγνητικά πεδία μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας, με βάση αυτό οι εξετάσεις που γίνονται με αυτά θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν τόσο ασφαλή για τον εξεταζόμενο όσο και η εξέταση με έναν απλό υπέρηχο. Είναι ένας αρκετά πολύπλοκος εξοπλισμός και αδιαμφισβήτητα ακριβός που αποτελεί ένα από τα πιο πολύπλευρα συστήματα καθώς έχει ένα μεγάλο εύρος κλινικών εφαρμογών σε σχέση με άλλα απεικονιστικά συστήματα [1]. Το δυνατό σημείο του MRI που το κάνει να ξεχωρίζει ανάμεσα στα υπόλοιπα απεικονιστικά συστήματα είναι η ικανότητα του να προσφέρει δια τμηματική απεικόνιση μιας ανατομικής περιοχής κάνοντας εξαιρετική δουλειά με την αντίθεση του μαλακού ιστού της συγκεκριμένης περιοχής, όπως και η δυνατότητα να παρέχει τόσο λειτουργικές όσο και ανατομικές πληροφορίες[2].

Ακρωνύμια και Σύμβολα

AI: Τεχνητή Νοημοσύνη

B₀: Στατικό μαγνητικό πεδίο

B₁: Παλμοί RF

Birdcage coil : Πηνίο τύπου κλουβιού πουλιού

CNR: Contrast to noise Ratio

Coil: Πηνίο

DICOM: Ψηφιακή Απεικόνιση και Επικοινωνίες στην Ιατρική

E1: Ενεργειακή Στάθμη

Faraday Cage: Θωράκιση Faraday

G: Επιτάχυνση της βαρύτητας

Gd : Χημικός τύπος Γαδολινίου

h: Σταθερά Planck

Hampers : Κάδοι Απόρριψης

H₀ : Συνεχόμενο μαγνητικό πεδίο

MR: Magnetic Resonance (Μαγνητικός Συντονισμός)

MRS: Magnetic Resonance Spectroscopy (Φασματοσκοπία)

MRI: Magnetic Resonance Imaging (Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού)

m: μάζα

M_p : μάζα πρωτονίου

NMR : Nuclear Magnetic Resonance

Phantom : Ομοίωμα

RF: Ηλεκτρομαγνητικός παλμός

Resonance: Συντονισμός

Stationary States: κατάσταση παρατήρησης κβαντισμένου συστήματος

Saddle coil : σαμαροειδές πηνίο

Slice:Τομή

Spatial frequency: χωρική συχνότητα

Spatial Resolution: χωρική διακριτική ικανότητα

Surface coil : επιφανειακό πηνίο

T: χρόνος

T₁: χρόνος αποκατάστασης διαμήκους μαγνήτισης

T₂: χρόνος αποκατάστασης εγκάρσιας μαγνήτισης

TR: χρόνος επανάληψης

TE: χρόνος ηχούς

Tesla(T) : Μονάδα μέτρησης της έντασης του μαγνητικού πεδίου

U_0 :μαγνητική συχνότητα

Volum Coil : Πηνίο διέγερσης όγκου

W_0, f_0 : Συχνότητα Larmor

γ : γυρομαγνητικός λόγος

ΔE : Μέση Ενέργεια

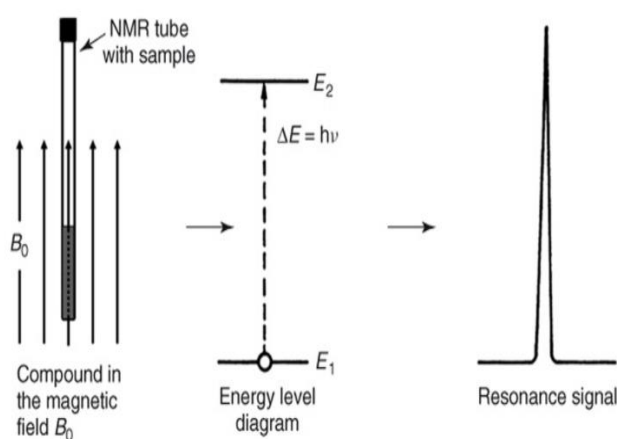
μ : μαγνητική στιγμή

π : μαθηματική σταθερά

2.Βασικές Φυσικές Αρχές του MRI

2.1 Φαινόμενο NMR

Η φυσική αρχή του NMR βασίζεται στις μαγνητικές ιδιότητες του ατομικού νουκλεοτιδίου. Ουσιαστικά είναι το φαινόμενο στο οποίο ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο B_0 αλληλοεπιδράει με ένα σπιν. Αυτή η αλληλεπίδραση μαγνητικού πεδίου B_0 , οδηγεί σύμφωνα με τους κανόνες της κβαντομηχανικής, σε ένα διάγραμμα πυρηνικής ενέργειας, επειδή η μαγνητική ενέργεια του νουκλεοτιδίου παίρνει συγκεκριμένες τιμές ενέργειας E_1 που ονομάζονται ιδιοτιμές. Με βάση τις ιδιοτιμές υπάρχουν και ιδιομορφές, που είναι οι μόνες συνθήκες όπου τα στοιχειώδη σωματίδια υπάρχουν. Αυτές οι συνθήκες ονομάζονται και τυπικές καταστάσεις. Με την βοήθεια ενός πομπού RF μπορούμε να μεταφερόμαστε μεταξύ των συνθηκών αυτών. Ουσιαστικά η απορρόφηση ενέργειας μπορεί να ανιχνευτεί από τον RF και να απεικονιστεί ως φασματική γραμμή, το λεγόμενο σήμα συντονισμού[3].



Εικόνα 1.1 .Δημιουργία σήματος NMR [3]

Το φάσμα του NMR, όπως όλα τα είδη φασματοσκοπίας είναι η απεικόνιση της έντασης της απορρόφησης ή της εκπομπής στον κάθετο άξονα ως προς την συχνότητα στον οριζόντιο άξονα. Το συναντάμε σε χαμηλές συχνότητες με εύρος από 10 έως 800 MHz και σε μήκη κύματος από 40 cm μέχρι και 30 m[4].

2.2 Nuclear Spin

Πολλά ισότοπα διαθέτουν ιδιοπεριστροφή και στροφορμή. Περιστροφική κίνηση ενός φορτιού δημιουργεί μαγνητικό πεδίο όπου υπάρχει σύνδεση με κίνηση υπό γωνιά στην μαγνητική στιγμή.

Σύμφωνα με τις θεμελιώδεις αρχές της κβαντομηχανικής η μέγιστη τιμή γωνίας κίνησης ενός νουκλεοτιδίου με περιστροφή είναι το ολοκλήρωμα του δια του 2 ή το ολοκλήρωμα του πολλαπλασιασμένο επί $h/2\pi$, όπου h η σταθερά Planck. Η μέγιστη συνιστώσα είναι το I , που ονομάζεται κβαντικός αριθμός spin ή αλλιώς πυρηνικό spin. Κάθε νουκλεοτιδική κατάσταση χαρακτηρίζεται από μια στιγμή του I . Ενδεικτικά όταν $I=0$ το νουκλεοτίδιο δεν έχει μαγνητική στιγμή. Αν το $I \neq 0$ τότε το νουκλεοτίδιο διαθέτει μαγνητική ροπή μ , όπου συνήθως είναι παράλληλη της γωνίας περιστροφής. Οι τιμές που μπορεί να πάρει διαγραμματικά εκφράζονται από μια σειρά κβαντικών αριθμών m Όπως παρακάτω :

$$m = I, (I-1), (I-2), \dots, -I \quad (1.1)$$

Για παράδειγμα αν $I=1/2$ τότε οι τιμές m μπορούν να είναι $+1/2$ ή $-1/2$ ενώ οι τιμές m 1,0,-1. Συνοπτικά υπάρχουν $2I+1$ πιθανές συνθήκες προσανατολισμού του νουκλεοτιδίου[5].

Στην ύπαρξη ενός μαγνητικού πεδίου B_0 , αυτές οι συνθήκες αντιδρούν σε διαφορετικές ενέργειες. Τα μεγέθη της μαγνητικής στιγμής συνήθως καθορίζονται με βάση την αναλογία της μαγνητικής στιγμής και της γωνίας κίνησης και ορίζεται ως :

$$\gamma = \frac{2\pi\mu}{Ih} \quad (1.2)$$

Κανένα απλό μοντέλο δεν μπορεί να προβλέψει την πραγματική μαγνητική στιγμή ενός νουκλεοτιδίου, παρόλα αυτά, η πιθανή στιγμή όπου το πρωτόνιο συνεισφέρει είναι γνωστή ως Nuclear magneton, και είναι στην πραγματικότητα η αναλογία του μαγνήτη Bohr για την περιστροφή του ηλεκτρονίου. Μπορεί να παρατηρηθεί με τον εξής τύπο :

$$\mu = g \frac{ehI}{4\pi M_p c} \quad (1.3)$$

Όπου M_p είναι η μάζα του πρωτονίου, g ο εμπειρικός παράμετρος[5].

2.3 Συχνότητα Larmor

Τα νουκλεοτίδια με spin $1/2$ όπως τα πρωτόνια είναι συνήθως συνδεδεμένα με μικρής διατομής μαγνήτες. Λόγω του μικρού τους μεγέθους αλλά και του spin τους η αντίδραση τους διαφέρει σε κάποιες στιγμές από τους μακροσκοπικούς μαγνήτες. Όταν τοποθετείται σε μαγνητικό πεδίο, το περιστρεφόμενο νουκλεοτίδιο δεν γυρνάει και εναρμονίζεται την μαγνητική του

στιγμή με την κατεύθυνση του πεδίου. Αντιθέτως περιστρέφεται σε ένα βαρυτικό πεδίο με συχνότητα που ονομάζεται Larmor. Η συχνότητα αυτή, της μεταπτωτικής κίνησης δίνεται από τους παρακάτω τύπους :

$$\omega_o = 2\pi\nu_o \quad [1.4]$$

όπου το ω_o μετριέται σε rad ανά sec και το ν_o σε Hertz(Hz) κύκλους ανά δευτερόλεπτο.

$$\omega_o = \gamma B_o \quad [1.5]$$

Όπου ω_o είναι η κυκλική συχνότητα με την οποία το διάνυσμα της μαγνήτισης μ στρέφεται γύρω από το μαγνητικό πεδίο B_o .

Με βάση τον τύπο [1.2] έχουμε :

$$h\nu_o = \frac{\mu B_o}{I} \quad [1.6]$$

Από την πλευρά της κβαντομηχανικής το $h\nu_o$ είναι η διαφορά ενέργειας ΔE μεταξύ των βαθμίδων μαγνητικής ενέργειας σε ένα μαγνητικό πεδίο B_o [5].

2.4 Παλμοί Ραδιοσυχνότητας RF

Οι παλμοί ραδιοσυχνότητας RF είναι προαπαιτούμενο για τον μετασχηματισμό Fourier (FT) τόσο για το MRI όσο και για την φασματοσκοπία MRS. Είναι αρχικά εργαλεία που βοηθούν στην δημιουργία επιθυμητών spin ώστε να επιτευχθεί, διέγερση, αναστροφή αλλά και επανεστίαση. Οι πιο διαδεδομένοι παλμοί RF είναι μικρής διάρκειας, με ένταση και συνεχή ενίσχυση (“τετράγωνοι “RF), που χρησιμοποιούνται συνήθως για την δημιουργία διέγερσης των spin μέσα σε ένα εύρος συχνοτήτων. Παρόλα αυτά πολλές φορές σε in vivo NMR συνθήκες χρειαζόμαστε ένα πιο επιλεκτικό εύρος συχνοτήτων. Τέτοιες συχνότητες μπορούμε να παράγουμε με την βοήθεια της θεωρίας του μετασχηματισμού Fourier, τις συναρτήσεις του Bloch είτε με μεθόδους οπτικής επεξεργασίας[6].

Στα συστήματα MRI και MRS χρησιμοποιούμε επιλεγμένους παλμούς όπως οι συγχρονισμένοι παλμοί . Ο μετασχηματισμός Fourier αν και δεν μπορεί να προβλέψει με μεγάλη ακρίβεια την μη συντονισμένη απόδοση των παλμών RF για γωνίες ταλάντωσης μεγαλύτερες των 30^0 χρησιμοποιείται για την δημιουργία επιλεγμένων παλμών RF. Για να πέτυχουμε το καλύτερο εύρος επιλεγμένων συχνοτήτων χρησιμοποιούμε την επακόλουθη

συνάρτηση που μπορεί να επιτευχθεί από συγχρονισμένο παλμό RF διάρκειας T που δίνεται από το παρακάτω τύπο :

$$B_1 = B_1 \max = \frac{\sin(2\pi t/T)}{2\pi t/T} \text{ για } -T/2 \leq t \leq +T/2 \quad [1.7]$$

Όπου $B_1 = B_1 \max$ για $t=0$.

Τέλος έχουμε την βελτιστοποίηση των παλμών. Για συγκεκριμένο RF η συνάρτηση Bloch μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να πάρουμε είτε διεγερμένο είτε αναστραμμένο προφίλ. Αν και ο υπολογισμός γίνεται με αριθμούς μια πιο προχωρημένη λύση μπορεί να δοθεί και με απλό τρόπο. Για μικρής κλίσης γωνίες, το αντίστροφο πρόβλημα έχει λυθεί παίρνοντας το αντίστροφο μετασχηματισμό Fourier με τον συγχρονισμό και παλμούς RF Gaussian. Αυτό βέβαια δεν δουλεύει σε μεγαλύτερες γωνίες, εκεί βελτιωμένες RF μπορούμε την μέθοδο συστηματικής αλγεβρικής τροποποίησης, όπως με αλγορίθμους διαβαθμισμένης καθόδου και με την θεωρία του βέλτιστου ελέγχου.

2.5 Μηχανισμοί Χαλάρωσης T1, T2

Όταν πραγματοποιείται ο συντονισμός στην απεικόνιση από τους παλμούς RF προσφέρεται ενέργεια στα πρωτόνια, η οποία με κάποιον τρόπο πρέπει να απελευθερωθεί και να επιστρέψουν στην αρχική τους κατάσταση. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται χαλάρωση (relaxation) ή μαγνητική αποκατάσταση. Ουσιαστικά το πυρηνικό spin διαθέτει κάποιους μηχανισμούς χαλάρωσης όταν τοποθετείται σε μαγνητικό πεδίο ή όταν διαταράσσεται η κατάσταση ισορροπίας του. Βλέπουμε πως επηρεάζεται όταν αλλάζουμε τις κινούμενες συχνότητες των μορίων ο μηχανισμός χαλάρωσης του νουκλεοτιδίου και γιατί οι αργές ή χαμηλές συχνότητες επηρεάζουν μόνο το spin-spin του T2 και όχι το spin-spin του T1 ενώ οι υψηλές συχνότητες επηρεάζουν και τα δυο. Υπεύθυνα για αυτές τις συνθήκες είναι ο μετασχηματισμός Fourier στην πυρηνική συχνότητα ω και για την ένταση ή τον μαγνητισμό του στοιχείου μαζί με την δύναμη της ενέργειας αλληλεπίδρασης που συνδέει την πυρηνική συχνότητα με την κίνηση του μορίου και μαζί επηρεάζουν τους χρόνους T1, T2 [7,9].

2.6 Spin echo

Είναι η ακολουθία όπου έχουμε έναν παλμό 90° να ακολουθείτε από παλμό 180° . Βασική ιδιότητα της είναι ότι μας δίνει εικόνες που επηρεάζονται από τον χρόνο χαλάρωσης T2. Αφού

γίνει η εφαρμογή του παλμού 90° η εγκάρσια συνιστώσα ΜΤΣ της μαγνητίσεως αρχίζει να μειώνεται εκθετικά με χρόνο $T2^*$. Η ελάττωση της ΜΤΣ γίνεται λόγω της διαφοράς στην συχνότητα των μεταπτωτικών κινήσεων των μαγνητικών ροπών μ και των εγκάρσιων προβολών M_{xy} . Με το που εφαρμοστεί παλμός 180° , τη χρονική στιγμή τ , οι M_{xy} εκτελούν μεταστατική κίνηση 180° γύρω από αυτόν με αποτέλεσμα να βρεθούν σε θέσεις συμμετρικές ως προς τον άξονα xx' . Παράλληλα εξακολουθούν να στρέφονται στο επίπεδο xy με άξονα την διεύθυνση του B_0 . Μετά την μεταπτωτική κίνηση γύρω από τον παλμό 180° οι σχετικές θέσεις των M_{xy} έχουν αντιστραφεί. Έτσι έχουμε τις «αργές» M_{xy} μπροστά από τις «γρήγορες», έχοντας ως αποτέλεσμα οι «γρήγορες» να θέλουν να φτάσουν τις «αργές». Όλο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της εγκάρσιας μαγνητίσεως M_t .

Μετά από χρονικό διάστημα ίσο με τ (χρονική διαφορά μεταξύ 90° και 180°) οι ροπές M_{xy} θα συμπέσουν, αυτό το ονομάζουμε επανεστίαση (refocusing) των M_{xy} . Εκεί είναι που η εγκάρσια μαγνήτιση M_t παίρνει την μέγιστη τιμή της. Η επαναπροσέγγιση και επανεστίαση των M_{xy} έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή σήματος FID που ονομάζεται ηχώ σπίν. Ο χρόνος όλης αυτής της διαδικασίας που περιγράψαμε από πάνω ονομάζεται χρόνος ηχούς (echo time) και συμβολίζεται με TE. Μεταξύ τ και TE ισχύει η σχέση $TE=2\tau$. Έχουμε ποσότητες TD, «χρόνος καθυστέρησης»(delay time), που είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ της ηχούς σπίν και του επομένου παλμού 90° , όπως και το TR που είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ του πρώτου παλμού 90° μέχρι τον επόμενο παλμό 90° και ονομάζεται χρόνος επανάληψης (repetition time). Μεταβάλλοντας τις ποσότητες TR και TE μεταβάλλεται και η ένταση I_s του σήματος, κατά συνέπεια η αντίθεση του αντικειμένου καθώς και της εικόνας.

Οι εικόνες που σχηματίζονται επηρεάζονται από τους χρόνους T1 και T2. Εάν παραλείψουμε τον χρόνο T1 τότε οι ιστοί θα εμφανίζονται στην εικόνα με ανοιχτές αποχρώσεις του γκρι (μεγάλο χρόνο T2 και έντονο σήμα). Εάν κατά την εφαρμογή της αλληλουχίας ηχώ-σπίν επιλεγεί μεγάλος χρόνος τ (και TE) αυξάνεται η διαφορά της έντασης των αντίστοιχων σημάτων ανά και η αντίθεση μεταξύ των δυο ιστών[10].

2.7 Αντίθεση

Στους μαγνητικούς τομογράφους υπάρχουν 2 είδη αντίθεσης. Η αντίθεση του αντικειμένου (subject contrast) ή η αντίθεση ιστού (tissue contrast) και η αντίθεση εικόνας (image contrast). Στην αντίθεση αντικειμένου ή ιστού, ουσιαστικά εκφράζεται τη διαφορά στην ένταση σχημάτων που προέρχεται από γειτονικούς ιστούς. Αυτή ακριβώς η διαφοροποίηση των ιστών

από άποψη σήματος καθιστά δυνατό τον σχηματισμό της εικόνας. Αυτή η αντίθεση επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η πυκνότητα πρωτονίων, οι χρονικές παράμετροι, T1 και T2, η ροή υγρών μέσα στο σώμα και οι παράμετροι της ακολουθίας TE και TR. Στην αντίθεση εικόνας έχουμε τη διαφορά στην απόχρωση του γκρι ή στην φωτεινότητα μεταξύ 2 περιοχών της εικόνας εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες που εξαρτάται και αντίθεση των ιστών. Εδώ έχουμε την παράμετρο CNR (Contrast To Noise Ratio) που ορίζεται διαφορά της τιμής SNR σε 2 γειτονικούς ιστούς. Είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας εκτίμησης της κλινικής απεικόνισης, επειδή όσο μεγαλύτερες τιμές λαμβάνει, τόσο καλύτερη είναι η διάκριση μεταξύ περιοχών με χαμηλή και υψηλή ένταση ρεύματος. Ένα μέσο που χρησιμοποιούμε στο μαγνητικό συντονισμό για την αύξηση της αντίθεσης είναι τα σκιαγραφικά μέσα. Αυτές οι ουσίες είναι κυρίως παραμαγνητικά ιόντα, παραμαγνητικά σύμπλοκα και μοριακό οξυγόνο. Τα σκιαγραφικά μέσα που προκαλούν μείωση του χρόνου T1 ονομάζονται θετικά σκιαγραφικά, διότι παρατηρείται υψηλότερη ένταση σήματος στις περιοχές πρόσληψης για τις εικόνες T1 αντίθεσης. Αντίθετα, όσα προκαλούν μείωση του χρόνου T2, καλούνται αρνητικά σκιαγραφικά, διότι παρατηρείται χαμηλή ένταση σήματος στις περιοχές πρόσληψης για τις εικόνες αντίθεσης, το επιθυμητό αποτέλεσμα παραμαγνητικής αλληλεπίδρασης είναι η παράλληλη ελάττωση και των 2 χρόνων[10].

3. Βασική Οργανολογία συστημάτων μαγνητικού συντονισμού

3.1 Γενικά

Με την πάροδο του χρόνου η τεχνολογία προχωράει όλο και περισσότερο και συνεχώς βρίσκονται και καινούργιες λειτουργίες και λύσεις που βοηθάνε στην καλύτερη διάγνωση αλλά και θεραπεία. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποια βασικά χαρακτηριστικά που όλα τα συστήματα μαγνητικού συντονισμού έχουν κοινά όπως οι μαγνήτες, πηνία αλλά και αναλογικούς- ψηφιακούς μετατροπείς. Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά τα διάφορα είδη αλλά και τη χρήση τους.

3.2 Μαγνήτες

Με σκοπό να πάρουμε σήμα μαγνητικού συντονισμού πρέπει να δημιουργήσουμε μαγνητικό πεδίο. Στα σύγχρονα συστήματα απεικόνισης χρησιμοποιούνται 3 τύποι μαγνητών, οι μόνιμοι μαγνήτες(permanent magnets), υπεραγώγιμοι μαγνήτες (superconductive magnets) και οι μαγνήτες αντιστάσεως(resistive magnets) ή κλασικοί ηλεκτρομαγνήτες.

3.2.1 Μόνιμοι Μαγνήτες (Permanent Magnets)

Οι μόνιμοι μαγνήτες είναι κατασκευασμένοι από NdBFe. Χαρακτηρίζονται από την καμπύλη υστέρησης, η οποία περιγράφει τη μη γραμμική ανταπόκριση του υλικού με ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Προσφέρουν πολύ υψηλή και σταθερή μαγνητική δύναμη. Δεν χρειάζονται σχεδόν καθόλου συντήρηση καθώς προσφέρουν κατευθείαν μαγνητικό πεδίο χωρίς την βοήθεια κάποιου ηλεκτρικού εξαρτήματος. Κατασκευαστικά θα τους συναντήσουμε ως ένα σχέδιο με δυο πόλους που θα βρίσκονται είτε πάνω είτε στα πλάγια του πεδίου οι μόνιμοι μαγνήτες γίνονται πιο βαριοί και η υψηλή τιμή του υλικού κατασκευής τους αποτελούν περιοριστικούς παράγοντες. Ακόμα για να επιτευχθεί μεγάλη σταθερότητα μαγνητισμού και το υλικό απαιτεί μια σταθερή τιμή θερμοκρασίας όχι μεγαλύτερης αλλαγής από 1K. Για όλα τα παραπάνω οι μόνιμοι μαγνήτες χρησιμοποιούνται για πεδία δύναμης κάτω από 0,3T. Ένας χαρακτηριστικός μόνιμος μαγνήτης είναι ο “ Halbach” κύλινδρος που δημιουργείται και προσαρμόζεται ώστε να παραχθεί πολύ καλής ποιότητας εικόνα με μεγάλη ευκρίνεια. Κάποια από τα πλεονεκτήματα των μόνιμων μαγνητών είναι ότι μπορούν να είναι ανοιχτοί είτε παιδικοί είτε για άτομα κλειστοφοβικά, δεν χρειάζεται εξτρά παροχή ρεύματος και γενικά το κόστος λειτουργείας τους είναι σχετικά μικρό[11,12,13].

3.2.2 Μαγνήτες Αντιστάσεως (Resistive Magnets)

Ουσιαστικά μιλάμε για ηλεκτρομαγνήτες που με βάση τους νόμους της ηλεκτρομαγνητικής περνάνε ένα ηλεκτρικό δυναμικό μέσω μια σειρά καλωδίων έτσι ώστε να παραχθεί μαγνητικό πεδίο. Στους μαγνήτες αντιστάσεως η δύναμη του μαγνητικού πεδίου εξαρτάται από το ηλεκτρικό δυναμικό το οποίο περνάει μέσα από τα πηνία των καλωδίων. Η κατεύθυνση του κύριου μαγνητικού πεδίου είναι με βάση τον κανόνα του “αντίχειρα δεξιού χεριού “και

παράγει γραμμές ροής που τρέχουν οριζόντια από την αρχή προς το τέλος του μαγνήτη. Είναι οι πιο απλοί κατασκευαστικά μαγνήτες από τους άλλους 2. Είναι πολύ πιο ελαφριοί από τους μόνιμους μαγνήτες (4.000 Kg σε αντίθεση με 90.000 Kg). Εάν από τα βασικά τους μειονεκτήματα είναι ότι χρειάζονται πολύ ηλεκτρική παροχή, για παράδειγμα ένα σύστημα 0,2T θα χρειαστεί από 60 kW έως 80 kW, και αυτό είναι συνεχόμενη παροχή όσο ο μαγνήτης είναι αναμμένος. Ακόμα λόγω της υπερθέρμανσης του δωμάτιου τα πηνία περιορίζουν την μέγιστη τιμή μαγνητικού πεδίου περίπου μέχρι και 0,3 T. Γενικά οι μαγνήτες αντιστάσεως όπως και οι μόνιμοι μαγνήτες χρησιμοποιούνται σε πιο συμβατικά συστήματα MRI. Εκτός από το γεγονός ότι είναι πιο ελαφριοί το αρχικό χρηματικό κεφάλαιο που χρειάζεται για την απόκτηση τους είναι χαμηλό σε σχέση με τους άλλους τύπους μαγνητών[13,14,15,16].

3.2.3 Υπεραγώγιμοι μαγνήτες (Superconductive magnets)

Στους υπεραγώγιμους μαγνήτες έχουμε δύναμη πεδίου από 10 έως 1000 μεγαλύτερης μαγνητίσης από τους άλλους 2 τύπους μαγνητών. Θα τους βρούμε συνήθως σε συστήματα κλινικής χρήσης 4T. Το κύριο υλικό κατασκευής τους είναι (Nb-Ti) με καλώδια συνήθως από χαλκό. Το σχήμα τους είναι συνήθως κυλινδρικό ή σωληνοειδές με μια κεντρική οπή. Για να επιτευχθεί ένα δυνατό και σταθερό μαγνητικό πεδίο η διάμετρος αυτής της οπής πρέπει να είναι αρκετά μικρή και το μήκος της μεγάλο με αποτέλεσμα πρακτικά να δημιουργείτε ένας έντονα μικρός χώρος εξέτασης που προκαλεί κλειστοφοβία στον ασθενή. Τα περισσότερα κλινικά συστήματα MRI που χρησιμοποιούν αυτούς τους τύπους μαγνητών λειτουργούν σε 0,5T, 1T, 1,5T, 3T. Επιπλέον χρησιμοποιούνται και για αναλυτική μικροσκοπία και εκεί φτάνουν μέχρι και τα 14 T. Με τους συγκεκριμένους μαγνήτες λόγω αυτής τους της υψηλής απόδοσης έχουμε και κάποια μειονεκτήματα όπως η δημιουργία ψευδενδείξεων. Η δημιουργία ψευδενδείξεων οφείλεται στην μαγνητική ευαισθησία στην ροή του αίματος αλλά και στην κίνηση του ασθενούς. Ένα ακόμα αρνητικό χαρακτηριστικό είναι ότι κοστίζουν πολύ και πως χρειάζονται θωράκιση λόγω των περιθωριακών πεδίων που είναι σημαντικά. Βέβαια είναι ο πιο σύνηθες μαγνήτης που θα συναντήσουμε σε MRI σύγχρονων κλινικών χώρων λόγω του εύρους σε Tesla που παρέχει (0,5T-14T) αλλά και του χαμηλού κόστους λειτουργίας του[13,15,16].

3.3 Πηνία

Τα RF πηνία είναι εξάρτημα των συστημάτων MRI με το οποίο το σήμα του MRI διεγείρεται λαμβάνεται ή χάνεται. Με βάση αυτό είναι πολύ σημαντικό για την ασφάλη αλλά και επιτυχή λειτουργία του MRI να διαλέγονται τα σωστά πηνία με βάση την σχεδίαση, την ειδικότητα, την κατασκευή αλλά και την αξιολόγηση. Έτσι μια μεγάλη ομάδα επιστημόνων επιλέγουν και χρησιμοποιούν πηνία ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο κλινικά ή πειραματικά αποτέλεσμα. Τα “νεότερα” πηνία χωρίζονται σε 7 κατηγορίες, τα επιφανειακά πηνία (surface coils), την συστοιχία βρόγχου (loop arrays), τα πηνία “ διέγερσης όγκου ” (volume coils), τα πηνία ειδικού σκοπού (Special purpose coils), τα πηνία κυκλωμάτων διασύνδεσης (coil interface circuit)[17].

3.3.1 Επιφανειακά πηνία (surface coils)

Συνήθως χρησιμοποιούνται για πιο ειδικές εφαρμογές: Μεγάλης ανάλυσης εικόνες της κόγχης του ματιού ή της κροταφογοναθικής άρθρωσης. Γενικά είναι πηνία που τοποθετούνται στην επιφάνεια του σημείου ενδιαφέροντος (ROI) σε ένα NMR-ενεργό δείγμα όπως η ανθρώπινη ανατομία. Χρησιμοποιείται για να εντοπίσει ένα γειτονικό ROI, με μεγάλη μεταδοτικότητα και/ή ευαισθησία απολαβής. Τα περισσότερα μπορούν μόνο να λάβουν MR σήμα και βασίζονται στο κύριο σήμα του πηνίου να μεταφέρει τους παλμούς RF. Η κύρια χρήση τους είναι MRI σπονδυλικής στήλης και απεικόνισης μικρών ανατομικών δομών[17,18,19].

3.3.2 Συστοιχία βρόγχου (loop arrays)

Είναι ουσιαστικά συστοιχία από επιφανειακά πηνία. Είναι κατασκευασμένα για αποτελεσματικά μετάδοση αλλά και λήψη από μικρά ROIs με την ευαισθησία και αποδοτικότητα μετάδοσης όπως ένα επιφανειακό πηνίο. Σκοπός είναι να επιτευχθεί μεγαλύτερη ταχύτητα , ποιότητα και ασφάλεια στην απεικόνιση[17].

3.3.3 Volume coils (Πηνία διέγερσης όγκου)

Τα συγκεκριμένα πηνία χρησιμοποιούνται ως πηνία λήψης ή σαν συνδυασμός μετάδοσης/λήψης. Περικυκλώνουν όλη την ανατομική περιοχή που θέλουμε να απεικονιστεί. Δυο από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα πηνία είναι το σαμαροειδές πηνίο “ saddle coil ” και

το πηνίο το κλουβί του πουλιού “birdcage”. Κύριο χαρακτηριστικό αυτών των πηνίων είναι το ομοιογενές σήμα. Ένας άλλος σημαντικός τύπος τέτοιων πηνίων είναι τα πηνία σώματος “body coils” όπου αποτελούν αδιάσπαστο κομμάτι ενός MR ανιχνευτή και πιο συγκεκριμένα βρίσκεται μέσα στην οπή του μαγνήτη. Το σχήμα τους είναι κυλινδρικό και βασίζονται σε ημιτονοειδή διανομή ρεύματος κατανεμημένα περιφερειακά γύρω από τον κύβο και περνούν καταμήκος του πηνίου ώστε να δημιουργήσουν ένα εγκάρσιο μαγνητικό πεδίο. Τέτοια πηνία χρησιμοποιούνται για απεικονίσεις εγκεφάλου[19,20].

3.3.4 Phazed-array coil ή Antenna (Φασικά ελεγχόμενη στοιχειοκεραία)

Είναι βασισμένη στην τεχνολογία της “Antenna” όπου μεγάλα γκρουπ από μικρές “antennas” χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις ανίχνευσης με σκοπό την συνολική μετάδοση του σήματος. Ουσιαστικά τα πηνία είναι αποσυνδεδεμένα το ένα από το άλλο επιλέγοντας την σύμπτυξη μεταξύ γειτονικών πηνίων με σκοπό να εξαφανισθεί η κοινή επαγωγή. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια μιας μικρής αντίστασης προ ενισχυτή στην έξοδο κάθε πηνίου. Συνήθως θα δημιουργήσουμε με αυτά ένα εξάγωνο έτσι ώστε να εξαλείψουμε την κοινή επαγωγή από τα στοιχεία των πηνίων. το σύνολο αυτών τοποθετείται κάθετα στο βασικό μαγνητικό πεδίο[21].

3.4 Ψηφιακό υπολογιστικό τμήμα

Ένα σύστημα μαγνητικού συντονισμού είναι ένα ψηφιακό απεικονιστικό σύστημα. Οπτικές πληροφορίες διαβιβάζονται σε μορφή ψηφιακής εικόνας η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας ορίζεται από την απόκτηση και επεξεργασία αυτής της οπτικής πληροφορίας από έναν υπολογιστή με τη χρήση προγραμμάτων. Στο MRI Παίρνουμε πληροφορίες με βάση την δραστηριότητα της οπτικής αλλοίωσης μετρώντας τις διαφορικές “χαλαρώσεις” από ένα παραγόμενο πυρηνικό μαγνητικό σήμα. Για fMRI Τα βήματα ανάμεσα στο να παρατηρήσουμε το βιολογικό φαινόμενο και στο σήμα που παίρνουμε είναι αρκετά αυξημένη νευρική δραστηριότητα, τοπική εξάντληση από την ένταση του οξυγόνου, αυξημένη ροή αίματος, αυξημένη συγκέντρωση τοπικά οξυαιμοσφαιρίνης, δια μαγνητική αλλοίωση του ρυθμού περιστροφής χαλάρωσης, και όλα αυτά αλλάζουν με ρυθμούς των δευτερολέπτων. Ουσιαστικά μιλάμε για δημιουργία 2D(δισδιάστατη) ενός φυσικού αντικειμένου μετρώντας την ενέργεια που μεταδίδεται ή αντανακλάται από το αντικείμενο. Η εικόνα έτσι ώστε να περιέχει πληροφορίες για το αντικείμενο είναι απαραίτητο για την ποσότητα της μεταδιδόμενης

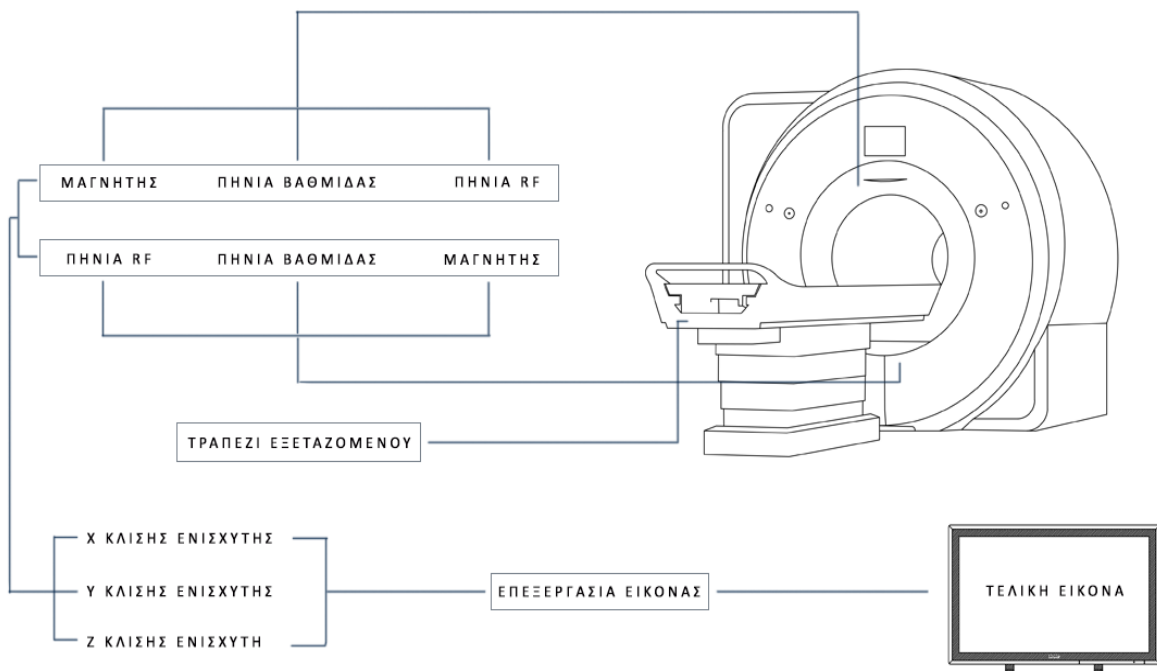
ενέργειας να διαφέρει βασισμένη στις τοπικές ιδιότητες του αντικειμένου. Αυτό μας προσφέρει την αντίθεση στην εικόνα. Είναι επίσης απαραίτητο για την χωρική προέλευση της μετρούμενης ενέργειας να είναι γνωστή με σκοπό η εικόνα να έχει χωρική ανάλυση[22,23].

3.4.1 Κατασκευή της εικόνας

Για κάθε σήμα που λαμβάνουμε από μια “Antenna” ή από RF παίρνουμε πληροφορίες της ολικής εικόνας του αντικειμένου που απεικονίζουμε που όμως δεν κωδικοποιείται έτσι ώστε να πάρουμε την εικόνα ακόμα. Έτσι απαιτούνται για την δημιουργία της εικόνας μαγνητικές διαβαθμίσεις με σκοπό την κωδικοποίηση της χωρικής πληροφορίας του αντικειμένου. Υπάρχουν διάφορες συναρτήσεις που μπορούν να μας βοηθήσουν και κυρίως η επιλογή “φέτας”-τομής και η χωρική κωδικοποίηση είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα έτσι ώστε να εντοπίσουν το σήμα[24].

3.4.2 Βελτιστοποίηση σήματος

Το σήμα που παίρνουμε πρέπει να διορθώνεται χρησιμοποιώντας σύστημα σμίλευσης του σήματος, διορθώνοντας οποιαδήποτε ανομοιογενή και βελτιστοποιώντας κάθε απεικόνιση. Η ανομοιογένεια του σήματος ελέγχεται εξετάζοντας το FID σήμα στην απουσία κλίσης πεδίου. Τα σήματα που ανιχνεύονται από το RF πηνίο καταγράφονται στον υπολογιστή και η εικόνα κατασκευάζεται από έναν μαθηματικό αλγόριθμο όπως ο Fourier[24].



4.Βασικά Μηχανήματα MRI και εξετάσεις

4.1 Εισαγωγή στα Μηχανήματα

Πριν επιλέξουμε τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιήσουμε στην κλινική μας θα κάνουμε μια ανάλυση κάποιων από τα είδη που υπάρχουν. Ένας κύριος διαχωρισμός αυτών των μηχανημάτων είναι με βάση τα Tesla, όπως θα δούμε και παρακάτω υπάρχουν μαγνητικοί τομογράφοι με 1,5T, 3T και 7T. Άλλοι τύποι είναι ο HIGH- V με πεδίο δύναμης τα 0,55T που είναι ένα από τα σχετικά καινούργια συστήματα που έχουν κάνει την εμφάνιση τους. Ο καθένας από τους παραπάνω αναφερόμενους έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του που τους καθιστούν κατάλληλους ή όχι για τον χώρο μας. Οι πληροφορίες που πάrouμε είναι για μηχανήματα που ανήκουν στην εταιρεία Siemens, GE(General Electric) και Philips.

4.2A 1,5T Μαγνητικός Τομογράφος SIEMENS



Figure 1 Εικόνα 1: "MAGNETOM Sola" site Siemens[26]

Ο πρώτος τομογράφος που θα αναλύσουμε είναι ο “MAGNETOM Sola” που βλέπουμε στην εικόνα παραπάνω. Είναι ο πρώτος τομογράφος 1,5T που χρησιμοποιεί “ Biomatrix Technology”, που ουσιαστικά προσαρμόζεται αυτόματα ανάλογα τα ξεχωριστά βιομετρικά χαρακτηριστικά του ασθενή.

Διαθέτει χαρακτηριστικά όπως το “ Biomatrix Select & Go” που είναι οθόνη αφής με λειτουργία που κάνει πιο εύκολη την προετοιμασία του ασθενή και πετυχαίνει την θέση του ασθενή. Έχει επίσης λογισμικό και υλισμικό παρακολούθησης της αναπνοής αλλά και επιτάχυνσης των εξετάσεων ρουτίνας. Το ανωτέρω σύστημα MRI έχει κατάλληλο λογισμικό και υλισμικό για χρήση στην Νευρολογία και στο Μυοσκελετικό σύστημα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ολόσωμες τεχνικές, σε ορθοπεδικές εφαρμογές, στην καρδιά και αλλού[26].

4.2A.1 Τεχνικές Προδιαγραφές

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	1,5T
Μέγεθος Οπής	70cm (Σχέδιο Ανοιχτής Οπής)
Κατανάλωση Ηλίου	Τεχνολογία Μηδενικής Κατανάλωσης βράσης Ηλίου
Δύναμη Κλίσης	XQ gradients 45/200 ταυτόχρονα
	XJ gradients 33/125 ταυτόχρονα

Τεχνολογία RF	
Μέγιστος αριθμός Καναλιών	204
Αριθμός Ανεξάρτητων καναλιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα σε μια εξέταση και για ένα Fovoa , κάθε ένα δημιουργεί μερική εικόνα	32,48,64
Κατανάλωση Ρεύματος	Τεχνολογία “ Eco -Power”
Χωροθέτηση και Εγκατάσταση	
Μήκος Συστήματος	157cm από άκρη σε άκρη
Βάρος συστήματος (Σε λειτουργία)	4,2 τόνοι
Ελάχιστο Μέγεθος Δωματίου	28 m ² /302 sq ft

4.2B 3T Μαγνητικός Τομογράφος



Εικόνα 1 "MAGNETOM Vida" site Siemens[27]

Ένα ακόμα σύστημα της εταιρίας Siemens είναι το “ MAGNETOM Vida “ στα 3T. Είναι ο πρώτος 3T MRI που χρησιμοποιεί την τεχνολογία “Biomatrix Technology “. Με το λογισμικό που διαθέτει μπορεί να μειωθεί ο χρόνος εξέτασης χωρίς ουσιαστική επιβάρυνση στην ποιότητα της εικόνας. Το ανωτέρω σύστημα MRI έχει κατάλληλο λογισμικό και υλισμικό για χρήση στην Νευρολογία και στο Μυοσκελετικό σύστημα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ολόσωμες τεχνικές, σε ορθοπεδικές εφαρμογές, στην σπονδυλική στήλη, στην καρδιά και αλλού[27].

4.2B.1 Τεχνικές Προδιαγραφές

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	3T
Μέγεθος Οπής	70cm (Σχέδιο Ανοιχτής Οπής)
Κατανάλωση Ηλίου	Τεχνολογία Μηδενικής Κατανάλωσης βράσης Ηλίου
Δύναμη Κλίσης	XQ gradients 45/200 ταυτόχρονα
	XT gradients 60/200 ταυτόχρονα
Τεχνολογία RF	
Μέγιστος αριθμός Καναλιών	204,228
Αριθμός Ανεξάρτητων καναλιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα σε μια εξέταση και για ένα Fovea , κάθε ένα δημιουργεί μερική εικόνα	32,64,128
Κατανάλωση Ρεύματος	Τεχνολογία “ Eco -Power”
Χωροθέτηση και Εγκατάσταση	

Μήκος Συστήματος	186cm από άκρη σε άκρη
Βάρος συστήματος (Σε λειτουργία)	7,35 τόνοι
Ελάχιστο Μέγεθος Δωματίου	31 m ² /333,68 sq ft

4.2C High -V MRI



Εικόνα 2 "Magnetom FreeMax" site Siemens[28]

Το σύστημα "MAGNETON FreeMax" ζυγίζει λιγότερο από 3,2 τόνους, έχει διαστάσεις που καλύπτουν το πολύ τα 24m και το ύψος του δεν υπερβαίνει τα 2m. Παίρνει την δύναμη της ψηφιοποιήσεις και υπολογισμένα την εφαρμόζει σε εάν νέο πεδίο δύναμης των 0,55T. Το

ανωτέρω σύστημα MRI έχει κατάλληλο λογισμικό και υλισμικό για χρήση στην Απεικόνιση Εγκέφαλου και στο Μυοσκελετικό σύστημα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε απεικόνιση λαιμού , γονάτου και ώμου καθώς και σε απεικόνιση αγκώνα και της κοιλιακής χώρας[28].

4.2C.1 Τεχνικές Προδιαγραφές

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	0,55T και ψηφιακή επεξεργασία
Μέγεθος Οπής	80cm (Σχέδιο Ανοιχτής Οπής)
Κατανάλωση Ηλίου	Μόνο 0,7L υγρό Ήλιο
Χωροθέτηση και Εγκατάσταση	
Μήκος Συστήματος	2m από άκρη σε άκρη
Βάρος συστήματος (Σε λειτουργία)	3,2 τόνοι
Ελάχιστο Μέγεθος Δωματίου	24 m ² / 258,33sq ft

4.2D MyExam Companion

Όλα τα παραπάνω συστήματα μαγνητικών τομογράφων εκτός από το κομμάτι της σάρωσης του ασθενή διαθέτουν και το υπολογιστικό τμήμα που επεξεργάζεται το σήμα που θα πάρουμε κατατείνω διάρκεια της εξέτασης. Το “MyExam companion” χρησιμοποιεί μια νέα τεχνολογία στην ιστορία του MRI. Νέες δυνατότητες της ψηφιοποίησης και της AI(Artificial Intelligence) με την μετατροπή των δεδομένων σε ολοκληρωμένη ειδίκευση και εξατομικευμένη βοήθεια. Αυτό περιλαμβάνει τα “MyExam” Autopilot, Assist και Cockpit που θα αναλύσουμε παρακάτω[29].

4.2D.1 Autopilot

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα προσφέρει μια πιο προχωρημένη και «έξυπνη» αυτοματοποίηση. Κάνει την εξέταση πολύ πιο απλή, αυτόματα πρωτοκολλά χωρίς την ανάγκη για ειδική προσαρμογή, εύκολος σχεδιασμός με εστίαση στο τι χρειάζεται ο χειρίστης με καμία απόσταση και με κοινοτοπία στην χρήση με αφή ή απλό πάτημα κουμπιού. Τέλος καλύπτει πάνω από το 70% των εξετάσεως MRI[29].

4.2D.2 Assist

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα παρέχει την δυνατότητα να επιλέξεις την ρουτίνα που επιθυμείς ανάλογα με τις ανάγκες του ασθενή και καλύπτει το 90% των εξετάσεων του MRI[29].

4.2D.3 Cockpit

Αυτό το πρόγραμμα επιτρέπει στους χρήστες να φτιάξουν και να διατηρήσουν πρωτοκολλά, να κτίσουν γνώση σε συγκεκριμένες εξετάσεις και να τις παρέχουν και σε άλλες εξετάσεις για όλους τους χρήστες στην MRI διάγνωση. Μπορεί να διασυνδεθεί με τα προγράμματα “Autopilot” και “Assist”[29].

4.3A 1,5T Μαγνητικός Τομογράφος GE(General Electric)



Figure 2 SIGNA Artist 1,5T GE [30]

Ο SIGNA Artist 1,5T διαθέτει κάλυψη 360° από πηνία για να καλύψει όλων των τύπων εξετάσεις και όλα τα μεγέθη ασθενών. Με το να έρχεται πιο κοντά στον ασθενή το “AIR Cours” βοηθάει στο να βγαίνουν καλύτερες ποιότητες εικόνες που είναι πιο εύκολες στην ανάγνωση επιτρέποντας πιο γρήγορες συνεδρίες. Αυτόματα επιλέγει την καλύτερη συνάρτηση στοιχείου πηνίου για κάθε ασθενή. “AIR Cours” βοηθούν στην ελάττωση του χρόνου στο τραπέζι κατά 37% στην τοποθέτηση κατά 59%[30].

Δυνατότητες

Διαθέτει περισσότερα κανάλια για λιγότερο θόρυβο, ουσιαστικά για να παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία το σύστημα TDI. Διαθέτει ένα ανεξάρτητο αναλογικό σε ψηφιακό σύστημα ώστε να ψηφιοποιεί το σήμα σε όλα από τα 128 RF κανάλια στο μεγαλύτερο αριθμό κλάσης εξουδετερώνοντας οποιοδήποτε άχρηστο θόρυβο. Σχεδιασμένο να αυξάνει το SNR και την ομοιομορφία προσφέρει πάνω από 25% μεγαλύτερο SNR[30].

“Εξυπνη τεχνολογία μαγνήτη”

Έχει χαμηλή παροχή σε Ήλιο ανά συνεδρία. Η τελευταία γενιά μαγνήτη, στην καρδιά αυτού του MRI ελαχιστοποιεί το Ήλιο κατά 70% σε όλο τον κύκλο εργασίας, ενώ διατηρεί εξαιρετική απόδοση χρησιμοποιώντας τεχνολογία που είναι λιγότερο εξαρτώμενη από το Ήλιο, πιο εύκολη στη χρήση και φιλική προς το περιβάλλον[30].

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	1,5T
Μέγεθος Οπής	70cm
Head Coils	48 κανάλια
Διαθέτει	SWI (Susceptibility Weighted Imaging)
	DWI (Diffusion Weighted Imaging)

4.3B 3T SIGNA™ HERO



Εικόνα 3 3T SIGNA™ HERO[30]

Κατασκευασμένο με οπή στα 70 cm ο 3T μαγνητικός τομογράφος προσφέρει εξαιρετική ροή εργασίας παραγωγικότητα και άνεση στον ασθενή πραγματοποιώντας δύσκολες εξετάσεις. Συνδυάζει εξαιρετική ποιότητα εικόνας με βελτιωμένη εμπειρία για το προσωπικό και τους ασθενείς

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	3T
Μέγεθος Οπής	70cm
Gradient Performance	45 m T / m, 200 T/m/s
Ήλιο	Χαμηλό Ήλιο
Οπτικό Πεδίο	50cm x 50cm x 50 cm

4.3C Κλινικές Εφαρμογές

Το ανωτέρω σύστημα MRI έχει κατάλληλο λογισμικό και υλισμικό για χρήση στην Νευρολογία και στο Μυοσκελετικό σύστημα, στην καρδιά, σε ορθοπεδικά περιστατικά, σε απεικόνιση όλου του σώματος, σε ογκολογικές εφαρμογές, σε μελέτες ροής και αλλού[30].

4.3.D SIGNA™ 7T MRI



Figure 3 SIGNA™ 7T MRI[30]

Με συντεταγμένες UltraG ο μαγνητικός τομογράφος SIGNA™ 7T MRI προσφέρει ανώτερη αντίθεση και απόδοση SNR για βελτιωμένη διαγνωστική απόδοση όλα με γνωστές εφαρμογές τελευταίας τεχνολογίας χρησιμοποιώντας τεχνικές βαθιάς μάθησης (deep learning). Το συγκεκριμένο σύστημα MR είναι μια πλατφόρμα για προχωρημένη νευρολογική έρευνα και κλινική εφαρμογή. Είναι φτιαγμένο να αναγνωρίζει απλές δομές που μπορεί να είναι πολύ σημαντικές για τους κλινικούς και τους ερευνητές.

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	7T
Μέγεθος Οπής	60cm
Δύναμη:	2400 V, peak instantaneous current: 1034 A
Ήλιο	Χαμηλό Ήλιο
XR Gradient	80/200

4.4A PHILIPS MRI: MR Ingenia Ambition 1.5T



Εικόνα 4 MR Ingenia Ambition 1.5T[31]

Το σύστημα MR Ingenia Ambition είναι σύστημα της εταιρίας Philips με πλήρως θωρακισμένο μαγνήτη στα 1,5T. Διαθέτει μέγεθος οπής στα 70cm για μεγαλύτερη άνεση του ασθενή.

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	1,5T
Μέγεθος Οπής	70cm
Micro- cooling Τεχνολογία	Ναι
Τύπος Χειριστηρίου Μαγνήτη	Ψηφιακός – Έξυπνης Προσαρμοστικότητας
Vent Pipe Requirements	Πλήρως Καλυμμένα
Ομοιογένεια V -RMS	</ 0,9 ppm(σε 45cm DSV)

Βάρος συστήματος (Σε λειτουργία)	2.3 τόνοι
Μέγιστο FOV	55cm
Cryogen boil-off rate	Πλήρως Καλυμμένα
Omega HP Gradients Μέγιστο πλάτος για κάθε άξονα Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής	45mT/m 200 T/m/s
Siting Information Ελάχιστο μέγεθος Ελάχιστο ύψος	3.4m x 5.3m 2.56m
RF Receive Number of independent receive channels	Ανεξάρτητο Καναλιών
Location of analog to digital Converter (ADC)	Μέσα στο πηνίο
Signal chain from coil to reconstructor	Εντελώς Ψηφιακό
dSteam	Ναι

4.4B PHILIPS 3T MR7700



Εικόνα 5 PHILIPS 3T MR7700[31]

Το μηχάνημα MR7700 από την εταιρεία Philips με μαγνήτη στα 3T. Διαθέτει ακόμα, ενσωματωμένα πολυνουκλεοτίδια που βοηθούν στην απεικόνιση.

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	3T
Μέγεθος Οπής	70cm
Micro- cooling Τεχνολογία	Ναι
Τύπος Χειριστηρίου Μαγνήτη	Ψηφιακός – Έξυπνης Προσαρμοστικότητας
Vent Pipe Requirements	Πλήρως Καλυμμένα
Ομοιογένεια V -RMS	</ 0,9 ppm(σε 45cm DSV)

Βάρος συστήματος (Σε λειτουργία)	4.8 τόνοι
Μέγιστο FOV	55cm
Cryogen boil-off rate	Πλήρως Καλυμμένα
Omega HP Gradients Μέγιστο πλάτος για κάθε άξονα Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής	65mT/m 220 T/m/s
Siting Information Ελάχιστο μέγεθος Ελάχιστο ύψος	3.4m x 5.3m 2.56m
RF Receive Number of independent receive channels	Ανεξάρτητο Καναλιών
Location of analog to digital Converter (ADC)	Μέσα στο πηνίο
Signal chain from coil to reconstructor	Εντελώς Ψηφιακό
dSteam	Ναι

4.4C Κλινικές Εφαρμογές

- Απεικόνιση τραυματισμένου γονάτου
- Απεικόνιση ποδιού
- Απεικόνιση εγκεφάλου
- Καρκίνωμα πέους
- Δυναμική ενίσχυση αντίθεσης σε MR αγγειογραφία
- Απεικόνιση νεφρών χωρίς σκιαγραφικό
- Απεικόνιση αντίχειρα
- Οσφυϊκή σπονδυλικής στήλη
- Εξέταση ώμου
- Εξέταση γονάτου
- Μεγάλης ανάλυση απεικόνιση αστράγαλου σε μικρό χρόνο

4.5A UNITED 1,5T “uMR680”



Εικόνα 6 UNITED 1,5T “uMR680”[32]

Είναι ο Μαγνητικός Τομογράφος “UMR680” στα 1,5T. Διαθέτει τεχνολογία AI(Artificial Intelligence). Με μέγιστο βάρος αντοχής τράπεζας στα 308 Kg.

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	1.5T
Μέγεθος Οπής	70cm
Weight Capacity	308 Kg
Omega HP Gradients	
Μέγιστο πλάτος για κάθε άξονα	45mT/m
Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής	200 T/m/s

Number receive channels	Μέχρι 96
Peak Power per channel	18kW

4.5A.1 Κλινικές Εφαρμογές

- Ογκολογία
- Νευρολογία
- Αγγειακά
- Πνευμονική Ανάλυση

4.5B United 3T “uMR Omega”

Είναι ο Μαγνητικός Τομογράφος “uMR Omega” στα 3T. Με μέγεθος οπής στα 75cm και μέγιστο βάρος αντοχής τράπεζας στα 310Kg. Διαθέτει τεχνολογία AI (Artificial Intelligence).



Εικόνα 7 United 3T “uMR Omega” [32]

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	3T
Μέγεθος Οπής	75cm
Weight Capacity	310 Kg
Omega HP Gradients	
Μέγιστο πλάτος για κάθε άξονα	45mT/m
Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής	200 T/m/s
Peak Power	3,5MW
FOV	60cm

4.5B.1 Κλινικές Εφαρμογές

- Κεφάλι
- Γοφός
- C- Spine
- Αστράγαλος
- Γόνατο
- Εγκέφαλο
- Προστάτη
- Ωμο

4.5C United 5T “Jupiter”

Είναι ο Μαγνητικός Τομογράφος της United στα 5T. Χρησιμοποιείται για κλινικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Απεικόνιση πολυνουκλεοτιδίων. Διαθέτει τεχνολογία AI(Artificial Intelligence).



Εικόνα 8 United 5T “Jupiter”[32]

Σύστημα Μαγνήτη	
Δύναμη Πεδίου	5T
Omega HP Gradients Μέγιστο πλάτος για κάθε άξονα Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής	120mT/m 200 T/m/s
Κατανάλωση Ηλίου	Μηδενική κατανάλωση Ηλίου
Διαθετει	8 channel Body Transmit

4.5C.1 Κλινικές Εφαρμογές

Ουσιαστικά καλύπτει απεικονίσεις σε ολόκληρο το σώμα από το κεφάλι μέχρι και τα πόδια .

5. Το Κέντρο Εξετάσεων MRI

5.1 Σχεδιασμός Χώρου MRI Scan

Για να εγκαταστήσουμε τέτοια συστήματα μαγνητικού συντονισμού υπάρχει μια σειρά βημάτων που πρέπει να ακολουθηθούν ώστε να γίνει σωστά, πρακτικά αλλά και μεθοδικά αυτή η εγκατάσταση. Υπάρχουν δυο κατηγορίες θεμάτων που πρέπει να επιλυθούν Α) Η επίδραση του μαγνητικού πεδίου με το περιβάλλον χώρο δηλαδή, τους ασθενείς, το προσωπικό και τα επιστημονικά όργανα και Β) Η επίδραση του χώρου στον μαγνήτη που μπορεί να επηρεάσει την ομοιομορφία του μαγνητικού πεδίου. Είναι μια εγκατάσταση αρκετά χρονοβόρα και απαιτητική. Η εγκατάσταση αυτή προαπαιτεί μια ομάδα ατόμων τόσο μηχανικών βιοϊατρικής όσο και αρχιτεκτόνων. Η δημιουργία δωματίων για την εξέταση MRI μπορεί να κοστίσει από 3 έως και 5 εκατομμύρια για την κατασκευή και τον εξοπλισμό. Παρακάτω θα αναλύσουμε 4 βασικούς παράγοντες που μας βοηθάνε να επιλέξουμε κατάλληλα . Το βάρος, οι δονήσεις του κτηρίου, η επιλογή του εξοπλισμού και η παρεμβολή του θορύβου[33].

5.1.1 Το Βάρος

Ο εξοπλισμός ενός τέτοιου συστήματος είναι αναμφίβολα πολύ βαρύς όπως είδαμε και σε προηγούμενα κεφάλαια με ένα εύρος από 3,2 έως 7,35 τόνους. Πέρα από τον μαγνήτη και το δωμάτιο ηλεκτρικού ελέγχου είναι μεταξύ 1 έως 1,5 τόνο. Για πολλά χρόνια η επιλογή του MRI γινόταν σε ορόφους όπως το ισόγειο λόγω του βάρους του. Αν μιλάμε για υπάρχων κτήριο κατά μέσο ορό είναι φτιαγμένος ο κάθε όροφος να αντέχει 18 έως 23 κιλά το τετραγωνικό άρα καταλαβαίνουμε πως ένας MRI 4,5 τόνων θα είναι δύσκολο να τοποθετηθεί. Κανονικά σε έναν ήδη υπάρχων χώρο ο αρχιτέκτονας να κάνει αξιολόγηση της αντοχής του ορόφου και θα καθορίσει αν θα γίνει κάποια αναπροσαρμογή του χώρου. Επειδή η τοποθέτηση ενός τέτοιου συστήματος είναι αρκετά περιπλοκή θα πρέπει να γίνει γενική αξιολόγηση καθώς, πέρα από το βάρος μιλάμε για ένα γενικά ογκώδες μηχάνημα[33,34].

5.1.2 Δονήσεις και Ήχος

Υπάρχουν ειδικά όρια όσο αφορά τις δονήσεις όσο και τον ήχο, πολλές φορές «συγχωνεύονται» ιδεολογικά καθώς δημιουργούνται κοινά θέματα και με τα δυο. Προκαλούν αλλοιώσεις στην εικόνα των εξετάσεων. Όταν οι δομές/δωμάτια τοποθετούνται σε χαμηλούς ορόφους μπορούν να γίνουν μονώσεις στην πλακά του δαπέδου ώστε να μειωθούν οι μεταφορές δονήσεων μέσα στο δωμάτιο. Υπάρχουν εξωτερικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα της εικόνας όπως κυκλοφοριακή κίνηση, κάποια αλλά μηχανήματα σε λειτουργία ακόμα και ανθρωπινά βήματα μπορούν να προκαλέσουν δονήσεις που θα φανούν παραπλανητικές. Οι δονήσεις μπορούν να περάσουν από αρκετούς ορόφους και να επηρεάσουν. Σε έναν καινούργιο χώρο θα πρέπει να επιλέξουμε πλάκα σκυροδέματος και δοκούς δαπέδου που είναι πιο άκαμπτοι και από τους μεταλλικούς δοκούς[33,34].

5.1.3 Θωράκιση

Ένα ακόμα βασικό κομμάτι που πρέπει να ελέγξουμε στην διαδρομή για την δημιουργία ενός τέτοιου χώρου είναι η θωράκιση. Ουσιαστικά δυο στοιχεία θα πρέπει να θωρακίσουμε, την συχνότητα RF και τον μαγνήτη. Η θωράκιση RF αποτρέπει την ακτινοβολία της ηλεκτρομαγνητικής ραδιοσυχνότητας να εισέλθει στο δωμάτιο, αυτό ουσιαστικά προστατεύει τον εξοπλισμό μας. Η μαγνητική θωράκιση έχει διπλό ρολό, τόσο στο να προφυλάξει τους ανθρώπους και τον εξωτερικό εξοπλισμό από το μαγνητικό πεδίο του δωματίου όσο και την διατήρηση της απεικόνισης από εξωτερικά μαγνητικά πεδία όπως τα ασανσέρ ή ακόμα αν βρίσκεται το δωμάτιο σε χαμηλό όροφο ακόμα και από τα αυτοκίνητα. Για να πραγματοποιήσουμε την θωράκιση RF δημιουργούμε ένα “Faraday Cage” χρησιμοποιώντας πάνελ φτιαγμένα από χαλκό. Ένα τέτοιο δωμάτιο επίσης χρειάζεται θωράκιση από το RF και στις πόρτες και στα παράθυρα[33,34].

5.1.4 Ορθή Επιλογή Εξοπλισμού.

Ανάλογα και με τον χώρο που επιλέγουμε θα πρέπει να κάνουμε κάποιες μετρήσεις για να δούμε τι επιλογές θα έχουμε σε εξοπλισμό. Σε όλα τα μηχανήματα δίνονται από τον κατασκευαστή οι προδιαγραφές για την ομαλή λειτουργία, τόσο του μηχανήματος όσο και οι προϋποθέσεις ώστε να μην παρεμβάλει σε εργασίες έξω από τον χώρο αυτό. Συνήθως ένας μηχανικός τοποθετεί ανιχνευτές δονήσεων γύρω από τον χώρο που προτείνεται να γίνει το δωμάτιο εξέτασης , που μελετάνε και καταγράφουν τον χώρο από 48 έως 72 ώρες. Τυχόν

ενοχλητικές δονήσεις παρατηρούνται από τους μηχανικούς και προτείνονται λύσεις εξομάλυνσης. Εκτός αυτού από την ομάδα μηχανικών που έχει φτιάξει το μηχάνημα κατά την εγκατάσταση τοποθετείται βάση μόνωσης “Isolation Pad” για εξτρά ασφάλεια[35].

5.1.5 Αντιμετώπιση Έκτακτων Καταστάσεων

Σχεδόν όλοι οι μαγνητικοί τομογράφοι διαθέτουν δυο διαφορετικά πλήκτρα τερματισμού λειτουργίας, το κουμπί έκτακτης ανάγκης και το κουμπί απόπνιξης (quench). Το κουμπί έκτακτης ανάγκης διακόπτει την ηλεκτρική παροχή σε όλα τα τμήματα του μαγνήτη εκτός από τον στατικό μαγνήτη, δηλαδή το μαγνητικό πεδίο του συστήματος παραμένει ενεργό. Χρησιμοποιείται όταν παρατηρηθεί φωτιά στην αίθουσα του μαγνήτη, ασυνήθιστος και ισχυρός θόρυβος από το σύστημα ή όταν υπάρχει διαρροή υδάτων στον χώρο του συστήματος.

Κατά την διαδικασία της απόπνιξης (quench) προκαλείται απότομη αύξηση της θερμοκρασίας των πηνίων του υπεραγωγίου μαγνήτη στο σημείο όπου το υγρό ήλιο που περιέχει θα εξατμιστεί μέσω ειδικής διόδου διαφυγής. Η διαδικασία αυτή διαρκεί περίπου 20s, όπου σταματά την υπεραγωγίμη λειτουργία του μαγνήτη μειώνοντας γρήγορα το μαγνητικό πεδίο. Αυτή η διαδικασία μπορεί να προκαλέσει ασφυξία από την διαρροή του ηλίου στην αίθουσα του συστήματος δημιουργώντας ζημίες στα πηνία του συστήματος και κίνδυνο από τα υψηλά ρεύματα και τις τάσεις στην επιφάνεια του μαγνήτη. Χρησιμοποιείται μόνο ως έσχατη λύση, όταν μεταλλικά αντικείμενα έχουν κολλήσει στον μαγνήτη και υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού[36].

5.2 Δομή Κλινικού Χώρου

Παραπάνω είδαμε κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά των προδιαγραφών που λαμβάνουν υπόψιν οι μηχανικοί για την δημιουργία του δωματίου MRI, θα προχωρήσουμε στην δημιουργία όλων των χώρων που θα αποτελέσουν τον τελικό κλινικό μας χώρο. Η δομή είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να προσφέρει ασφάλεια και άνεση για τους ασθενείς. Η κλινική αποτελείται από τον χώρο υποδοχής, όπως και χώρο αναμονής των ασθενών που περιμένουν για το ραντεβού τους. Ο χώρος επίσης διαθέτει 2 δωμάτια με MRI συστήματα τελευταίας τεχνολογίας όπου λαμβάνουν χώρο οι εξετάσεις. Επιπλέον διαθέτει control room, που εξειδικευμένοι τεχνικοί ελέγχουν την εξέταση και επικοινωνούν με τους ασθενείς. Ακόμα διαθέτει δωμάτια που μιλάει ο ασθενής με το γιατρό για τα αποτελέσματα των εξετάσεων. Υπάρχει τουαλέτα διαμορφωμένη και για ασθενή με κινητικό πρόβλημα, γραφεία για τους γιατρούς, χώρος ανάπαυσης του προσωπικού, χώρος αποθήκευσης και το ηλεκτρικό δωμάτιο.

5.2.1 Χώρος Υποδοχής

Είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της κλινικής μας είναι το πρώτο σημείο επαφής με τον ασθενή και παίζει σημαντικό ρόλο στην παροχή μιας ευχάριστης εμπειρίας για αυτούς βρίσκεται στην είσοδο της κλινικής και εξυπηρετεί για όλες τις διοικητικές αλλά και σχετικές με τον ασθενή δραστηριότητες. Η υποδοχή είναι υπεύθυνη για το καλωσόρισμα των ασθενών για τον έλεγχο και για την επαλήθευση των στοιχείων τους. Απαντούν σε τηλεφωνήματα προγραμματίζουν ραντεβού και διεκπεραιώνουν αιτήματα ασφάλισης και χρέωσης. Ο χώρος είναι καλά οργανωμένος και εξοπλισμένος με όλα τα απαραίτητα, υπάλληλοι εκεί επικοινωνούν με τα μέλη του προσωπικού για να εξασφαλίσουν την ομαλή ροή των ασθενών σε όλη την κλινική. Συνολικά η ρεσεψιόν αποτελεί βασικό συστατικό της εμπειρίας στη φροντίδα των ασθενών προσφέροντας ένα φιλόξενο και αποτελεσματικό περιβάλλον για να λάβει τις απαραίτητες υπηρεσίες απεικόνισης.

5.2.2 Χώρος αναμονής.

Είναι ένα σημαντικό κομμάτι ενός οποιαδήποτε κέντρου, καθώς παρέχει χώρο για τους ασθενείς να περιμένουν το ραντεβού τους σε ένα άνετο και με χαλαρωτική ατμόσφαιρα, ειδικά διαμορφωμένο χώρο. Ειδικά σε μια MRI κλινική είναι σημαντικός χώρος ώστε να επεξεργαστούν το στρες και το άγχος που τους δημιουργείται, λόγω του σχετικά μεγάλου χρόνου αναμονής αλλά και της ιδέας ότι θα υποστούν μια δύσκολη ιατρική εξέταση. Θα δημιουργήσουμε έναν χώρο με όμορφη ζεστή ατμόσφαιρα για τους ασθενείς που θα περιέχει πηγές απασχόλησης όπως βιβλία, περιοδικά, παζλ, αλλά και τηλεόραση, πράγματα που θα βοηθήσουν τους ασθενείς να ξεχαστούν από την ίδια την εξέταση και ελαχιστοποιηθεί οποιαδήποτε ένταση ή στρες που έχουν. Ένα βασικό κομμάτι είναι το προσωπικό να είναι υπομονετικό και βοηθητικό ως προς τον επισκέπτη, παρέχοντας του πόρους που επιθυμεί άνεση αλλά και οποιαδήποτε πληροφορία σχετικά με την εξέταση για να νιώθει σίγουρος και ασφαλής.

5.2.3 Δωμάτια, εξέτασης MRI

Το δωμάτιο που θα γίνει εξέταση είναι ένας αποστειρωμένος χώρος με ελεγχόμενο εσωτερικό κλίμα(θερμοκρασία) σχεδιασμένο ειδικά. Προσφέρει πολύ καλή ποιότητα εικόνας, άνεση,

ασφάλεια και ευκολία στον ασθενή. Οι τοίχοι είναι μονωμένοι ώστε να βελτιώσουμε το επίπεδο του θορύβου και το δωμάτιο είναι εξοπλισμένο με μηχανισμό ελέγχου του περιβάλλοντος. Εκεί βρίσκεται ο μαγνητικός τομογράφος.

5.2.4 Control room.

Αυτή η αίθουσα είναι ο κόμβος δραστηριότητας όπου άρτια εκπαιδευμένοι τεχνολόγοι και ακτινολόγοι συνεργάζονται για τη λήψη λεπτομερών εικόνων του ανθρώπινου σώματος με σκοπό την βοήθεια στην ορθή διάγνωση. Ο ακτινολόγος αναλύει τις σαρώσεις σε οθόνη υψηλής ανάλυσης αναζητώντας ανωμαλίες και παθολογίες. Το ισχυρό μαγνητικό πεδίο της μαγνητικής τομογραφίας επιτρέπει την εξαιρετική διαφοροποίηση των μαλακών ιστών επιτρέποντας την ενίσχυση μικρών βλαβών και παθολογικών διεργασιών που δεν φαίνονται στις κλασικές ακτινογραφίες. Η τεχνογνωσία τους καθιστά το δωμάτιο ελέγχου των πυρήνα του διαγνωστικού κέντρου.

5.2.5 Δωμάτια Διάγνωσης και Ξεκούρασης ασθενή.

Οι αίθουσες αυτές παρέχουν έναν άνετο και χαλαρωτικό χώρο ασθενής για ξεκούραση πριν ή και μετά τη μαγνητική τομογραφία. Τα δωμάτια είναι ειδικά σχεδιασμένα για να καλύπτουν τις ανάγκες των ασθενών που μπορεί να βιώνουν άγχος ή δυσφορία λόγω της ιατρικής τους κατάστασης ή της ίδιας της διαδικασίας του μαγνητικού τομογράφου. Τα δωμάτια διαθέτουν κρεβάτια και απαλό φωτισμό καθώς και μαξιλάρια, κουβέρτες, νερό για να εξασφαλίσουν την ευεξία των ασθενών. Εκτός της σωματικής άνεσης προσφέρουν και ιδιωτικότητα στον ασθενή πριν την σάρωση. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο για τους ασθενείς που λαμβάνουν δύσκολα νέα υποβάλλονται σε μακρά σάρωση. Επιπλέον οι αίθουσες ανάπαυσης χρησιμεύουν και ως χώρος για τους ασθενείς για να συζητούν τυχόν ανησυχίες ή ερωτήσεις που μπορεί να έχουν με τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό επιτρέπει την ανοιχτή επικοινωνία και βοηθά στην μείωση τυχόν αβεβαιοτήτων ή φόβων που μπορεί να υπάρχουν. Ουσιαστικά αυτές οι αίθουσες προσφέρουν μια αίσθηση άνεσης και σιγουριάς διασφαλίζοντας ότι ο ασθενής θα έχει μία θετική χωρίς άγχος εμπειρία.

5.2.6 Τουαλέτες.

Απαραίτητο κομμάτι του κλινικού χώρου είναι και οι τουαλέτες. Η εξέταση του είναι μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία, οπότε είναι κάτι που δεν πρέπει να λείπει από τον χώρο μας,

τόσο για τις οποίες η ζωμούς όσο και τους επισκέπτες συνοδούς αλλά και το προσωπικό του χώρου.

5.2.7 Γραφείο

Είναι το δωμάτιο όπου υπάρχει το τμήμα βιοϊατρικής και το τμήμα ιατρικού προσωπικού στον χώρο μας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση αποτελείται από 3 μηχανικούς βιοϊατρικής, 2 που είναι κυρίως στους μαγνητικούς τομογράφους και ο τρίτος που οργανώνει τις δουλειές που πρέπει να γίνονται, καθώς και 4 γιατρούς.

5.2.8 Χώρος αποθήκευσης/Ηλεκτρικό Δωμάτιο

Ο χώρος αποθήκευσης είναι ένας απαραίτητος χώρος της κλινικής που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση διάφορου εξοπλισμού και προμηθειών που απαιτούνται για τις διαδικασίες της μαγνητικής τομογραφίας. Είναι προσεκτικά σχεδιασμένο και οργανωμένο ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια και η λειτουργικότητα του εξοπλισμού. Περιέχει συνήθως μία ποικιλία αντικειμένων όπως σκιαγραφικά αλλά και άλλα παρά τα εργαλεία. Αυτά τα στοιχεία είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία των διαδικασιών και πρέπει να αποθηκεύονται ελεγχόμενο περιβάλλον για να διατηρηθεί η αποτελεσματικότητά τους. Είναι συνήθως κοντά στα δωμάτια σάρωσης για ευκολότερη πρόσβαση στους τεχνικούς και το προσωπικό. Το δωμάτιο είναι εξοπλισμένο με ράφια, ντουλάπια και συρτάρια για την αποθήκευση και οργάνωση των διάφορων αντικειμένων. Τοποθετούνται αυτοκόλλητα για την ορθή οργάνωση και διευκόλυνση στον εντοπισμό για το προσωπικό. Η θερμοκρασία και υγρασία παρακολουθούνται στενά και ελέγχονται στο χώρο αυτό ώστε να επιτευχθεί διατήρηση του εξοπλισμού και των προμηθειών στις βέλτιστες συνθήκες. Αυτό είναι σημαντικό διότι τυχόν αλλαγές μπορεί να βλάψουν τον ευαίσθητο εξοπλισμό ή να επηρεάσουν την ποιότητα της μαγνητικής τομογραφίας. Εκτός από χώρο αποθήκευσης χρησιμοποιείται επίσης για τη σωστή απόρριψη χρησιμοποιημένων υλικών και επικίνδυνων αποβλήτων.

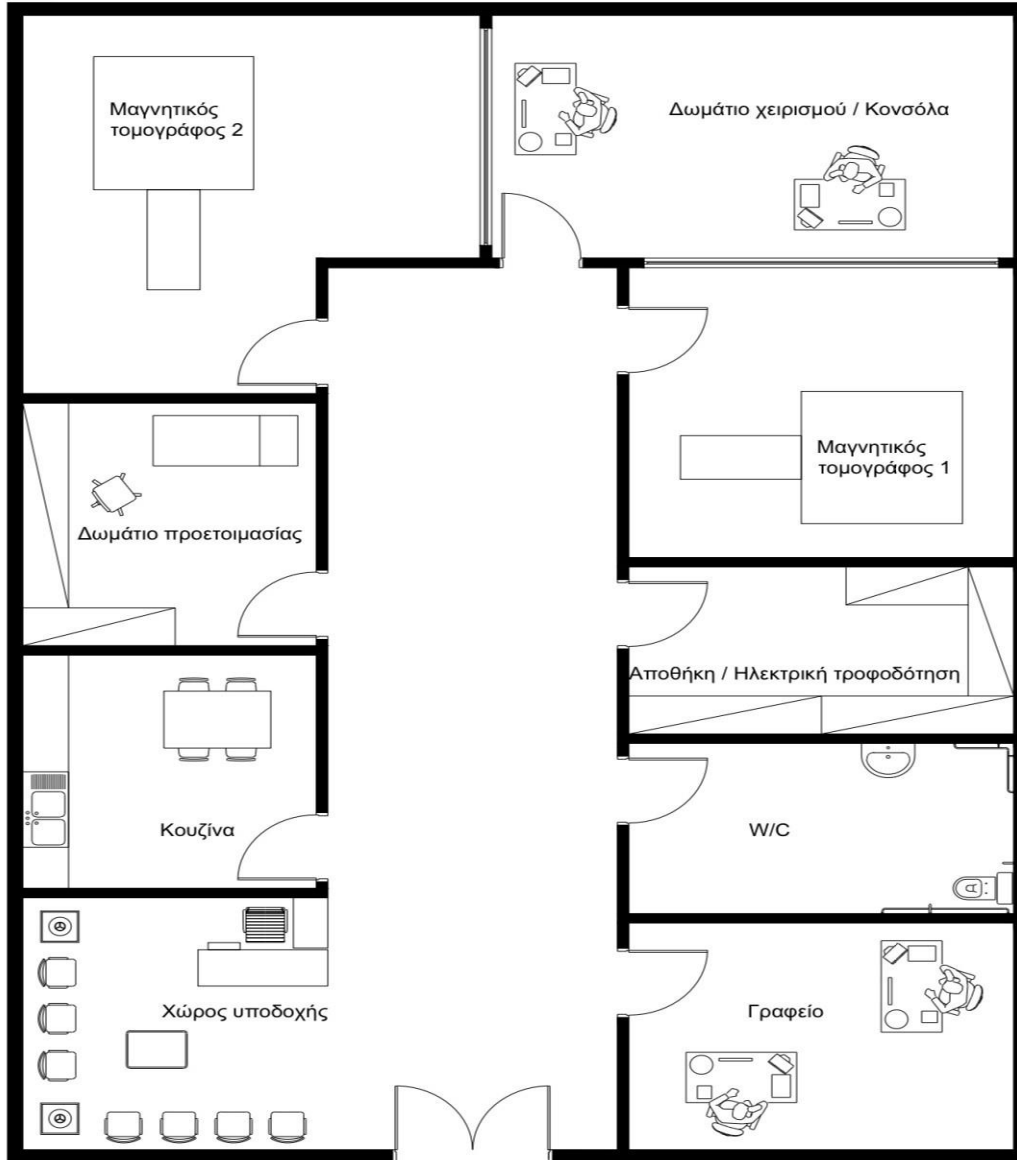
Σε αυτό το δωμάτιο βρίσκεται και το ηλεκτρικό στοιχείο της κλινικής. Είναι υπεύθυνο για την παροχή της απαραίτητης ισχύς για τη λειτουργία των προηγμένων μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται. Σχολαστικά σχεδιασμένο για να διασφαλίσει τόσο τους ασθενείς όσο και το προσωπικό καθώς και τη σωστή λειτουργία του εξοπλισμού. Είναι εξοπλισμένο με εφεδρικές γεννήτριες και προστατευτικά υπερτάσεων για την αποφυγή τυχόν διαταραχών στην παροχή ρεύματος. Είναι απαραίτητο καθώς οποιοδήποτε διακοπή ρεύματος ή διακύμανση μπορεί να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στα μηχανήματα. Το δωμάτιο είναι μονωμένο και θωρακισμένο για την αποφυγή ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών που μπορεί να επηρεάσουν την ακρίβεια των εικόνων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ειδικών υλικών που μπορεί να μπλοκάρουν τα εξωτερικά μαγνητικά πεδία δημιουργώντας την ελεγχόμενο περιβάλλον για τη λειτουργία των μηχανών. Αυστηρά πρωτόκολλα για την εξασφάλιση του κατάλληλου αερισμού και ψύξης του εξοπλισμού καθώς και προφυλάξεις πυρασφάλισης.

5.2.9 Χώρος ξεκούρασης του προσωπικού.

Είναι ένας απαραίτητος χώρος της κλινικής, εδώ το προσωπικό μπορεί να χαλαρώσει μετά από πολλές ώρες απαιτητικής εργασίας. Στο δωμάτιο τοποθετούνται άνετοι καναπέδες, ανέσεις όπως καφετιέρα, snack και ψυγείο εφοδιασμένο με αναψυκτικά. Είναι επίσης ένα μέρος κοινωνικοποίησης ώστε να επικοινωνήσουν με τους συναδέλφους τους, ενισχύοντας την αίσθηση της συντροφικότητας και της υποστήριξης εντός της κλινικής. Είναι ένας χώρος ζωτικής σημασίας που όχι μόνο προάγει την ευημερία των γιατρών και του νοσηλευτικού προσωπικού αλλά και ενισχύει την συνολική τους απόδοση οδηγώντας σε καλύτερη φροντίδα των ασθενών.

5.2.10 Κατόψεις Χώρου

Παρακάτω θα ακολουθήσουν τα σχέδια του κέντρου



5.3 Ζώνες ασφαλείας της Κλινικής.

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της κλινικής είναι η οριοθέτηση του χώρου σε ζώνες ασφαλείας για όλους. Ουσιαστικά οι ζώνες που υπάρχουν είναι 4 και θα τις δούμε παρακάτω πιο αναλυτικά. Επειδή στην όλη διαδικασία λόγω του μηχανήματος δημιουργείται ένα εξαιρετικά δυνατό μαγνητικό πεδίο έχουν δημιουργηθεί αυτές οι ζώνες ασφαλείας, ώστε να υπάρχει περιορισμένη πρόσβαση σε ολόκληρο τον χώρο. Έτσι, οι ζώνες έχουν τοποθετηθεί στην περίμετρο του δωματίου που γίνεται η εξέταση. Για τον διαχωρισμό των ζωνών υπάρχουν πινακίδες που τοποθετούνται στο χώρο για να είναι σε όλους κατανοητό[37].

5.3.1 Ζώνη 1.

Αυτή είναι η πιο ασφαλή ζώνη από τις 4 και είναι εκείνη που όλοι μπορούν να εισέλθουν χωρίς περιορισμούς. Δεν υπάρχει καμία επίδραση από τον μαγνήτη σε αυτή τη ζώνη. Σε αυτή τη ζώνη βρίσκεται η είσοδος της κλινικής.

5.3.2 Ζώνη 2.

Είναι η ενδιάμεση ζώνη της 1 και 3, σε αυτό το σημείο εξεταζόμενος είναι μαζί με έναν ειδικό τεχνολόγο υπό γενική επιτήρηση, γενικά ούτε σε αυτή τη ζώνη έχουμε παρεμβολές από το μαγνήτη. Εδώ περιέχονται χώροι όπως οι αίθουσα αναμονής, ρεσεψιόν, οι τουαλέτες, τα γραφεία και οι χώροι χαλάρωσης.

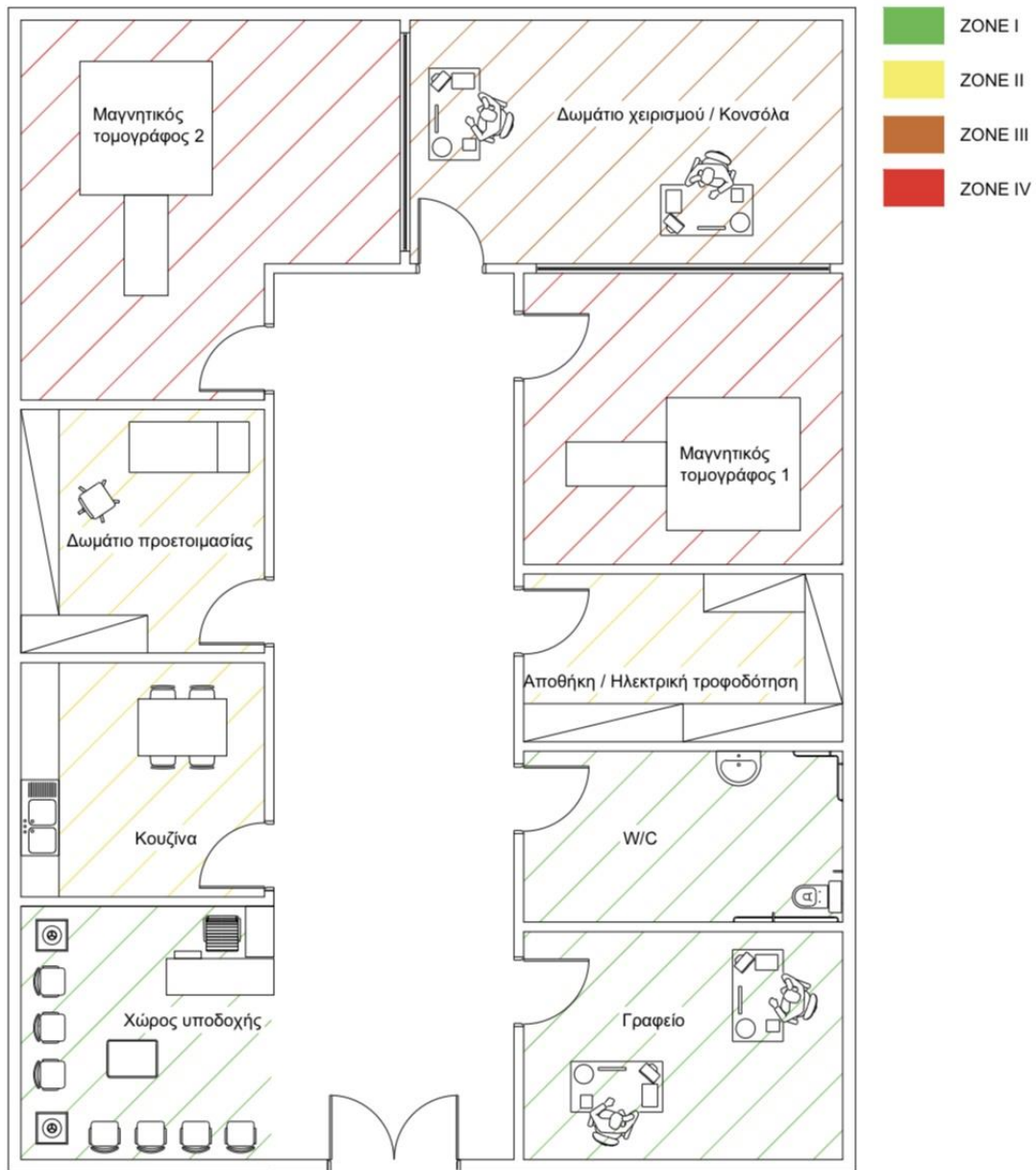
5.3.3 Ζώνη 3.

Σε αυτή τη ζώνη ξεκινάμε να γινόμαστε αρκετά αυστηροί ως προς την προσβασιμότητα. Εδώ έχουν πρόσβαση μόνο οι εξεταζόμενοι που έχουν συμπληρώσει τα κατάλληλα έγγραφα, καθώς και επαγγελματίες ειδικοί τεχνολόγοι. Αφού είναι μία από τις ζώνες που επηρεάζονται από τον μαγνήτη. Ακόμα και το προσωπικό, αν δεν είναι ειδικός τεχνολόγος, δεν επιτρέπεται να έχει πρόσβαση σε αυτή τη ζώνη.

5.3.4 Ζώνη 4.

Σε αυτή τη ζώνη βρίσκεται το δωμάτιο του μαγνητικού τομογράφου, είναι μόνο προσβάσιμο για όσους πέρασαν τη ζώνη 3, πολλές φορές θεωρείται και μέρος της ζώνης 3, αφού δεν υπάρχει πρόσβαση από τις άλλες ζώνες.

5.3.5 Κάτοψη Χώρου με τις Ζώνες



5.4 Πιστοποιητικά.

Τα πιστοποιητικά είναι ένα από τα πιο σημαντικά κομμάτια μιας κλινικής, αφού ελέγχουν και πιστοποιούν πως η κλινική παρέχει ασφαλή και αποτελεσματική φροντίδα. Η πιστοποίηση της κλινικής προϋποθέτει να καλύπτονται οι προδιαγραφές που έχουν τεθεί. Αυτό συνεπάγεται

πώς η κλινική βρίσκεται ενημερωμένη με τις τελευταίες εξελίξεις στην MR τεχνολογία και ότι μπορεί να παρέχει το υψηλότερο επίπεδο φροντίδας στους ασθενείς. Η πιστοποίηση ακόμα διασφαλίζει πως όλο το προσωπικό είναι σωστά εκπαιδευμένο και ικανό. Δίνοντας έτσι σιγουριά πως παρέχουμε την καλύτερη δυνατή φροντίδα. Με πιο απλά λόγια, οι πιστοποιήσεις δείχνουν στο κοινό πως η κλινική είναι αφοσιωμένη στο να παρέχει ποιοτική φροντίδα[38,39].

5.4.1 ISO 9001

Εδώ συγκεκριμένα έχουμε το ISO 9001: 2015 που ειδικεύεται στις προϋποθέσεις για ένα ποιοτικό σύστημα διαχείρισης για έναν οργανισμό που χρειάζεται να επιδείξει την συνεχή ποιοτική προσφορά προϊόντων και υπηρεσιών που καλύπτει τους πελάτες, εφαρμόζοντας νομοθετημένες και ρυθμιστικές προδιαγραφές. Έχει σκοπό να φροντίσει την ικανοποίηση του πελάτη με την αποτελεσματική εφαρμογή του συστήματος, συμπεριλαμβάνοντας συνεχείς βελτιστοποιήσεις συστήματος για ασφάλεια και αίσθηση σταθερότητας για τον πελάτη. Όλες οι προϋποθέσεις του είναι γενικές και είναι σχεδιασμένες να καλύπτουν οποιαδήποτε τύπο, μέγεθος αλλά και παροχή υπηρεσιών.

5.4.2 ISO 14001

Μιλάμε για το 14001:2015 που ανήκει και αυτό στα πιο γενικά πιστοποιητικά διαχείρισης του χώρου, είναι ένα που ειδικεύεται στη διοίκηση της διατήρησης του περιβάλλοντος στον χώρο μας. Μας δείχνει τις υποχρεώσεις του χώρου προς το περιβάλλον με συστηματικούς κανόνες, προσπαθώντας να δημιουργήσει περιβαλλοντική σταθερότητα. Ούτε εδώ υπάρχει κάποιο κριτήριο του χώρου ή του μεγέθους, όπως και του αντικειμένου που ασχολούμαστε. Περιλαμβάνει την βελτιστοποίηση της απόδοσης του περιβάλλοντος, την ολοκλήρωση των υποχρεώσεων και την επίτευξη των περιβαλλοντολογικών στόχων.

5.4.3 ISO 45001

Πιο συγκεκριμένα από αυτήν την οικογένεια παίρνουμε το ISO 45001:2018 όπου είναι για ειδικές προδιαγραφές για επαγγελματική περίθαλψη και ασφάλεια. Είναι ένα διοικητικό σύστημα που δίνει οδηγίες ώστε οι οργανισμοί να παρέχουν χώρους εργασίας με περίθαλψη, σε οποιοδήποτε περιστατικό εργατικού ατυχήματος ή αρρώστιας, αλλά και συνεχή εξέλιξη είναι εφαρμόσιμο για κάθε οργανισμό που θέλει να εδραιώσει και να διατηρήσει ένα τέτοιου είδους διοικητικό σύστημα.

5.4.4 PAS 99

Είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης που περιλαμβάνει προϋποθέσεις για 3 τμήματα που αφορά στα προηγούμενα 3 υποκεφάλαια. Είναι ένα μεγάλο σύστημα που διασφαλίζει την ποιότητα του προϊόντος παροχής αλλά και την ασφάλεια.

5.4.5 ISO 15189

Από αυτή την οικογένεια θα πάρουμε το ISO 15189:2022. Εδώ βρισκόμαστε πιο ειδικά στην υγεία. Αυτό το έγγραφο περιέχει προ απαιτήσεις για ποιότητα και επάρκεια στα ιατρικά εργαστήρια. Είναι εφαρμόσιμο σε ιατρικά εργαστήρια για τη βελτίωση της διοίκησης τους. Το εφαρμόζουμε ώστε να δώσει έγκριση της επάρκειας του εργαστηρίου από τους χρήστες του ,τις θεσπισμένες αρχές και τους διαπιστευμένους φορείς.

5.4.6 ISO 15224

Αυτό το πρότυπο βασίζεται σε υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης και συστήματα διαχείρισης ποιότητας. Έχει κομμάτια που σχετίζονται σε κλινικά συστήματα, στον σχεδιασμό τους και στον έλεγχο των διεργασιών. Χαρακτηριστικά είναι η σωστή φροντίδα, η διαθεσιμότητα, η αποδοτικότητα, ισότητα και απόδειξη γνώσης υγειονομικής περίθαλψης.

5.4.7 ISO 13485

Αυτό το πρότυπο καθορίζει την ασφάλεια ποιότητας των ιατρικών μηχανημάτων για έναν κύκλο ζωής τους. Είναι για μηχανήματα οποιαδήποτε τύπου ανεξάρτητα αν είναι διαγνωστικά επεμβατικά ή για θεραπεία. Εδώ θα πάμε από την οικογένεια αυτή να επιλέξουμε το ISO 13485:2016

5.5 Άδειες Λειτουργίας Χώρου

Η αδειοδότηση των ιατρικών εργαστηρίων που διαθέτουν εξοπλισμό για μαγνητικές τομογραφίες είναι υποχρεωτική στη χώρα μας από τα τέλη του 2015. Η διαδικασία αδειοδότησης εργαστηρίων μαγνητικών τομογράφων, καθώς και οι απαιτήσεις από πλευράς προστασίας έναντι μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών, καθορίζονται στην Υπουργική Απόφαση Π/112/363/13.11.2015 (ΦΕΚ 2488/Β/18.11.2015) [40,41].

5.5.1 Άδεια σκοπιμότητας

Χορηγείται από τον αρμόδιο Περιφερειάρχη μετά από σύμφωνη γνώμη της Επιτροπής Ιοντιζουσών και Μη Ιοντιζουσών ακτινοβολιών του Υπουργείου Υγείας. Οι ενδιαφερόμενοι καταθέτουν στην Διεύθυνση Υγείας της οικείας Περιφέρειας Αίτηση στην

οποία αναγράφεται το αντικείμενο (ιατρικές πρακτικές, διαδικασίες, εξοπλισμός, στοιχεία προσωπικού κτλ.) για το οποίο ζητείται η έκδοση της Άδειας Σκοπιμότητας. Σε περίπτωση απόρριψης του αιτήματός του, ο αιτών δικαιούται, να υποβάλει αίτηση επανεξέτασης εντός τριών (3) μηνών από την κοινοποίηση της απόφασης. Η άδεια σκοπιμότητας ισχύει για ένα (1) έτος από την ημερομηνία έκδοσής της[40].

5.5.2 Προέγκριση κατασκευής

Προέγκριση κατασκευής εργαστηρίου μαγνητικού τομογράφου, η οποία εκδίδεται από την ΕΕΑΕ. Οι ενδιαφερόμενοι υποβάλλουν αίτηση στην ΕΕΑΕ με τα ακόλουθα δικαιολογητικά:

- Άδεια σκοπιμότητας
- Μελέτη ακτινοπροστασίας χώρων και θωρακίσεων εκπονημένη από ακτινοφυσικό ιατρικής στην οποία αναφέρεται εκτενώς η κατασκευή του εργαστηρίου ώστε να διασφαλίζονται οι απαιτήσεις αναφορικά με: (α) τις μηχανικές δονήσεις, (β) τη μαγνητική θωράκιση (γ) τη θωράκιση έναντι ραδιοσυχνοτήτων (δ) τη μόνωση έναντι ακουστικού θορύβου και (στ) τη δίοδο διαφυγής του κρουγόνου (ήλιο)
- Σχέδια κάτοψης & τομής του Η/Μ θωρακισμένου χώρου (κλωβός Faraday) υπό κλίμακα 1:50 στα οποία φαίνονται οι ισομαγνητικές γραμμές με ισοτροπικές εντάσεις στατικού μαγνητικού πεδίου H015:15mT, H010:10mT, H05:5mT, H03:3mT, H00.5:0.5mT και H00.1:0.1mT, οι χώροι του εργαστηρίου και οι γειτονικοί προς αυτό χώροι, οι θέσεις των μηχανημάτων και των περιφερικών συστημάτων, οι ειδικές προστατευτικές διατάξεις και οι θωρακίσεις
- Άδεια πολεοδομίας
- Βεβαίωση στατικής επάρκειας κτιρίου (εφόσον απαιτείται)

Η ΕΕΑΕ αποδέχεται μελέτες και στοιχεία των εταιρειών κατασκευής/εγκατάστασης των μαγνητικών τομογράφων εφόσον αυτές έχουν αξιολογηθεί και γίνει αποδεκτές από τον υπεύθυνο ακτινοπροστασίας του εργαστηρίου είτε με δήλωση του είτε με σχετικές αναφορές ή επισύναψη στη μελέτη προστασίας που υποβάλλει στην ΕΕΑΕ. Ο Ακτινοφυσικός Ιατρικής, ο οποίος εκπόνησε την μελέτη ακτινοπροστασίας υποχρεούται να επιβλέπει την κατασκευή του εργαστηρίου και ειδικότερα τις θωρακίσεις και είναι υπεύθυνος έναντι της ΕΕΑΕ για την κατασκευή του εργαστηρίου σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη ακτινοπροστασίας[40].

5.5.3 Πιστοποιητικό καταλληλότητας

Πιστοποιητικό καταλληλότητας από πλευράς ακτινοπροστασίας το οποίο εκδίδεται από την ΕΕΑΕ.

Μετά το πέρας της κατασκευής του εργαστηρίου ο κάτοχος της άδειας υποβάλλει στην ΕΕΑΕ αίτηση για την έκδοση ειδικής άδειας λειτουργίας του εργαστηρίου, μαζί με τα κάτωθι:

- Δήλωση περάτωσης της κατασκευής του εργαστηρίου.
- Υπεύθυνη δήλωση του επιστημονικού υπευθύνου, καθώς και του υπευθύνου ακτινοπροστασίας του εργαστηρίου μαγνητικού τομογράφου, ότι η κατασκευή του εργαστηρίου πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την προέγκριση κατασκευής.
- Δικαιολογητικά επιστημονικού υπευθύνου (άδεια άσκησης επαγγέλματος, ειδικότητα & εγγραφή στον Ιατρικό σύλλογο).
- Δικαιολογητικά υπευθύνου ακτινοπροστασίας - ακτινοφυσικού ιατρικής (άδεια άσκησης

- επαγγέλματος εκτός περιοχής ιοντιζουσών ακτινοβολιών)
- Ονομαστική κατάσταση του προσωπικού, τίτλοι σπουδών, πιστοποιητικά εκπαίδευσης και ανάθεση πρακτικών πτυχών έκθεσης.
 - Έκθεση ακτινοπροστασίας από μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες (προσωπικού, εξεταζομένων, πληθυσμού και χώρων) και ασφαλούς λειτουργίας, εκπονημένη από τον υπεύθυνο ακτινοπροστασίας (προσωπικού, ασθενών και χώρων), η οποία συντάσσεται βάσει των εθνικών πρωτοκόλλων ακτινοπροστασίας, ασφάλειας και ποιότητας συστημάτων απεικόνισης και συμπεριλαμβάνει τις διαδικασίες αντιμετώπισης ατυχημάτων ή συμβάντων και οιασδήποτε κατάστασης έκτακτης ανάγκης.
 - Κατάσταση εξοπλισμού (π.χ. σύστημα, λογισμικό, πηνία, ομοιώματα), συνοδευόμενη από βεβαίωση κατασκευαστών εξοπλισμού για τη διάρκεια ζωής συστημάτων και ανταλλακτικών και πιστοποιητικό σήμανσης CE mark εξοπλισμού.
 - Υπεύθυνη δήλωση του κατόχου της άδειας, ότι πληρούνται οι απαιτήσεις αντισεισμικής προστασίας και ηχομόνωσης του κτιρίου, στο οποίο στεγάζεται το εργαστήριο μαγνητικού τομογράφου.
 - Βεβαίωση από την πυροσβεστική υπηρεσία, ότι πληρούνται οι όροι πυρασφάλειας των χώρων του εργαστηρίου.

Η ΕΕΑΕ, μετά την αξιολόγηση των ανωτέρω δικαιολογητικών, προβαίνει σε επιτόπια επιθεώρηση. Σε περίπτωση που διαπιστωθεί ότι πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις από πλευράς ασφαλούς λειτουργίας και προστασίας έναντι μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών, εκδίδεται το πιστοποιητικό καταλληλότητας. Εάν η ΕΕΑΕ κρίνει ότι τα παρεχόμενα δικαιολογητικά και πληροφορίες δεν είναι επαρκή, δύναται να ζητήσει πρόσθετα ή τροποποιήσεις των στοιχείων των υποβληθέντων δικαιολογητικών, οι οποίες θα υποστηρίζουν και θα συμπληρώνουν τα στοιχεία που έχουν δηλωθεί.

Μετά την έκδοση του πιστοποιητικού καταλληλότητας, εκδίδεται η Ειδική Άδεια λειτουργίας με ισχύ πέντε (5) χρόνια.

από πλευράς ακτινοπροστασίας το οποίο εκδίδεται από την ΕΕΑΕ[40].

6. Εξοπλισμός Κλινικού Χώρου

Σε έναν κλινικό χώρο εκτός από τα μηχανήματα MRI χρειαζόμαστε επιπλέον και ιατρικό εξοπλισμό που θα αναλύσουμε παρακάτω. Είναι εξοπλισμός και προμήθειες για χρήση τόσο μέσα στην σουίτα MRI όσο και στα υπόλοιπα δωμάτια, όπως οι χώροι απλής εξέτασης, έτσι ώστε να διευκολύνουν την ομαλή λειτουργία του χώρου. Τα προϊόντα αυτά διασφαλίζουν την ασφάλεια στους ασθενείς και στο ιατρικό προσωπικό καθώς και την άνεση των ασθενών. Βελτιώνουν την παροχή φροντίδας στο μέγιστο λόγω της καλής τους ποιότητας και όπως θα δούμε στην συνέχεια έχει κατηγορίες όπως, εξοπλισμός μεταφοράς, εξαρτήματα σωστής και αναπαικτικής τοποθέτησης του ασθενή, ακινητοποιήτες, ιμάντες και αλλά. Όλα τα προϊόντα διαθέτουν σημάτσες σύμφωνα με το American Society of Testing and Materials (ASTM) δηλαδή έχει περάσει από έλεγχο καταλληλότητας πριν γίνει η διάθεση τους στην αγορά.

6.1 MRI Carts

Τα καρότσια μεταφοράς αναλώσιμων είναι ένα χαρακτηριστικό ιατρικό αντικείμενο που χρειάζεται σε τέτοιους χώρους. Στον δικό μας χώρο θα προμηθευτούμε μη μαγνητικά έτσι ώστε να παρέχουμε φυσιολογική ροή με ασφάλεια. Μπορεί να είναι από μη μαγνητικά ή «αδύναμα» μαγνητικά υλικά όπως αλουμίνιο, ανοξείδωτο ατσάλι και πλαστικό, είναι ειδικά σχεδιασμένα για ασφαλή χρήση σε παρουσία ισχυρών μαγνητικών πεδίων σε δωμάτιο MRI. Συνήθως διαθέτουν 6-7 ράφια και μπορούν να διατίθενται και με πακέτα «Εκτακτης Ανάγκης» ή «Αναισθητικά». Τα περισσότερα είναι με δυνατότητα custom made δηλαδή φτιάχνονται και σύμφωνα με τις ανάγκες του χώρου όπως για παράδειγμα, να διαθέτει πλάγιο τραπεζάκι, πόλο για οξυγόνο, κάδο απορριμμάτων και στο πλάι γάντζους.



Εικόνα 9 MRI Janitorial Cart [43]



Εικόνα 10 Deluxe MRI Lab Cart [43]

6.2 Κλινική Επίπλωση

Υπάρχουν πολλά και διαφορετικά αντικείμενα που χρειάζεται ο χώρος όπως κρεβάτι μεταφοράς του ασθενή από και προς το δωμάτιο της εξέτασης, μικρές σκάλες για την ασφαλή ανάβαση του ασθενή στα μηχανήματα, είναι συνήθως 2 σκαλοπατιών, κάδο απορριμμάτων με ροδάκια εύκολα μετακινούμενο για μεγαλύτερη ευελιξία κίνησης στο χώρο. Καρεκλά που μετακινείται εύκολα με ροδάκια και με αυξομείωση ύψους. Ακόμα θα χρειαστούμε ειδικά χαλιά, φωτισμό, MRI Hampers που είναι για τα ρούχα που έχουν χρησιμοποιηθεί, κουρτίνες ιδιωτικότητας, προμήθειες για την οργάνωση του γραφείου και πίνακες για ανακοινώσεις.



Εικόνα 11 Aluminum Non-Ferromagnetic Stretcher [43]



Εικόνα 12MR-Conditional Lift-In Cot [42]



Εικόνα 13 GelPro Medical Floor Mats [43]



Εικόνα 14 MRI Cordless Rechargeable LED Exam Light [43]



Εικόνα 15 MRI Hamper [42]



Εικόνα 16 Blickman MRI Step Stools [43]



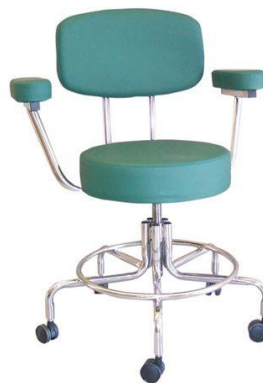
Εικόνα 176 Inch High Shelf Bins[42]



Εικόνα 18 Blickman MRI Lenox Kick Bucket [43]



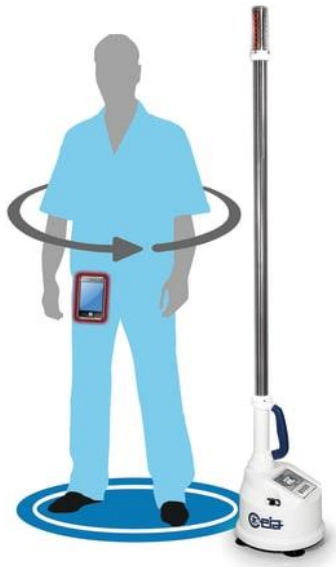
Εικόνα 19 Stainless Steel Privacy Screen [42]



Εικόνα 20 MRI Adjustable Chair[43]

6.3 Ασφάλεια MRI

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι του εξοπλισμού είναι και η ασφάλεια του χώρου. Θα χρειαστούμε ανιχνευτές μετάλλου, ωτοασπίδες, καλύμματα για τα ακουστικά MRI, ακουστικά MRI, ειδικούς πυροσβεστήρες, ταμπέλες MRI, προειδοποιητικές πινακίδες για την ασφάλεια και συστήματα ήχου για την ομαλή επικοινωνία.



Εικόνα 21 Ceia Portable Ferromagnetic Detector [42]



Εικόνα 22 Paired Foam Earplugs [42]



Εικόνα 23 Sanitary Cover Bulk Dispenser [42]



Εικόνα 24 ASTM Labels[42]



Εικόνα 25 MRI Zone Signs [42]



Εικόνα 26 Newmatic Medical MRI Sound System 2.0 [42]

6.4 Παρακολούθηση Ασθενή

Η διατήρηση και η παρακολούθηση των ζωτικών στοιχείων του ασθενή κατά την διάρκεια της εξέτασης μπορεί να γίνει αρκετά απαιτητική. Χρειαζόμαστε ηλεκτρόδια που ανιχνεύουν το οξυγόνο και τον καρδιακό παλμό καθώς και ειδικές ταινίες που ελέγχουν την θερμοκρασία. Ακόμα θα χρειαστούμε σετ από σύριγγες, φιάλες οξυγόνου, πιεσόμετρο και στηθοσκόπιο. Φυσικά σε αυτή την κατηγορία δεν μπορεί να λείπει και το μόνιτορ παρακολούθησης. Τέλος χρειαζόμαστε βίντεο μόνιτορ και καταγραφικό σύστημα, παλμικό οξύμετρο και σένσορες για το οξύμετρο.



Εικόνα 27 Cleartrace Electrode [42]



Εικόνα 28 Liquid Crystal Temperature Monitor Strips [42]



Εικόνα 29 MRI Manifold with Dual Flow Meters [42]



Εικόνα 30 MRI 4 or 6 E D Cylinder Rack [42]



Εικόνα 31 MR-Conditional Sphygmomanometers [42]



Εικόνα 32 MRI Rapport Stethoscopes [42]



Εικόνα 33 MagLife Serenity MRI Patient Monitor [42]



Εικόνα 34 Pulse Oximeter[42]



Εικόνα 35 Patient Video Monitoring and Recording System[42]

6.5 Άνεση Ασθενή

Μια ακόμα αρκετά σημαντική κατηγορία στον εξοπλισμό μας, αφορά την άνεση του ασθενή. Περιλαμβάνει κουβέρτες, γυαλιά MRI, ακουστικά MRI και αφρώδης τοποθετητές καθώς και προσομοιωτές (phantoms).



Εικόνα 36 Rx Warmth Medical Blanket Warmers [42]



Figure 4 MR-Safe Eye Shades [42]

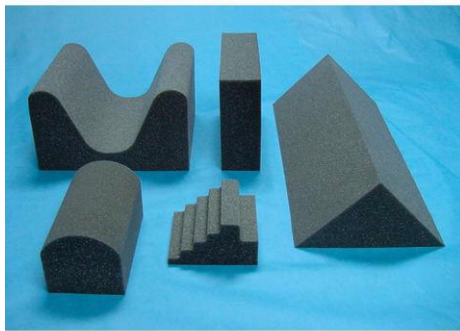


Figure 5 Foam Positioners - Ortho Set [42]



Figure 6 ACR MRI Phantom [42]

6.6 Μη Μαγνητικά Εργαλεία και Είδη Υγιεινής

Θα πρέπει να προμηθευτούμε και εργαλεία γενικής χρήσης όπως σφυρί, ψαλίδι, σετ με πένσες, κατσαβίδι και γαλλικό κλειδί. Όσο αφορά την υγιεινή του χώρου θα χρειαστούμε μάσκες, γάντια, ειδικές σκούπες και σφουγγαρίστρες που να είναι κατασκευασμένα από μη μαγνητικά υλικά. Κάδο για την σφουγγαρίστρα, ειδικό κοντάρι για τις ψηλές γωνίες και σετ με ανταλλακτικά για αυτό το κοντάρι. Τέλος θα χρειαστούμε απολυμαντικά και αντισηπτικά.

7. Τμήμα ΒΜΕ στο κέντρο MRI

Η δουλειά ενός μηχανικού βιοϊατρικής είναι πολύ σημαντική σε ένα τέτοιο κλινικό χώρο. Είναι υπεύθυνος αρχικά για την επιλογή του εξοπλισμού, την εγκατάσταση αλλά και τη βαθμονόμηση του συστήματος. Θα πρέπει να βρίσκει, να αναγνωρίζει τα προβλήματα που θα δημιουργούνται και να ψάχνει πιθανές λύσεις για αυτά. Μέσα στις αρμοδιότητες του είναι η ομαλή επικοινωνία με το κλινικό προσωπικό νοσηλευτές αλλά και με τα μέλη του δικού του τμήματος. Πραγματοποιεί εκπαιδεύσεις στο προσωπικό για την ασφαλή και ομαλή λειτουργία του χώρου. Είναι υπεύθυνος για τον ποιοτικό έλεγχο των μηχανημάτων αλλά και τον προγραμματισμό συντήρησής τους. Η συνεργασία με τους μηχανικούς βιοϊατρικής των εταιρειών που προμηθεύεται τον εξοπλισμό είναι επίσης πολύ σημαντική. Ένα ακόμα κομμάτι που αποτελεί μέρος των εργασιών που πρέπει να κάνει είναι η αναζήτηση, μέσω διαγωνισμών, για νέα μηχανήματα, έτσι ώστε να διατηρεί το κέντρο σύγχρονο. Τέλος, αυτό αποτελεί και κομμάτι της δικής του επαγγελματικής ανάπτυξης είναι η συνεχής ενημέρωση για τις νέες τεχνολογίες, εφόσον μιλάμε για ένα χώρο όπου εξελίσσεται συνεχώς.

7.1 Επιλογή εξοπλισμού.

Το πρώτο βασικό κομμάτι που πρέπει να κάνει ο μηχανικός βιοϊατρικής στην δημιουργία ενός κλινικού χώρου είναι η κατάλληλη επιλογή εξοπλισμού. Κάποιοι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν και καθοδηγούν την απόφαση του είναι αρχικά οι δυνατότητες που χρειάζεται ο χώρος που θέλουμε με τον εξοπλισμό, η δύναμη, δηλαδή ο αριθμός εξετάσεων, αυτό κρίνεται με βάση την επισκεψιμότητα του χώρου. Οι προδιαγραφές του χώρου αλλά και οι προδιαγραφές εγκατάστασης του εξοπλισμού να βρίσκονται σε μια συμφωνία. Ο προϋπολογισμός που του έχει δοθεί για να δημιουργηθεί αυτός ο χώρος είναι ακόμα ένα χαρακτηριστικό. Ο τρόπος με τον οποίον έχει κατασκευαστεί ο χώρος, αντοχή σε βάρος, μόνωση αλλά και ασφάλεια. Αφού βάλει σε μια σειρά και σταθμίσει όλους αυτούς τους παράγοντες, θα πρέπει να μπει στη διαδικασία παρακολούθησης διαγωνισμών. Με βάση την ζήτηση που θα δώσει, θα πρέπει να επιλέξει ανάμεσα σε διάφορες προσφορές, στην καλύτερη για τον κλινικό χώρο. Είναι μια διαδικασία χρονοβόρα, αφού θα πρέπει να ελέγξει με λεπτομέρεια όλες τις παραμέτρους[44].

7.2 Εγκατάσταση και Βαθμονόμηση

Με το που γίνει επιλογή του εξοπλισμού αλλά και του προσωπικού, ξεκινάει η εγκατάσταση. Επιλέγονται οι ειδικοί μηχανικοί και αρχιτέκτονες με εμπειρία στην κατασκευή τέτοιου είδους έργου. Υπάρχουν 2 μέθοδοι κατασκευής η “design and build “ (D-B) και η “design,bid and build”(D-B-B). Η “ design and build” είναι τεχνική όπου κατασκευαστής και αρχιτέκτονες δουλεύουν μαζί, δεσμευμένοι με συμβόλαιο από την αρχή του έργου, με σκοπό να διασφαλιστεί η ενότητα και η ομαλή συνεργασία κατά τη διάρκεια του. Αυτή η τεχνική είναι μία από τις πιο παραγωγικές μεθόδους περάτωσης του έργου και γίνεται γρήγορα βιομηχανικά βασική μέθοδος. Η μέθοδος “desing,bid and build”, με αυτή την οπτική κατοχυρώνει διαφορετικές κατασκευαστικές σχέσεις με τη σχεδιαστική ομάδα, αρχιτέκτονα και μηχανικό και το γενικό κατασκευαστή που θα πραγματοποιήσει τις εργασίες. Ουσιαστικά έχει 3 στάδια, τη διαμόρφωση του σχεδίου, δίνεται το τελικό σχέδιο, απαιτήσεις σε διάφορες κατασκευαστικές που κάνουν προσφορά για τα συγκεκριμένα σχέδια και τέλος, αφού αποφασιστεί σε ποια εταιρία θα δοθεί το έργο ξεκινάει το τελευταίο στάδιο που είναι η κατασκευή. Τέλος, επιλέγουμε την κατάλληλη μεταφορική εταιρεία που αναλαμβάνει τη μεταφορά του εξοπλισμού. Η μηχανολογική εγκατάσταση του εξοπλισμού γίνεται από τον ειδικό τεχνολόγο. Στη συνέχεια γίνεται βαθμονόμηση του συστήματος από τον μηχανικό βιοϊατρικής της εταιρείας. Γίνεται η σύνδεση του μηχανήματος με το υπολογιστικό μέρος,

υπολογιστή, μονάδα ανακατασκευής εικόνας, εμφανιστήριο και σύστημα PACKS. Ακόμα γίνονται συνδέσεις με το δίκτυο DICOM του κλινικού χώρου και με το Ίντερνετ. Με την ολοκλήρωση της εγκατάστασης τοποθετούν υγρό ήλιο στον μαγνητικό τομογράφο που είναι απαραίτητο για την διατήρηση της λειτουργικότητάς του. Η όλη διαδικασία εγκατάστασης γίνεται από την εξειδικευμένη εταιρεία[45,46].

7.3 Ποιοτικός έλεγχος και συντήρηση.

Στα συστήματα του μαγνητικού τομογράφου ο ποιοτικός έλεγχος που γίνεται είναι στην εικόνα. Ο έλεγχος μπορεί να γίνει πιο υποκειμενικά με οπτική παρατήρηση αλλά και αντικειμενικά με τη μέτρηση κάποιων φυσικών μεγεθών. Ένα σημαντικό κομμάτι είναι ο χρόνος της εξέτασης, μεγαλύτερη διάρκεια σημαίνει καλύτερη εικόνα. Αυτό βέβαια έχει και αρνητική πλευρά. Καθώς περισσότερος χρόνος σημαίνει λιγότερες εξετάσεις διαφόρων ασθενών, όπως επίσης και λιγότερη άνεση για τον ασθενή, αφού είναι μια διαδικασία πολύ στρεσογόνα. Οι φυσικές παράμετροι που θα πρέπει να ελέγξουμε, καθώς επηρεάζουν την ποιότητα της εικόνας, είναι η αντίθεση εικόνας, ο λόγος αντίθεσης προς θόρυβο(CNR), η χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution) και ο λόγος σήματος προς θόρυβο(SNR). Επιπλέον ελέγχονται οι ψευδενδείξεις, η γεωμετρική ακρίβεια και η παραμόρφωση της εικόνας, καθώς και η διακριτική ικανότητα χαμηλής αντίθεσης. Τέλος με χρήση κατάλληλου ομοιώματος μπορεί να υπολογισθούν και οι χρόνοι T1, T2 διαφόρων υλικών.

Πάνω θα πρέπει να καταγράφονται σε μια τεχνική έκθεση με ημερομηνία και να κρατάτε αρχείο για την ομαλή λειτουργία αλλά και ασφάλεια. Πέρα από τον ποιοτικό έλεγχο του μηχανήματος κάθε εβδομάδα, θα πρέπει να πραγματοποιούνται έλεγχοι ως προς την ασφάλεια και του περιβάλλοντος χώρου και να καταγράφεται.

7.4 Εκπαίδευση προσωπικού.

Ένα ακόμα σημαντικό κομμάτι είναι εκπαίδευση του προσωπικού του κλινικού χώρου. Χειριστές και ιατρικό προσωπικό μαθαίνουν από το εξειδικευμένο προσωπικό των εταιρειών(Application Specialist), τόσο για τα θεωρητικά ζητήματα όσο και για τη λειτουργία του μαγνητικού τομογράφου σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Τους παρέχονται οδηγοί και ενημερωτικά έντυπα που μπορούν να τους βοηθήσουν στην καθημερινότητα. Γίνεται αναλυτική περιγραφή με σκοπό να μην υπάρχουν απορίες και ο ειδικός είναι διαθέσιμος για τυχόν δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσουν. Σε μία κλινική όπως αυτή που δημιουργήσαμε, δεν υπάρχει μόνο ένας μηχανικός βιοϊατρικής, αλλά μια ομάδα με

τουλάχιστον 3 μέλη. Λόγω της ειδικότητας τους, κατανοούν ή γνωρίζουν ήδη τις πληροφορίες που θα δώσει ο ειδικός οπότε υπάρχει μια έξτρα βοήθεια για το νοσηλευτικό προσωπικό.

7.5 Νέες τεχνολογίες.

Τέλος, μία ακόμα από τις υποχρεώσεις των μελών του βιοϊατρικού τμήματος είναι η συνεχής ενημέρωση για τις νέες τεχνολογίες. Ο κλάδος της βιοϊατρικής και ειδικά των μηχανικών είναι ένας ραγδαία αναπτυσσόμενος κλάδος που καθημερινά εμφανίζονται νέα στοιχεία για τεχνικές ή προτάσεις θεραπείας. Όλα αυτά έχουν ως στόχο η διάγνωση και η θεραπεία να γίνεται πιο προσωποποιημένη με καλύτερα αποτελέσματα για τους ασθενείς. Με τη συνεχή εξέλιξη, οι διαγνώσεις γίνονται πιο αποτελεσματικές και γρήγορες, παρέχοντας ένα τεράστιο εύρος θεραπειών. Αυτό μας διασφαλίζει και περισσότερο χρόνο, αλλά και χρήμα. Με το να συνεχίζουμε να ψάχνουμε, να μαθαίνουμε, δημιουργούμε προϋποθέσεις για σημαντικά επιτεύγματα στο βιοϊατρικό τομέα, παρέχοντας καλύτερη φροντίδα σε αυτούς που το έχουν ανάγκη. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα πως οι νέες τεχνολογίες μας βοηθάνε να παρέχουμε καλύτερη φροντίδα είναι η ανακάλυψη της AI (Artificial Intelligence). Όπως τα συστήματα που αναφερόμαστε έχει ανεβάσει το επίπεδο της προσωποποιημένης φροντίδας στο υπολογιστικό κομμάτι του μηχανήματος. Στο κομμάτι των νέων τεχνολογιών μπορούμε να δούμε και ένα υβριδικό μηχάνημα το PET/MRI. Συνδυάζει την απεικόνιση του PET (Positron Emission Tomography) και του MRI. Το PET χρησιμοποιεί ραδιενεργούς ιχνηλάτες που απορροφούνται από τους ιστούς και τα όργανα που έχουν υψηλά επίπεδα κυτταρικής δραστηριότητας. Αυτό μπορεί να υποδηλώνει καρκίνο ή κάποια άλλη ανωμαλία. Το MRI εντοπίζει την ακριβή θέση της πρόσληψης του ιχνηλάτη από τον ιστό ή το όργανο και την αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα. Σε ένα PET/MRI οι εξαιρετικά λεπτομερείς εικόνες MRI θέτονται επί τινός με την λειτουργική απεικόνιση του PET, για την δημιουργία ακτινολογικών εικόνων που εντοπίζουν ακριβείς θέσεις στο σώμα όπου εμφανίζεται ανωμαλία ή ασθένεια. Κάποια από τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι ότι χρειάζεται μια συνεδρία και για τα δυο, η χρήση της μαγνητικής τομογραφίας μειώνει την ποσότητα ιοντίζουσας ακτινοβολίας που λαμβάνουν οι ασθενείς όταν χρησιμοποιούν άλλα υβριδικά συστήματα όπως το PET/CT και κάποιες φορές το PET/MRI είναι πιο ευαίσθητο από άλλα υβριδικά συστήματα, όπως το PET/CT, στην ανίχνευση των ανωμαλιών[47].

8.Εξεταζόμενος.

Κλείνοντας, αφού έχουμε αναφερθεί στα μηχανήματα του χώρου, το ρόλο του μηχανικού βιοϊατρικής θα αναφερθούμε και στον άνθρωπο για τον οποίο γίνεται όλη αυτή τη δουλειά που δεν είναι άλλος από τον εξεταζόμενο. Με τις παραμέτρους ασφαλείας του εξεταζόμενου, καθώς και τις διαδικασίες που ακολουθούνται μέχρι και την εξέταση, αλλά και το αποτέλεσμα. Ξεκινάμε με την προετοιμασία και εισαγωγής στο μαγνητικό τομογράφο. Μετά κάνουμε τη ρύθμιση των παραμέτρων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του ασθενή και τέλος, η εκτέλεση της εξέτασης.

8.1Προετοιμασία.

Ο ασθενής με το που εισέλθει στο χώρο της κλινικής θα ενημερωθεί από την υποδοχή για το ραντεβού του και θα περιμένει έως ότου έρθει κάποιος από το νοσηλευτικό προσωπικό να τον οδηγήσει. Στα δωμάτια αλλαγής θα του προσφέρει μια νοσοκομειακή φόρμα ώστε να χρησιμοποιήσει κατά τη διάρκεια της εξέτασης. Πέρα από τα ρούχα του, θα ζητηθεί να αφαιρέσει οποιαδήποτε μεταλλικά αντικείμενα ή εμφυτεύματα. Στη συνέχεια ασθενής ενημερώνεται από το προσωπικό για τις ιδιαιτερότητες της εξέτασης, όπως η ακινησία, που αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι, καθώς και για τη μεγάλη διάρκεια της εξέτασης. Είναι καλό να αναφερθεί πως ψυχολογική υποστήριξη είναι πολύ σπουδαία, καθώς και η συνεργασία, αφού υπάρχουν περιπτώσεις ασθενών με σοβαρά προβλήματα υγείας που έχουν ταλαιπωρηθεί, όπως και παιδιά και άνθρωποι μεγάλης ηλικίας. Με την βοήθεια στη συνέχεια του τεχνολόγου ξαπλώνει στην εξεταστική τράπεζα και του τοποθετούνται τα πηνία στην περιοχή ενδιαφέροντος. Τα πηνία είναι ανάλογα με το ανατομικό σημείο που θα εξετάσουμε (κοιλιακή χώρα, καρδιά, σπονδυλική στήλη και άλλα). Άλλοι λόγοι επιλογής πηνίων είναι ο όγκος και το βάρος του ασθενή. Ειδική λυχνία επικέντρωσης καθορίζει την περιοχή του σώματος του ασθενή που θα μετακινηθεί στο ισόκεντρο του μαγνήτη. Τέλος, μετακινεί την εξεταστική τράπεζα, ώστε ο ασθενής να μετατοπιστεί στο εσωτερικό του μαγνητικού τομογράφου. Η μετακίνηση γίνεται αυτόματα και στα μάτια όταν η περιοχή που θέλουμε να απεικονιστεί βρεθεί στο ισόκεντρο.

8.2 Καταγραφή δεδομένων και ρύθμιση παραμέτρων.

Για να πραγματοποιηθεί σωστά η εξέταση θα πρέπει να γίνει σωστή κατηγοριοποίηση των δεδομένων που προκύπτουν από την καταγραφή των στοιχείων του ασθενή. Ονοματεπώνυμο, ημερομηνία εξέτασης, βάρος, ηλικία, φύλο, τύπος εξέτασης είναι κάποια από τα δεδομένα που απαιτούνται. Στη συνέχεια τεχνολόγος, αφού φύγει από το δωμάτιο εξέτασης θα βρεθεί στο control room, όπου εκεί θα πραγματοποιήσει μια διερευνητική ακολουθία για να εντοπίσει την ακριβή θέση του ασθενή και την ίδια χρησιμοποιεί ως αναφορά για τη σχεδίαση και των υπολοίπων ακολουθιών. Ο σωστός σχεδιασμός ακολουθιών επηρεάζει την ποιότητα των αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια επιλέγουμε τύπο ακολουθίας απεικόνισης αριθμού μετρήσεων, περισσότερες μετρήσεις, μεγαλύτερο SNR κατά συνέπεια καλύτερη ποιότητα. Κατάλληλη επιλογή πηνίου και καναλιού, απεικονιστικό πεδίο τομών, μέγεθος μήτρας απεικόνισης και άλλα αποτελούν κάποιες από τις παραμέτρους που ο τεχνολόγος πρέπει να επιλέξει για πιο προσωποποιημένη εξέταση.

8.3 Εξέταση και αποτελέσματα.

Αφού σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες ακολουθίες, πρέπει ο χειριστής μαζί με την επίβλεψη του γιατρού να είναι προσεκτικοί στον έλεγχο των αποτελεσμάτων, καθώς θα πρέπει να είναι πολύ παρατηρητικοί και να ελέγχουν αν η ποιότητα της εικόνας είναι επαρκής, αν εμφανίζονται βλάβες, εάν παρατηρούνται ανομοιομορφίες. Με βάση τις διευκρινίσεις του γιατρού, θα πρέπει να τεχνολόγος να προσαρμόζει τις ακολουθίες, έτσι ώστε να βελτιώσει την ποιότητα και την κλινική αξία των εικόνων.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Οι κλινικές MRI είναι ένα σημαντικό κομμάτι του συστήματος υγείας αφού προσφέρουν λεπτομερείς εικόνες με σκοπό την ανίχνευση αρρωστιών και ανομοιομορφιών. Σε αυτή την διπλωματική συζητήσαμε το σημαντικό ρόλο του μηχανικού βιοϊατρικής στη δημιουργία μιας τέτοιας κλινικής. Από την επιλογή των σωστών μηχανημάτων μέχρι την διαβεβαίωση της ασφάλειας των ασθενών. Είδαμε τα διάφορα είδη μηχανημάτων μαγνητικού συντονισμού. Είδαμε με λεπτομέρεια κάποιες από τις υποχρεώσεις ενός μηχανικού βιοϊατρικής σε ένα τέτοιο κέντρο. Αλλά και τον σημαντικό ρόλο που έχει η διατήρηση της ασφάλειας του εξεταζόμενου. Δημιουργήσαμε έναν χώρο με όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που τον κάνουν αξιόπιστο και λειτουργικό, καλύπτοντας όλες τις προδιαγραφές που μας δοθήκαν. Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί αυτή η κλινική έτσι ώστε να προσφέρει την καλύτερη δυνατή φροντίδα σε αυτούς που το έχουν ανάγκη.

Βιβλιογραφία

- [1] Richard Ansore, Math Grraves (2016), The Physics and Mathematics of MRI, Morgan & Claypool Publishers, ISBN 978-1-6817-4068-3
- [2] Sunder S.Rajan (1998), MRI : A Conceptual Overview, Springer – Verlag New York .Inc,ISBN 0-387-94911-9
- [3] NMR Spectroscopy : Basic Principles, Concepts and Applications in Chemistry Third Edition(2013),Harald Gunther, Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA, ISBN : (Hard Cover : 978-3-527-33004-1), (Soft Cover : 978-3-527-33000-3).
- [4] Understanding NMR Spectroscopy, Second Edition, James Keeler, 2011, John Wiley & Sons, Ltd Publication, ISBN : 1119964938, 9781119964933
- [5] Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy 2th Edition ,1988, Frank A Bovey, Lynn Jelinsky, Peter A Mirau, H.S Gutowsky, ACADEMIC PRESS .INC, ISBN : 0-12-11975-2
- [6] In Vivo NMR Spectroscopy : Principles and Techniques, 2th Edition, 2013, Robin A. DE GRAAF, John Wiley & Sons Ltd, ISBN : 978-0-470-02670-0
- [7] Pulse and Fourier Transform NMR : Introduction to Theory and Methods, Thomas C. Farrar and Edwin D. Becker, 2012, ACADEMIC PRESS INC., ISBN : 00809181239780080918129
- [8] How to perform WEEKLY MRI QUALITY CONTROL for the ACR, Eric Hooper, 13 June 2021.
- [9] NMR in Biological Systems : From Molecules to Human, K.V.P Chary, Girjesh Govil, 2008, Springer, ISBN : 978-1-4020-6679-5(HB), 978-1-4020-6680-1 (e-book)
- [10] Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού ,I.Κανδαράκης, Α.Καρατόπης, 2007, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις «Αράκυνθος», ISBN: 978-960-91034-9-7.
- [11]Article : ”Permanent magnet system for MRI with Constant Gradient mechanically adjustable in Direction and Strength “ October 2015, Peter Blumler, DOI : 10.1002/cmr.b.21320
- [12] Magnetic Resonance Tomography ,Maximilian F Reiser, Wolthard Semmler, Hedvig Hricak, 2007, Springer Science & Business Media ISBN : 978-3-540-29354-5

- [13]MRI at a Glance, Catherine Westbrook, 2nd Edition, 2013, John Wiley & Sons, Ltd
Publication ISBN :978-1-4051-9255-2
- [14]Magnetic Resonance Imaging of Neurological Diseases in Tropics, Rakesh K Gupta,
Sunil Kumar, 2014, JP Medical Ltd, ISBN: 978-93-5090-972-0
- [15] Magnetic Resonance Imaging :Physical and Biological Principles, Stewart Garlyle
Bushoug, Geoffrey Clarke, Elsevier Mosby, 2013, ISBN :978-0-323-07354-7
- [16]Biomedical Imaging Instrumentation : Application in Tissue ,Cellular,and Molecular
Diagnostics, Mrutgunjay Suar, Namrata Misra, Neel Sarovar Bhavesh, 2021, Academic Press
in Elsevier Inc. ISBN : 978-0-323-85650-8
- [17] RF Coils for MRI, J Thomas Vaughan John R. Griffiths, 2012, John Wiley & Sons
ISBN :978-111-859045-4
- [18]Clinical MR Imaging : A practical approach Peter Reiner, Paul M. Parizel ,James F.M.
Meaney, Flako –Alexander Stichnoth, 2010, Springer Science & Business Media ISBN:
9783540745044
- [19] How does MRI work? : An introduction to the Physics and Function of Magnetic
Resonance Imaging, Dominik Weishaupt, Victor D. Kochli, Borut Marincek, 2nd Edition,
2008, Springer – Verlag Berlin heidelberg, ISBN : 978-3-540-30067-0
- [20] RF Coils: A practical guide for nonphysicists, Bernhard Gruber, MSc, Martijn
Froeling,Ms, Tim Leiver PhD, Dennis W.J. Klomp PhD, 2018, PMCID :PMC6175221
- [21] Diagnostic Radiology : Advances in Imaging Technology, Arun Kumar Gupta, Anju
Garg Gard, Manavjit Singh Sandhu,2019, ISBN :978-93-89034-92-9
- [22] Fundamentals of Digital Imaging in Medicine, Roger Bourne, 2010, Springer London
Dordrecht Heidelberg New York, ISBN :978-1-84882-086-9
- [23] Digital Image Processing and Analysis : Applications with MATLAB and CVIptools,
Scott E Unbaugh, 2-17,CRCPress, ISBN :9781498766074
- [24] Biomedical Image Processing, Thomas Martindesermo, 2011, Springer Science &
Business Media, ISBN : 9783642158162
- [25] [Magnetic Resonance Imaging \(MRI\) - MAGNETOM® MRI Scanner - Siemens
Healthineers \(siemens-healthineers.com\)](https://www.siemens-healthineers.com/mri-scanner)

- [26] [MAGNETOM Sola 1.5T MRI system with BioMatrix - Siemens Healthineers Greece \(siemens-healthineers.com\)](#)
- [27] [MAGNETOM Vida - Leading the field - Siemens Healthineers Greece \(siemens-healthineers.com\)](#)
- [28] [MAGNETOM Free.Max–wide bore mri - Siemens Healthineers Greece \(siemens-healthineers.com\)](#)
- [29] [myExam Companion - Siemens Healthineers Greece \(siemens-healthineers.com\)](#)
- [30] [GE HealthCare | GE HealthCare \(United States\)](#)
- [31] [Innovating Meaningful Healthcare | Philips](#)
- [32] <https://usa.united-imaging.com/>
- [33] HbA “Designing MRI Suites:Navigating Structural Desing Consideration for Success, John Ellingson, 13 December 2017, Article
- [34] MRI Suite Design Include safety, functiondity and patient comfort considerations when planning new MRI facilities, William N.Bernstem, LEED AP, AIA and Manu Venkat, 2013, Article
- [35] MRI Shielded Rooms,The Turkey Package from EEP.
- [36] https://ipokratis.gr/plugins/system/vm_multiupload_attachment/js/multiupload/server/uploads/3321/%CE%A0%CE%95%CE%A1%CE%99%CE%95%CE%A7%CE%9F%CE%9C%CE%95%CE%9D%CE%91.pdf
- [37] The Four MRI Safety Zones and The Importance of these Zones, DIrectMed Parts and Sence, 30 October 2020, Article
- [38] [ISO - International Organization for Standardization](#)
- [39] [Η επίσημη ιστοσελίδα του νοσοκομείου "ΥΓΕΙΑ" \(hygeia.gr\)](#)
- [40] Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, <https://www.eeae.gr/>
- [41] Υπουργική Απόφαση Π/112/363/13.11.2015 (ΦΕΚ 2488/Β/18.11.2015).

[42] [MRI Accessories | Newmatic Medical](#)

[43] [Medical Products & Medical Supplies Online - AliMed](#)

[44] [Standards, Training, Testing, Assessment and Certification | BSI \(bsigroup.com\)](#)

[45] Design-Build Construction: A Comprehensive Guide, Grace Ellis, 6 January 2022, Autodesk, Article

[46] Design Everest, Article: What are the advantages of the “Design-Bid-Build” Method, Nick P [What are the Advantages of the Design-Bid-Build Delivery Method? \(designeverest.com\)](#)

[47] <https://www.umms.org/ummc/health-services/imaging/diagnostic/pet-mri>