



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

**Μελέτη και κατηγοριοποίηση Ψευδενδείξεων  
κατά την απεικόνιση με συστήματα  
Μαγνητικού Συντονισμού**

**ΜΑΡΙΝΑΚΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ – ΧΡΗΣΤΟΣ**  
Αριθμός Μητρώου : 16057

Επιβλέπων Καθηγητής  
Νεκτάριος Καλόβας , Αναπληρωτής Καθηγητής

Αθήνα 18/02/2022

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Νεκτάριος Καλύβας

Αναπληρωτής Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

Γεώργιος Φούντος

Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

Παναγιώτης Λιαπαρίνος

Αναπληρωτής Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο υπογράφων Μαρινάκος Παναγιώτης – Χρήστος του Νικολάου , με αριθμό μητρώου 16057 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής 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 Ιδρύματος.

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

Ημερομηνία

18/2/2022

Ο/Η Δηλών/ούσα

Μαρινάκος Παναγιώτης - Χρήστος



## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

**Λέξεις Κλειδιά:** *Ψευδένδειξη , Μαγνητικός Συντονισμός , MRI , Κλινικές Αναφορές , Διαγνωστική εικόνα*

*Ο σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η μελέτη και κατηγοριοποίηση των Ψευδενδείξεων που συναντούνται στα απεικονιστικά συστήματα του Μαγνητικού Συντονισμού . Αρχικά γίνεται θεωρητική αναφορά σε ένα πλήθος ψευδενδείξεων που υπάρχουν στην απεικόνιση του Μαγνητικού Συντονισμού . Πιο συγκεκριμένα για κάθε μια ψευδένδειξη αναφέρεται η αιτία ή οι αιτίες που προκαλούν την ύπαρξη της αλλά και ο τρόπος εμφάνισης της εκάστοτε ψευδένδειξης στην διαγνωστική εικόνα . Επιπλέον για κάθε ψευδένδειξη που αναφέρεται προτείνονται κάποιες λύσεις για την μείωση ή και την εξάλειψη της επίδρασης και των προβλημάτων που προκαλεί η ψευδένδειξη στην εικόνα του Μαγνητικού Τομογράφου . Επίσης στο δεύτερο μέρος της εργασίας πραγματοποιείται αναζήτηση για κάθε ψευδένδειξη άρθρων – κλινικών αναφορών που αντιστοιχούν σε αυτές . Το αποτέλεσμα της αναζήτησης αντιστοιχεί στη καταγραφή ενός ικανού αριθμού κλινικών δημοσιεύσεων από εγκεκριμένους επιστήμονες που ασχολούνται με την κλινική μελέτη των ψευδενδείξεων . Επιπροσθέτως πραγματοποιείται γραφική αναπαράσταση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων της αναζήτησης των κλινικών αναφορών για κάθε ψευδένδειξη και της χρονολογίας δημοσίευσής τους . Τέλος γίνεται αναφορά στα συμπεράσματα και τα αποτελέσματα της Διπλωματικής Εργασίας .*

## **ABSTRACT**

**Keywords:** *Artifacts, MRI, clinical reports, magnetic resonance imaging*

*The present research aims to investigate and categorize the artifacts that we meet in the imaging systems of the magnetic resonance. Initially ,reference is made to a quantity of artifacts, that there are in the depiction of magnetic resonance. More specifically, as for the artifacts, we mention the causes of their existence as well as how they appeared in the diagnostic image(imaging ).Furthermore , we suggest some solutions to every artifact that is mentioned ,in order to reduce or even better to eliminate the effects and the problems, that the artifact evoke in the diagnostic image of the magnetic resonance. In the second part of this thesis a research about the artifacts is carried out. We focused on articles and clinical references , that correspond to them. The results of this research correspond to a record of a great number of clinical reports of sanctioned great scientists, who are closely interested with the clinical study of artifacts .In the final part of the thesis a graphical representation is taking place. Also, we evaluate the results of the research of clinical. References for each artifact and we mention the date of publication.*

**Ευχαριστίες:**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Νεκτάριο Καλύβα, για την καθοδήγησή του και την πολύτιμη συμβολή του σε κάθε φάση της δημιουργίας της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω του γονείς μου για την αδιάκοπη υποστήριξη τους και όσους ανθρώπους στάθηκαν δίπλα μου για την δημιουργία της εργασίας αυτής .

Μαρινάκος Παναγιώτης – Χρήστος

Αθήνα 18/2/2022

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	9
1. Ψευδενδείξεις στην Απεικόνιση του Μαγνητικού Συντονισμού .....	15
1.1 Ψευδενδείξεις Κίνησης.....	15
1.1.1 Καρδιακός Παλμός.....	16
1.1.2 Αναπνευστική Κίνησης.....	17
1.1.3 Παλμική ροή αιμοφόρων αγγείων.....	18
1.2 Ψευδενδείξεις Χημικής Μετατόπισης .....	18
1.2.1 Αντιμετώπιση των Ψευδενδείξεων Χημικής Μετατόπισης.....	19
1.3 Ψευδενδείξεις Κολόβωσης (Gibbs).....	20
1.3.1 Αντιμετώπιση των Ψευδενδείξεων Κολόβωσης (Gibbs).....	21
1.4 Ψευδενδείξεις Zipper .....	22
1.4.1 Αντιμετώπιση Ψευδενδείξεων Zipper.....	23
1.5 Ψευδενδείξεις Μαγνητικής Επιδεκτικότητας .....	24
1.5.1 Τι είναι η Μαγνητική Επιδεκτικότητα ;.....	24
1.5.2 Πως εμφανίζονται οι Ψευδενδείξεις Μαγνητικής Επιδεκτικότητας.....	24
1.5.3 Αντιμετώπιση των Ψευδενδείξεων Μαγνητικής Επιδεκτικότητας.....	25
1.6 Ψευδενδείξεις Αναδίπλωσης (aliasing).....	26
1.6.1 Τι είναι η Αναδίπλωση (aliasing);.....	26
1.6.2 Πως εμφανίζονται οι Ψευδενδείξεις Αναδίπλωσης ;.....	27
1.6.3 Αντιμετώπιση των Ψευδενδείξεων Αναδίπλωσης .....	28
1.7 Ψευδενδείξεις λόγω επικάλυψης ή παρεμβολής τομής.....	29
1.7.1 Αντιμετώπιση των ψευδενδείξεων λόγω επικάλυψης ή παρεμβολής τομής.....	29
1.8 Διηλεκτρικές Ψευδενδείξεις.....	30
1.8.1 Τι είναι και πως εμφανίζονται οι Διηλεκτρικές Ψευδενδείξεις ;.....	30
1.8.2 Αντιμετώπιση των Διηλεκτρικών Ψευδενδείξεων.....	31
1.9 Ψευδενδείξεις Nyquist N/2.....	32
1.9.1 Τι είναι και πως εμφανίζονται οι Ψευδενδείξεις Nyquist N/2.....	32
1.9.2 Αντιμετώπιση των Ψευδενδείξεων Nyquist N/2.....	33
1.10 Ψευδενδείξεις Κεντρικού Σημείου.....	33
1.11 Ψευδενδείξεις Αποκοπής Δεδομένων.....	33
1.12 Ψευδενδείξεις Σφάλματος Δεδομένων .....	34
1.13 Ψευδενδείξεις Σκίασης .....	34
1.13.1 Αντιμετώπιση Ψευδενδείξεων Σκίασης .....	34
1.14 Ψευδενδείξεις Υπερχείλισης Ισχύος RF.....	35
1.15 Ψευδενδείξεις Zebra stripes .....	35
1.16 Ψευδενδείξεις Αστρικού Ουρανού.....	36
1.17 Ψευδενδείξεις Γεωμετρικής Παραμόρφωσης .....	36
1.18 Ψευδενδείξεις Περιθωρίου Moire.....	37
1.19 Ψευδενδείξεις Ψαροκόκαλου .....	37
1.20 Ψευδενδείξεις Διασταυρούμενης Διέγερσης .....	37
1.21 Ψευδενδείξεις Εισόδου Τομής .....	38
1.22 Ψευδενδείξεις Μεταλλικών Αντικειμένων .....	39
1.22.1 Τι είναι , πως και γιατί εμφανίζονται οι Ψευδενδείξεις Μεταλλικών Αντικειμένων .....	39
1.22.2 Αντιμετώπιση Ψευδενδείξεων Μεταλλικών Αντικειμένων.....	41
2. Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων στην Απεικόνιση του Μαγνητικού Συντονισμού.....	43
2.1 Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων Κίνησης.....	43
2.1.1 Αναφορά 1.....	43

2.1.2 Αναφορά 2.....	43
2.1.3 Αναφορά 3.....	44
2.1.4 Αναφορά 4.....	44
2.1.5 Αναφορά 5.....	45
2.2 Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων Χημικής Μετατόπισης.....	45
2.2.1 Αναφορά 1.....	45
2.2.2 Αναφορά 2.....	46
2.2.3 Αναφορά 3.....	47
2.2.4 Αναφορά 4.....	47
2.2.5 Αναφορά 5.....	48
2.3 Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων Κολόβωσης (Gibbs).....	48
2.3.1 Αναφορά 1.....	48
2.3.2 Αναφορά 2.....	48
2.3.3 Αναφορά 3.....	49
2.4 Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων Μαγνητικής Επιδεκτικότητας.....	50
2.4.1 Αναφορά 1.....	50
2.4.2 Αναφορά 2.....	50
2.4.3 Αναφορά 3.....	51
2.4.4 Αναφορά 4.....	52
2.5 Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων Αναδίπλωσης.....	52
2.5.1 Αναφορά 1.....	52
2.5.2 Αναφορά 2.....	53
2.5.3 Αναφορά 3.....	53
2.5.3 Αναφορά 4.....	54
2.5.4 Αναφορά 5.....	54
2.6 Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων Nyquist N/2.....	55
2.6.1 Αναφορά 1.....	55
2.6.2 Αναφορά 2.....	56
2.6.3 Αναφορά 3.....	56
2.6.4 Αναφορά 4.....	57
2.7 Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων Γεωμετρικής Παραμόρφωσης.....	57
2.7.1 Αναφορά 1.....	57
2.7.2 Αναφορά 2.....	58
2.7.3 Αναφορά 3.....	59
2.7.4 Αναφορά 4.....	59
2.8 Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων Μεταλλικών Αντικειμένων.....	60
2.8.1 Αναφορά 1.....	60
2.8.2 Αναφορά 2.....	60
2.8.3 Αναφορά 3.....	61
2.8.4 Αναφορά 4.....	62
2.9 Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων Σκίασης.....	63
2.9.1 Αναφορά 1.....	63
2.9.2 Αναφορά 2.....	63
2.10 Ψευδενδείξεις για τις οποίες δεν βρέθηκαν Κλινικές Αναφορές.....	64
3.Γραφικές παραστάσεις κλινικών αναφορών των Ψευδενδείξεων.....	65
3.1 Γραφική παράσταση Κλινικών Αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Κίνησης.....	65
3.2 Γραφική παράσταση Κλινικών Αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Χημικής Μετατόπισης.....	66
3.3 Γραφική παράσταση Κλινικών Αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Κολόβωσης.....	66

3.4 Γραφική παράσταση Κλινικών Αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Μαγνητικής Επιδεκτικότητας .....	67
3.5 Γραφική παράσταση Κλινικών Αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Αναδίπλωσης .....	68
3.6 Γραφική παράσταση Κλινικών Αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Nyquist.....	68
3.7 Γραφική παράσταση Κλινικών Αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Μεταλλικών Αντικείμενων .....	69
3.8 Γραφική παράσταση Κλινικών Αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Σκίασης.....	70
3.9 Γραφική παράσταση Κλινικών Αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Γεωμετρικής Παραμόρφωσης.....	70
4. Σχολιασμός & Συμπεράσματα .....	72
Παράρτημα 1.....	74
Πηγές – Αναφορές.....	76
Πηγές – Αναφορές Εικόνων .....	82



## Εισαγωγή

### ➤ Αρχή λειτουργίας Μαγνητικού Συντονισμού

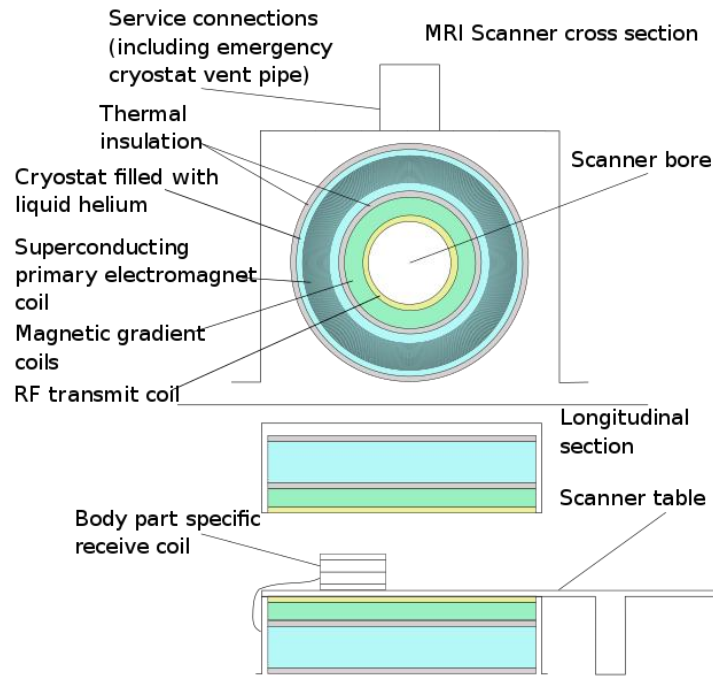
Το φαινόμενο του Μαγνητικού Συντονισμού (MR) περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1946 από το Purcell και τον Bloch. Όλοι οι ατομικοί πυρήνες απαρτίζονται από πρωτόνια και νετρόνια τα οποία έχουν καθαρό θετικό φορτίο. Κάποιοι ατομικοί πυρήνες όπως για παράδειγμα το υδρογόνο  $^1\text{H}$  και το φώσφορο  $^{31}\text{P}$  έχουν μια ιδιότητα η οποία εξαρτάται από τον αριθμό των πρωτονίων και ονομάζεται «σπίν». Η ιδιότητα αυτή περιγράφει την περιστροφή του πυρήνα γύρω από τον άξονα του. Στη πραγματικότητα όμως ο πυρήνας δεν πραγματοποιεί μια περιστροφή με την κλασσική έννοια αλλά μια μαγνητική ροπή η οποία οφείλεται στα στατικά του μέρη. Η μαγνητική αυτή ροπή με την σειρά της δημιουργεί ένα τοπικό μαγνητικό πεδίο με νότιο και βόρειο πόλο. Με την εφαρμογή ενός ισχυρού εξωτερικού μαγνητικού πεδίου ( $B_0$ ), ο πυρήνας θα ευθυγραμμιστεί είτε παράλληλα είτε κάθετα στο εξωτερικό αυτό πεδίο. Στη περίπτωση ενός υγρού διαλύματος που περιέχει πολλές περιστροφές και τοποθετείται εντός του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου  $B_0$ , οι περιστροφές αυτές θα μπορούν να λάβουν δύο δυνατές ενεργειακές καταστάσεις. Πρώτον μπορούν να προσανατολιστούν κάθετα ως προς την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου το οποίο περιγράφεται ως κατάσταση υψηλής ενέργειας. Δεύτερον μπορούν να προσανατολιστούν παράλληλα στη κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου, το οποίο περιγράφεται ως κατάσταση χαμηλής ενέργειας. Αν και ο μαγνήτης προσανατολίζεται εντελώς παράλληλα ή αντιπαράλληλα προς το πεδίο, ο πυρήνας λόγω της περιστροφής του θα έχει μια γωνιακή ορμή, άρα θα περιστρέφεται είτε θα προηγείται γύρω από τον άξονα του μαγνητικού πεδίου  $B_0$ . Η ταχύτητα περιστροφής γύρω από τη κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου περιγράφεται από την συχνότητα Larmor. Η συχνότητα Larmor είναι ανάλογη της έντασης του πεδίου και δίνεται από την εξίσωση Larmor:

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

όπου  $\omega_0$  είναι γωνιακή ταχύτητα πρωτονίων,  $\gamma$  η γυρομαγνητική αναλογία και  $B_0$  η ένταση του πεδίου.

Οι πυρήνες οι οποίοι διαθέτουν σπίν μπορούν να διεγερθούν μέσα στο στατικό μαγνητικό πεδίο  $B_0$  με την εφαρμογή ενός ακόμα μαγνητικού πεδίου ραδιοσυχνοτήτων  $B_1$ , που εφαρμόζεται κάθετα στο υπάρχον μαγνητικό πεδίο  $B_0$ . Η ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων εκδηλώνεται με σύντομους παλμούς. Ο πυρήνας απορροφά ενέργεια και αυτό με τη σειρά του προκαλεί μετάβαση από υψηλότερα επίπεδα ενέργειας σε χαμηλότερα επίπεδα. Η αντίστροφη διαδικασία περιγράφεται ως χαλάρωση. Η ενέργεια που απορροφάται στη συνέχεια εκπέμπεται από τους πυρήνες δίνοντας μια τάση. Η τάση αυτή ανιχνεύεται από ένα πηνίο, ενισχύεται και εμφανίζεται ως « διάσπαση ελεύθερης επαγωγής » το γνωστό FID. Η έλλειψη συνεχόμενων παλμών και η διαδικασία χαλάρωσης επαναφέρουν το σύστημα στη θερμική του ισορροπία. Έτσι κάθε πυρήνας θα αντηχεί σε μια μοναδική συχνότητα όταν τοποθετηθεί στο μαγνητικό πεδίο. Η ενεργειακή διαφορά μεταξύ των δυο καταστάσεων σπίν είναι η ενέργεια που απαιτείται για την μετάβαση μεταξύ των ενεργειακών επιπέδων. Η εφαρμογή ενός παλμού RF στην συχνότητα συντονισμού έχει ως αποτέλεσμα στη δημιουργία ενός FID. Στη πραγματικότητα έχουμε ένα μεγάλο αριθμό παλμών RF άρα και πολυάριθμα FID, τα οποία

υπολογίζονται κατά μέσο όρο με στόχο τη βελτίωση του λόγου σήματος προς τον θόρυβο (SNR) . Το FID με τη σειρά του μέσω μιας μαθηματικής διαδικασίας γνωστής ως μετασχηματισμό Fourier μπορεί να μετατραπεί σε εικόνα MRI ή σε φάσμα συχνοτήτων , δίνοντας πολλές χρήσιμες διαγνωστικές πληροφορίες . [1]



Εικόνα 1 . Σχηματική κατασκευή κυλινδρικού υπεραγωγίμου σαρωτή μαγνητικής τομογραφίας .

## ➤ Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (MRI)

### ❖ Τι είναι η μαγνητική τομογραφία ;

Η μαγνητική τομογραφία (MRI) είναι μια λεπτομερής μη επεμβατική τεχνολογία απεικόνισης που έχει ως στόχο την παραγωγή τρισδιάστατων ανατομικών εικόνων . Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση θεραπειών , την ανίχνευση και την διάγνωση ασθενειών . Τα βασικά πλεονεκτήματα της μαγνητικής τομογραφίας είναι η τρισδιάστατη απεικόνιση , η αποφυγή επιβάρυνσης του εξεταζόμενου με ιοντίζουσες ακτινοβολίες και ο προσδιορισμός της βιοχημικής σύστασης του οργανισμού με διαδικασίες ανώδυνες . Η λειτουργία της μαγνητικής τομογραφίας βασίζεται σε εξελιγμένη τεχνολογία και στη αρχή λειτουργίας του μαγνητικού συντονισμού . [2]



**Εικόνα 2. Σαρωτής μαγνητικής τομογραφίας 1,5 T MAGNETON Aera της εταιρίας SIEMENS**

### **❖ Οργανολογία απεικονιστικού συστήματος Μαγνητικής τομογραφίας**

Ένα σύστημα απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού απαρτίζεται , αρχικά από το βασικό μαγνήτη που παράγει το στατικό μαγνητικό πεδίο  $B_0$  . Ο βασικός μαγνήτης μπορεί να είναι τριών ειδών , μόνιμος , υπεραγωγίμος ή αντιστάσεως . Ο μόνιμος μαγνήτης κατασκευάζεται από κάποιο μόνιμα μαγνητισμένο όπως το κράμα κοβαλτίου και σπανίων γαιών . Οι μόνιμοι μαγνήτες έχουν αρκετά μεγάλο βάρος έως 100 τόνους , μικρό πεδίο και η χρήση τους γίνεται σε ανοιχτά συστήματα απεικόνισης. Ο υπεραγωγίμος μαγνήτης κατασκευάζεται από υλικό που παρουσιάζει το φαινόμενο της υπεραγωγιμότητας και προσφέρει την δυνατότητα επίτευξης πολύ ισχυρών και ομοιογενών μαγνητικών πεδίων . Έχουν μικρό βάρος 3-7 τόνους . Τέλος οι μαγνήτες αντιστάσεως που είναι απλή στη κατασκευή τους όμως σήμερα τείνουν να μην χρησιμοποιούνται . Τόσο οι υπεραγωγίμοι όσο και οι μαγνήτες αντιστάσεως διαρρέονται από ρεύμα μέσω σωληνοειδών και πηνίων που διαθέτουν . Στη συνέχεια το σύστημα του μαγνητικού τομογράφου διαθέτει τεσσάρων ειδών πηνία , τα πηνία βαθμίδας για την παραγωγή των βαθμιδωτών πεδίων και το χωρικό προσδιορισμό της απεικονιστικής περιοχής , τα πηνία εξομάλυνσης για την εξομάλυνση των τοπικών ανομοιογενειών του στατικού μαγνητικού πεδίου . τα πηνία ραδιοσυχνότητας RF για την παραγωγή παλμών RF και την ανίχνευση των σημάτων FID και τέλος τα πηνία επιφανείας . Όλο το σύστημα του μαγνήτη μαζί με τα πηνία αποτελούν το βασικό σώμα του μαγνητικού τομογράφου . Το σχήμα του είναι κατά προσέγγιση ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου με ένα άνοιγμα στο μέσον . Στο άνοιγμα αυτό υπάρχει η εξεταστική τράπεζα εισάγεται ο ασθενής . Ακόμη υπάρχει ένας ισχυρός ηλεκτρονικός υπολογιστής

υψηλών επιδόσεων για την ανακατασκευή των εικόνων . Επίσης υπάρχουν διαφορές ηλεκτρονικές διατάξεις όπως ο πομπός , ο δέκτης και οι αναλογικό – ψηφιακοί μετατροπείς . Στην περίπτωση της χρήσης υπεραγωγίμου μαγνήτη πρέπει να συμπεριληφθούν η φιάλη φύλαξης υγρού ηλίου και η κρυογεννήτρια . Τέλος υπάρχει η διάταξη τροφοδοσίας , η κονσόλα χειρισμού και ένα σύστημα αποθήκευσης . [2]

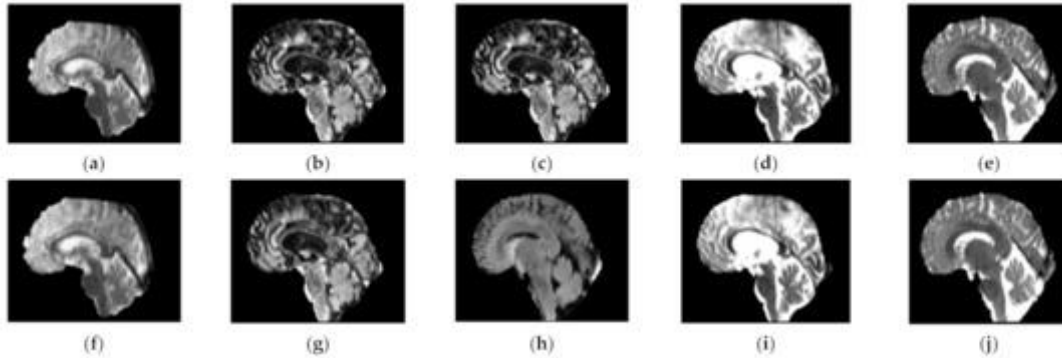


**Εικόνα 3. Μαγνητικός τομογράφος 7,0 T SIGNA™ 7.0T της εταιρίας GE**

### ❖ Ψευδενδείξεις στην απεικόνιση του Μαγνητικού Συντονισμού

Μια ψευδένδειξη στην απεικόνιση της μαγνητικού συντονισμού είναι μια οπτική ανωμαλία που παρατηρείται στις εικόνες της μαγνητικής τομογραφίας (MRI) . Είναι δηλαδή ένα χαρακτηριστικό το οποίο εμφανίζεται στην τελική εικόνα ενώ δεν υπάρχει στο αρχικό αντικείμενο . Υπάρχουν αρκετές ψευδενδείξεις στην απεικόνιση της μαγνητικής τομογραφίας , ορισμένες επηρεάζουν την ποιότητα της διαγνωστικής εικόνα , ενώ άλλες συγχέονται με παθολογικά αίτια και οδηγούν αρκετές φορές στην λανθασμένη διάγνωση .Η προέλευση των ψευδενδείξεων ποικίλοι . Αρκετές προέρχονται από τον ίδιο τον εξεταζόμενο , όπως η εκούσια ή φυσιολογική κίνηση του εξεταζομένου ή οργάνων του σώματος του και η παρουσία μεταλλικών αντικειμένων είτε στο σώμα του εξεταζομένου είτε εμφυτευμένες μέσα σε αυτό . Άλλες ψευδενδείξεις προκαλούνται από την επεξεργασία ή την λήψη του σήματος ενώ τέλος αρκετές αφορούν το ίδιο το μηχάνημα- σύστημα και τα μέρη του , όπως τα πηνία ή και ο ίδιος ο μαγνήτης . Παρόλο που οι ψευδενδείξεις επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα και την διαγνωστική αξία της απεικόνισης του μαγνητικού συντονισμού

υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης τους . Έτσι με την κατάλληλη επιλογή ειδικών τεχνικών ή παραμέτρων μπορεί να μειωθεί με σημαντικό βαθμό η επίδραση των ψευδενδείξεων στην εικόνα έτσι ώστε να μπορέσει και πάλι να γίνει διαγνωστικά χρήσιμη . Τέλος ιδανικά σε ορισμένες περιπτώσεις οι ψευδενδείξεις μπορούν να σταματήσουν σε ολοκληρωτικά βαθμό να επιδρούν στην διαγνωστική εικόνα . [3]



**Εικόνα 4. Εικόνες Μαγνητικής Τομογραφίας εγκεφάλου , πριν (επάνω σειρά) και μετά (κάτω σειρά) από την αφαίρεση της Ψευδενδείξεις Κολόβωσης (Gibbs).**

➤ **Ψευδενδείξεις στην απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού**

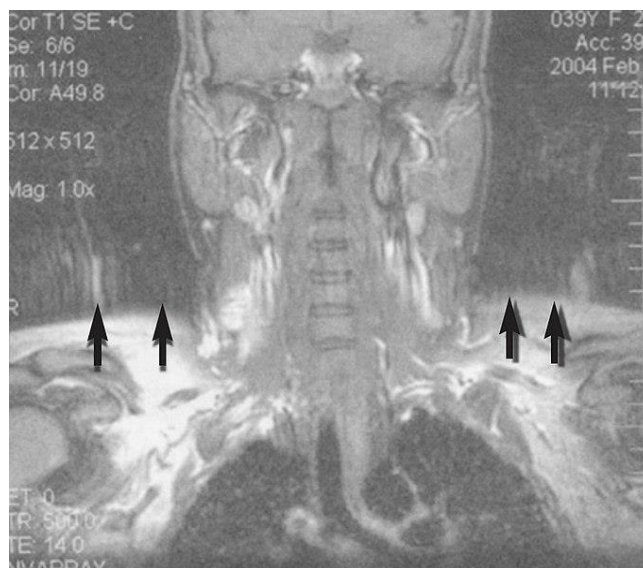
**Πίνακας 1 . Ψευδενδείξεις στην Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (MRI)**

<b>Motion Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Κίνησης</b>
<b>Chemical – shift Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Χημικής Μετατόπισης</b>
<b>Gibbs – Truncation Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Κολόβωσης</b>
<b>Zipper Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Zipper</b>
<b>Magnetic susceptibility Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις λόγω Μαγνητικής Επιδεκτικότητας</b>
<b>Aliasing – wrap around Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Αναδίπλωσης</b>
<b>Slice overlap Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Επικάλυψης τομής</b>
<b>Dielectric Artifacts</b>	<b>Διηλεκτρικές Ψευδενδείξεις</b>
<b>Nyquist Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Nyquist</b>
<b>Central Point Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Κεντρικού Σημείου</b>
<b>Data Clipping Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Αποκοπής Δεδομένων</b>
<b>Data Error Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Σφάλματος Δεδομένων</b>
<b>Shading Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Σκίασης</b>
<b>RF overflow Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις υπερχείλισης ισχύος RF</b>
<b>Zebra stripes / Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Zebra</b>
<b>Starry Sky Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Αστρικού Ουρανού</b>
<b>Geometric Distortion Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Γεωμετρικής Παραμόρφωσης</b>
<b>Moiré Fringes Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Περιθωρίου Moiré</b>
<b>Herringbone Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Ψαροκόκαλου</b>
<b>Cross-excitation Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Διασταυρούμενης Διέγερσης</b>
<b>Entry slice Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Εισόδου Τομής</b>
<b>Metal Artifacts</b>	<b>Ψευδενδείξεις Μεταλλικών αντικειμένων</b>

## 1. Ψευδενδείξεις στην απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού

### 1.1 Ψευδενδείξεις Κίνησης

Ιδανικά μια εικόνα ενός συστήματος μαγνητικού συντονισμού προϋποθέτει ότι ο εξεταζόμενος και το αντικείμενο – δείγμα της υπό εξέταση περιοχής να είναι ακίνητα καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας συλλογής δεδομένων. Όμως κάτι τέτοιο είναι πρακτικά αδύνατο λόγω της εκούσιας ή ακούσιας κίνησης του εξεταζομένου ή ενός τμήματος του . Η κίνηση αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αιτίες εμφάνισης ψευδών ενδείξεων στον μαγνητικό συντονισμό . Οι κινήσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες , τις περιοδικές και τις τυχαίες. Οι περιοδικές από την μια είναι κινήσεις σταθερού μοντέλου χαρακτηριζόμενες από μια περίοδο  $T$  και παρατηρούνται κατά την διεύθυνση κωδικοποίησης φάσης ανεξάρτητα από την πραγματική διεύθυνση της κίνησης . Τέτοιες κινήσεις είναι οι καρδιακοί παλμοί , η παλμική ροή αίματος στις αρτηρίες και η αναπνοή κλπ . Το αποτέλεσμα των περιοδικών κινήσεων είναι η ταυτόχρονη παρατήρηση τμημάτων σε διαφορετικές θέσεις στην λαμβανόμενη εικόνα , που καταλήγει σε ένα θόλωμα ολόκληρης της εικόνας με ψευδενδείξεις ειδώλων (ghost). Από την άλλη έχουμε τις τυχαίες κινήσεις , οι οποίες είναι μη περιοδικές και δεν σχηματίζουν ψευδενδείξεις ειδώλων , αλλά δημιουργούν θόρυβο διάχυτης εικόνας , που διαδίδεται ευρέως κατά την κατεύθυνση κωδικοποίησης φάσης . Παραδείγματα τυχαίων κινήσεων αποτελούν ο βήχας , η κίνηση των ματιών και η κατάποση . Επιπλέον όπως προαναφέρθηκε παραπάνω εκούσιες κινήσεις θεωρούμε την αναπνευστική κίνηση σε ορισμένες περιπτώσεις καθώς και την κατάποση . Ενώ η κίνηση της καρδιά και η περίσταση του εντέρου αποτελούν ακούσιες κινήσεις . Τέλος ναι μεν η κίνηση αποτελεί μια πολύ συνηθισμένη και σημαντική αιτία ψευδενδείξεων όμως υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης και εξάλειψης του προβλήματος , οι οποίοι θα αναφερθούν παρακάτω . [2, 4]

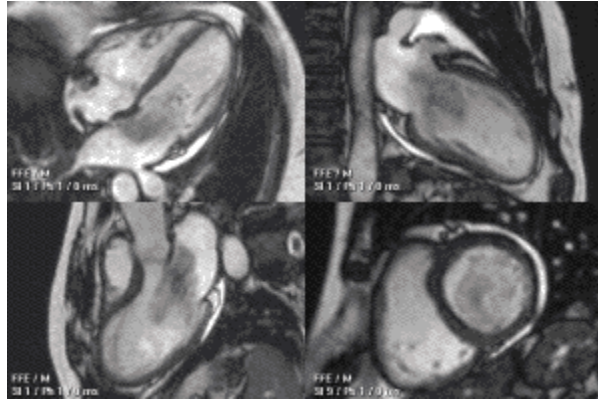


Εικόνα 5 . Μαγνητική Τομογραφία με την παρουσία ψευδένδειξης Κίνησης

### 1.1.1 Καρδιακός Παλμός

Η κίνηση της καρδιάς και ο καρδιακός παλμός αποτελούν μια περιοδική και ακούσια κίνηση . Αποτέλεσμα των κινήσεων αυτών είναι η δημιουργία ψευδενδείξεων ειδώλου (ghost) κατά την κατεύθυνση κωδικοποίησης φάσης . Αυτά τα ψευδά είδωλα εμφανίζονται στην καρδιά κα στις γειτονικές δομές της δυσχεραίνοντας την διαγνωστική εικόνα . Οι ψευδενδείξεις οφείλονται σε μικρές ή μεγάλες απώλειες σήματος στην εικόνα . Το πρόβλημα όμως πλέον μπορεί να επιλυθεί ή να διορθωθεί με διάφορες μεθόδους που αποσκοπούν στη βελτίωση της διαγνωστικής εικόνας . Η κύρια και πιο διαδεδομένη μέθοδος επίλυσης και διόρθωσης είναι η ηλεκτροκαρδιογραφική «σκανδάλη» ή αλλιώς σκανδαλισμός μέσω ηλεκτροκαρδιογραφήματος . Το κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής είναι ο συγχρονισμός της συλλογής δεδομένων κατά την λήψη σήματος με την φάση εργασίας του καρδιακού κύκλου . Ένας τέτοιος συγχρονισμός επιτρέπει στον καρδιακό ιστό να παραμείνει σε σταθερή θέση με αποτέλεσμα την αύξηση του SNR . Αυτό προϋποθέτει την σημαντική αύξηση έντασης σήματος από την καρδιά και επιπλέον την μείωση του αριθμού σφαλμάτων φάσης . Μια ακόμη μέθοδος επίλυσης και διόρθωσης του προβλήματος είναι η χρήση «γρήγορων ακολουθιών» δηλαδή γρήγορης απεικόνισης , οι οποίες μειώνουν την πιθανότητα κίνησης κατά την συλλογή των δεδομένων . Στη περίπτωση αυθόρμητης κίνησης οι σύντομοι χρόνοι σάρωσης σημαίνουν ότι ο ασθενής είναι λιγότερο πιθανό να νιώσει άβολα και κινηθεί . Για την καρδιακή κίνηση οι γρήγορες ακολουθίες αποκτούν περισσότερα δεδομένα σε μια περίοδο. Υπάρχουν πλέον αρκετές τεχνικές μέσω των οποίων μειώνεται σε ικανοποιητικό βαθμό ο χρόνος που απαιτείται για την δημιουργία εικόνας . Τέτοιες τεχνικές είναι η Echo plannar , Flash , Fisp , GRE .Η χρήση τους βοηθά στο να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα από την αδυναμία ακινητοποίησης των εξεταζομένων για μεγάλα χρονικά διαστήματα αλλά και για την καρδιακή κίνηση . Η τεχνική Flash που εφαρμόζεται σε πρώιμα στάδια χρησιμοποιεί παλμούς περιορισμένης διάρκειας και διέγερση χαμηλής γωνίας . Επίσης μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η gradient moment nulling . Η μέθοδος χρησιμοποιείται για την μείωση των ψευδενδείξεων που παράγονται από κινούμενα αντικείμενα ή ιστούς που κινούνται με σχεδόν σταθερή ταχύτητα , ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η καρδιά . Η μέθοδος επιχειρεί να ελαχιστοποιήσει τις μετατοπίσεις φάσεων που έχουν δημιουργηθεί τόσο από σταθερές όσο και από κινούμενες περιστροφές κατά τον χρόνο ηχούς (TE) . Τέλος, μια επιπλέον μέθοδος αποτελεί η spatial RF pre-saturation . Στη μέθοδο αυτή εφαρμόζονται ένας ή περισσότεροι χωρικοί παλμοί RF 90 μοιρών πριν από το παλμό διέγερσης για την καταστολή του σήματος από την καρδιά . Οι πρόσθετοι παλμοί RF οδηγούν σε αύξηση του SAR και του χρόνου εξέτασης που έχει ως αποτέλεσμα το μειωμένο αριθμό "φετών" για συγκεκριμένο χρόνο επανάληψης TR. [2, 4, 5]





Εικόνα 6 .Αλληλουχίες Μαγνητικής Τομογραφίας Καρδιακού όγκου

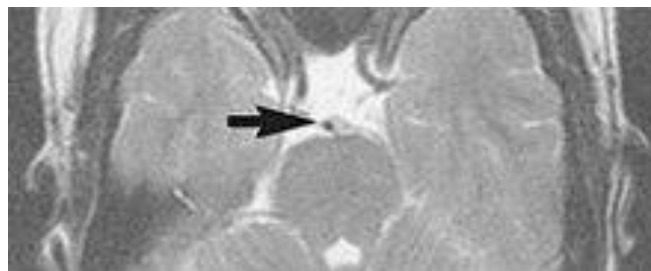
### 1.1.2 Αναπνευστική κίνηση

Η αναπνοή αποτελεί μια φυσιολογική περιοδική κίνηση η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ψευδενδείξεις ειδώλων (ghost) και θολώματα . Αυτά είναι πιθανό να καλύψουν κάποια παθολογικά προβλήματα που τυχόν υπάρχουν ή να δώσουν λανθασμένη εντύπωση για τυχόν προβλήματα δίχως την πραγματική ύπαρξή τους . Έχουν εφαρμοστεί πολλές και διαφορετικές μέθοδοι για την μείωση των ψευδενδείξεων της αναπνευστικής κίνησης . Αρχικά δύο μέθοδοι που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση του προβλήματος είναι το κράτημα της αναπνοής και η εφαρμογή αναισθησίας στον εξεταζόμενο και οι δύο τεχνικές έχουν ως σκοπό την καταστολή της αναπνευστικής κίνησης . Επιπλέον υπάρχουν μηχανικές μέθοδοι για τον περιορισμό της κίνησης όπως η ακινητοποίηση της κοιλιάς ή του θώρακα του εξεταζομένου . Ωστόσο αυτές οι τεχνικές θα μπορούσαν να προκαλέσουν δυσφορία και μείωση άνεσης του εξεταζομένου και έχουν αρνητικό αποτέλεσμα .Ακόμη υπάρχει μια τεχνική η οποία συλλέγει επαναλαμβανόμενα σήματα και τα χρησιμοποιεί με σκοπό την βελτίωση του λόγου « σήματος προς τον θόρυβο » SNR . Η εμφάνιση των ψευδενδείξεων ειδώλων μειώνεται ανάλογα με την τετραγωνική ρίζα του μέσου αριθμού των σημάτων . Ωστόσο ο χρόνος εξέτασης αυξάνεται λόγω των επαναλήψεων της ακολουθίας . Αυτή η τεχνική ονομάζεται " Μέσος όρος σήματος " . Ένας άλλος τρόπος εξάλειψης των ψευδών ενδείξεων είναι η «ενεργοποίηση αναπνοής» . Αυτός περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων μόνο σε ένα μέρος του κύκλου αναπνοής , συνήθως στο τέλος της εισπνοής όταν οι αναπνευστικές κινήσεις είναι ελάχιστες . Ο παρατεταμένος χρόνος εξέτασης όμως είναι ένα αρνητικό της μεθόδου αυτής καθώς κάποιος χρόνος καταναλώνεται μη παραγωγικά περιμένοντας την κατάλληλη στιγμή για την σάρωση . Μια ακόμη μέθοδος την οποία συναντήσαμε και για την αντιμετώπιση των ψευδενδείξεων από την καρδιακή κίνηση είναι η χρήση του gradient moment nulling . Η εφαρμογή δηλαδή πρόσθετων ακολουθιών διαβάθμισης , που επιδιώκουν την διόρθωση των μετατοπίσεων φάσης μεταξύ της απόκρισης των κινούμενων αντικειμένων . Η μέθοδος επιτρέπει την διόρθωση κινήσεων με σταθερή ταχύτητα , με την μείωση των απωλειών σήματος και των ψευδενδείξεων ειδώλου που σχετίζονται με τις κινήσεις αυτές .

Τέλος μια επιπλέον μέθοδος για την μείωση της έντασης του σήματος από τους κινούμενους ιστούς είναι η χρήση αλληλουχιών καταστολής λίπους . Έτσι γίνεται εξάλειψη του σήματος από το λίπους όχι μόνο στο υποδερμικό στρώμα αλλά και στο μέσοθωράκιο όπως και σε άλλες εσωτερικές πηγές λίπους . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παράγονται λιγότερα ψευδή αντικείμενα . [2, 4, 5]

### 1.1.3 Παλμική ροή αιμοφόρων αγγείων

Οι ψευδενδείξεις των αιμοφόρων αγγείων μπορούν να αναγνωριστούν από τη θέση τους κοντά σε κάποιο αιμοφόρο αγγείο κατά την κατεύθυνση κωδικοποίηση φάσης . Μια τέτοια παλμική ροή παράγει αντικείμενα ίσου μεγέθους και σχήματος με το προφίλ των αιμοφόρων αγγείων αν και όχι απαραίτητα της ίδιας έντασης σήματος αλλά χαμηλότερης . Αρχικά για την επίλυση του προβλήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Cardiac gating που είναι μια διαδικασία επιλογής πληροφοριών που αφορούν την καρδιακή λειτουργία σε συσχετιζόμενα τμήματα του κύκλου της καρδιάς . Ο καρδιακός συγχρονισμός μπορεί να επιτευχθεί μέσω του σήματος ηλεκτροκαρδιογραφήματος ή εναλλακτικά μέσω ενός περιφερικού μετατροπέα παλμών . Άλλη μια μέθοδος είναι η αντιστάθμιση ροής . Η διαδικασία αυτή μειώνει τα ψευδή αντικείμενα προσθέτοντας μια κλίση και αφαιρώντας τις διαφορές φάσης για κινήσεις περιστροφής και μη κατά τη στιγμή της απόκρισης . Ένας άλλος τρόπος μείωσης των ψευδών αντικειμένων με την καταστολή ενός σήματος από την παλμική ροή είναι η εφαρμογή των μεθόδων «ζώνης κορεσμού» ή «καταστολής λίπους» . Τέλος μια μέθοδος για την αποφυγή των ψευδενδείξεων είναι η κατάλληλη επιλογή FOV . Επιλέγοντας την περιοχή ενδιαφέροντος αποφεύγοντας έτσι την διέγερση περιοχών με πλήθος αιμοφόρων αγγείων . [2, 4, 5]



Εικόνα 7. Μελέτη εγκεφάλου και απώλεια σήματος που σχετίζεται με την ψευδένδειξη της ροής στην καρωτίδα και στις βασικές αρτηρίες .

## 1.2 Ψευδενδείξεις χημικής μετατόπισης

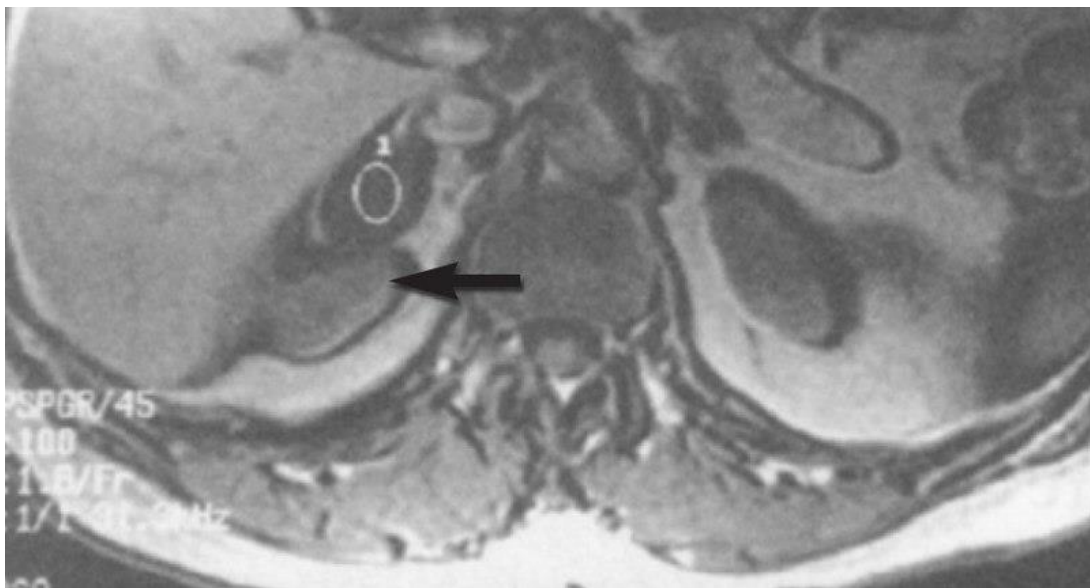
Οι ψευδενδείξεις που αφορούν την χημική μετατόπιση οφείλονται σε αλλαγές στην συχνότητα συντονισμού (συχνότητα Larmor) λόγω διαφορετικών περιβαλλόντων μοριακών πυρήνων . Μέσα σ'

ένα μαγνητικό πεδίο έντασης B0, όλοι οι πυρήνες πρωτονίου ενός οργανικού μορίου θα έπρεπε να συντονίζονται στην ίδια συχνότητα. Στην πραγματικότητα όμως αυτό δεν συμβαίνει, γιατί η επίδραση και επομένως η τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου, φθάνει σε κάθε πυρήνα διαφοροποιημένη, λόγω του διαφορετικού χημικού περιβάλλοντος στο οποίο ο κάθε πυρήνας βρίσκεται. Για παράδειγμα τα πρωτόνια υδρογόνου του λίπους καλύπτονται από ένα νέφος ηλεκτρονίων, το νέφος αυτό τα προστατεύει από την επίδραση ενός εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Από την άλλη τα πρωτόνια υδρογόνου του νερού προστατεύονται λιγότερο από το νέφος ηλεκτρονίων λόγω του ατόμου του οξυγόνου που είναι ιδιαίτερα ηλεκτραρνητικό και το απομακρύνει. Έτσι λόγω της διαφοράς στην θωράκιση ένα λιπώδες πρωτόνιο έχει χαμηλότερη συχνότητα από ένα κοντινό πρωτόνιο νερού, διότι είναι ασθενέστερο σε ένα μαγνητικό πεδίο. Η διαφορά αυτή είναι μικρή, για παράδειγμα στα 1,5 T η διαφορά συχνότητας είναι 215 Hz περίπου. Κατά την διαδικασία απεικόνισης στο μαγνητικό συντονισμό η χωρική θέση δίνεται κατά μήκος της κατεύθυνσης κωδικοποίησης συχνότητας με βάση τη συχνότητα συγχρονισμού. Έτσι αν θεωρήσουμε ότι σε ένα voxel συνυπάρχουν πρωτόνια νερού και λίπους τότε το εκπεμπόμενο σήμα από τα λιπιδικά πρωτόνια θα έχει χαμηλότερη συχνότητα σε σχέση με τα πρωτόνια νερού. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα αν η συχνότητα του συστήματος ρυθμιστεί για το νερό, τότε το σήμα από τα πρωτόνια του λίπους θα φαίνεται σαν να προέρχεται από πρωτόνια νερού από άλλο όμως voxel. Αυτή η αναντιστοιχία των εικονοστοιχείων λίπους και νερού καταλήγει σε τεχνητές λευκές ή σκούρες ζώνες πλάτους που εμφανίζονται και στις δύο πλευρές του απεικονιζόμενου ανατομικού αντικειμένου. Η ψευδένδειξη αυτή εμφανίζεται συνήθως κοντά σε δομές που περιέχουν νερό όπως το συκώτι, τα νεφρά, οι μύες και σε δομές που περιβάλλονται από λίπος όπως η κοιλιακή χώρα και η σπονδυλική στήλη. Επίσης το μέγεθος της χημικής μετατόπισης μπορεί να υπολογιστεί με βάση δυο παραμέτρους, το εύρος ζώνης δέκτη και το μέγεθος της μήτρας κωδικοποίησης φάσης. Επιπλέον το μέγεθος είναι ανάλογο του κύριου μαγνητικού πεδίου. Τέλος η ψευδένδειξη της χημικής μετατόπισης δεν αφορά μόνο το νερό και το λίπος αλλά την διεπαφή οποιονδήποτε δύο ουσιών που έχουν διαφορετικές χημικές μετατοπίσεις. Παράδειγμα αποτελούν η χημική μετατόπιση μεταξύ λαδιού σιλικόνης (οφθαλμολογία) και του νερού, επίσης της γέλης σιλικόνης (προσθετική μαστού) και του νερού. Άρα οι ψευδενδείξεις της μετατόπισης χημικών ουσιών μπορεί να εμφανιστούν σε περιοχές όπως το κεφάλι, ο λαιμός αλλά και τα άκρα στα οποία χρησιμοποιούνται τα εμφυτεύματα (σιλικόνη). [6,7]

### 1.2.1 Αντιμετώπιση των ψευδενδείξεων της χημικής μετατόπισης

Το φαινόμενο της χημικής μετατόπισης είναι γνωστό και ως « εσφαλμένη καταχώριση » ή « αναντιστοιχία ». Η ψευδένδειξη εμφανίζεται ως λανθασμένη καταχώριση εικονοστοιχείων στην εικόνα. Οι ψευδενδείξεις εμφανίζονται συχνότερα στην κατεύθυνση κωδικοποίησης συχνότητας και είναι πιο έντονες σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Η χημική μετατόπισης είναι πιο ορατή σε αλληλουχίες T2 από ότι σε αλληλουχίες T1. Όμως για τα παραπάνω προβλήματα υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης και λύσης τους. Αρχικά για την μείωση της ψευδένδειξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μεγαλύτερη μαγνητική διαπερατότητα του δέκτη. Με τον όρο μαγνητική διαπερατότητα εκφράζουμε τον λόγο της έντασης της μαγνητικής επαγωγής προς την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Επίσης για την

μείωση της ψευδένδειξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μήτρα με μεγαλύτερη αλληλουχία και ακόμη αλληλουχίες φάσης TE ή spin echo . Ακόμη η επιλογή ακολουθιών T1 θα βοηθούσε στη μείωση των ψευδών ενδείξεων καθώς οι ακολουθίες αυτές είναι λιγότερο ευαίσθητες στα φαινόμενα της χημικής μετατόπισης . Ακόμη ένας τρόπος μείωσης είναι η μεγιστοποίηση της κλίσης που θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των ορίων της χημικής μετατόπισης . Επίσης η χρήση ειδικών ακολουθιών , όπως κορεσμός λίπους ή ανάκτηση αντιστροφής βοηθούν στην αντιμετώπιση της ψευδένδειξης . Μια από τις πιο σημαντικές τεχνικές μείωσης της χημικής μετατόπισης είναι η εφαρμογή τεχνικών καταστολής λίπους . Επιπλέον μια λύση αποτελεί η μείωση του μεγέθους του voxel που θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της επίδρασης της χημικής μετατόπισης . Τέλος ένας ακόμη τρόπος ο οποίος όμως δεν συνιστάται είναι η χρήση ασθενέστερου μαγνητικού πεδίου , το οποίο παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση των ψευδενδείξεων . [5, 8]



**Εικόνα 8 . Ψευδένδειξη Χημικής Μετατόπισης με φωτεινές και σκοτεινές ραβδώσεις γύρω από τους νεφρούς σε μια εικόνα αντίθετης φάσης**

### **1.3 Ψευδενδείξεις Κολόβωσης ( Gibbs Ringing Artifacts )**

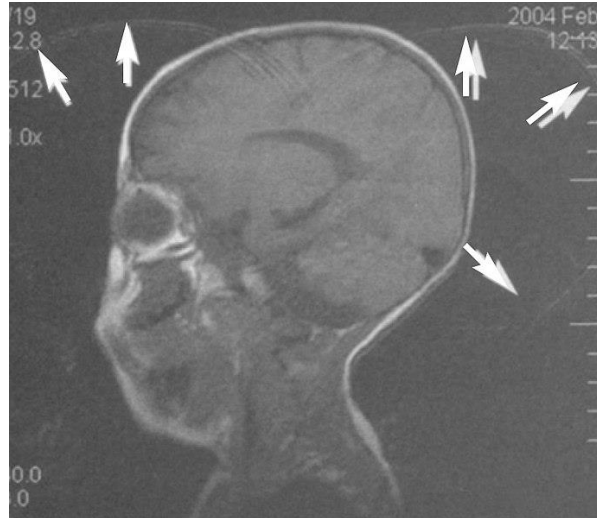
Οι ψευδενδείξεις κολόβωσης ή κοπής (Gibbs) εμφανίζονται συνήθως ως πολλαπλές λεπτές παράλληλες και ιδιαίτερα σκούρες ή φωτεινές γραμμές οι οποίες παρατηρούνται σε γειτονικές περιοχές . Αυτές παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά έντασης σήματος και υψηλής αντίθεσης . Οι ψευδενδείξεις κολόβωσης παρουσιάζουν πολλά προβλήματα κατά την διαδικασία απεικόνισης της σπονδυλικής στήλης , του εγκεφαλονωτιαίου υγρού , του νωτιαίου μυελού και την αυχενική μοίρα . Εμφανίζονται συνήθως κατά την T2 απεικόνιση . Οι ψευδενδείξεις κολόβωσης εμφανίζονται ως συνέπεια της χρήσης μετασχηματισμών Fourier για την ανακατασκευή σημάτων μαγνητικού συντονισμού σε εικόνες . Σε θεωρητικό υπόβαθρο ένα οποιοδήποτε σήμα μπορεί να αναπαρασταθεί

ως άθροισμα άπειρων ημιτονοειδών κυμάτων διαφορετικών κυμάτων . Στη απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού όμως υπάρχει ένας πεπερασμένος αριθμός συχνοτήτων και ταυτόχρονα μια περιορισμένη διάρκεια δειγματοληψίας του FID . Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα το FID να μην αποσβησθεί πλήρως κατά την διαδικασία ανάκτησης του σήματος . Με τον όρο FID ονομάζουμε την ελεύθερη απόσβεση επαγωγής δηλαδή μια φθίνουσα ημιτονοειδής μεταβολή . Άρα η προσέγγιση της εικόνας γίνεται με την χρήση σχετικά λίγων αρμονικών στην αναπαράσταση Fourier . Έτσι η αναπαράσταση Fourier θεωρείται περικομμένη εξ ου και το όνομα της ψευδένδειξης. Εάν η ένταση του σήματος ενός αντικειμένου αλλάζει σταδιακά , δηλαδή μικρή διαφορά σήματος τότε οι ψευδενδείξεις κοπής δεν είναι εμφανείς . Από την άλλη για μεγάλη διαφορά σήματος κα υψηλή αντίθεση μεταξύ περιοχών παρατηρούμε σημαντικές ψευδενδείξεις που εκδηλώνονται από μεταβλητές ταλαντώσεις υπέρβασης και υποβίβασης . Ανάλογα με τον αριθμό των εικονοστοιχείων που εκτείνονται σε διεπαφή υψηλής αντίθεσης , οι ψευδενδείξεις κολόβωσης μπορεί να έχουν διάφορες μορφές . Μια από αυτές τις μορφές μπορεί να είναι η ψευδή διεύρυνση ή ενίσχυση των άκρων της διεπαφής και η παραμόρφωση των γειτονικών ιστών αυτής της διεπαφής . Επειδή οι ψευδενδείξεις κολόβωσης προκύπτουν ως θεμελιώδη συνέπεια της αναπαράστασης Fourier μιας εικόνας , εμφανίζονται τόσο στην κατεύθυνση κωδικοποίησης φάσης όσο και στη κατεύθυνση κωδικοποίησης συχνότητας . Συνήθως όμως είναι πιο εμφανές στην κατεύθυνση κωδικοποίησης φάσης λόγω του ότι λαμβάνονται λιγότερα δείγματα . Τέλος οι ψευδενδείξεις κολόβωσης συναντώνται περισσότερο σε εικόνες με μικρή μήτρα δεδομένων . [9]

### 1.3.1 Αντιμετώπιση των Ψευδενδείξεων Κολόβωσης ( Gibbs Ringing Artifacts )

Οι ψευδενδείξεις κολόβωσης (Gibbs) εμφανίζονται ως μια σειρά γραμμών στην εικόνα του μαγνητικού συντονισμού και οφείλονται στη χρήση των μετασχηματισμών των ακολουθιών Fourier . Οι ψευδενδείξεις δεν είναι καθαρά ορατές σε απλές δομές . Αυτές συναντώνται κυρίως στην σπονδυλική στήλη λόγω των απότομων αλλαγών σήματος μεταξύ του μυελού και του εγκεφαλονωτιαίου υγρού . Επιπλέον οι ψευδενδείξεις κοπής μπορεί να εμφανιστούν σε μέρη του κρανίου και του εγκεφάλου . Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των βημάτων αποκωδικοποίησης τόσο λιγότερο έντονο και παχύ είναι το φαινόμενο της κολόβωσης . Τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να έχουν τρόπους αντιμετώπισης και λύσης . Οι μέθοδοι αντιμετώπισης λειτουργούν είτε στο επίπεδο του  $k$  – χώρου είτε μετά την επεξεργασία . Αρχικά ο πιο εύκολος και διαδεδομένος τρόπος μείωσης των ψευδενδείξεων κοπής είναι η χρήση ψηφιακών φίλτρων πριν από την επεξεργασία . Αυτά χρησιμοποιούνται για να φιλτράρονται τα δεδομένα του  $k$  – χώρου με ένα ομαλά μειωμένο παράθυρο όπως το Hamming . Μετά την επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές βελτιστοποίησης που όμως είναι δύσκολο να εφαρμοστούν . Επιπλέον ένας τρόπος μείωσης των ψευδενδείξεων είναι η χρήση μεγαλύτερου πίνακα απόκτησης . Επίσης η εφαρμογή ακολουθιών με μεγαλύτερη χωρική ανάλυση βοηθά στην αντιμετώπιση των ψευδενδείξεων . Ακόμη σε περίπτωση που εμφανιστεί ψευδένδειξη στην υπό εξέταση περιοχή , με αλλαγή του απεικονιστικού επιπέδου επιτυγχάνεται η μετακίνηση της ψευδένδειξης σε άλλο σημείο της εικόνας . Τέλος η χρήση μικρότερου οπτικού πεδίου (FOV) είναι μια επιπλέον τεχνική μείωσης των ψευδενδείξεων κοπής . Συμπερασματικά οι παραπάνω τεχνικές είναι αποτελεσματικές ως προς

την αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούν οι ψευδενδείξεις κοπής , όμως εμφανίζουν μια αρνητική επίδραση μικρού μεγέθους στη ποιότητα της εικόνας . [5]



Εικόνα 9 . Ψευδένδειξη Κολόβωσης (Gibbs) ,T1 οβελιαία μελέτη εγκεφάλου

#### 1.4 Ψευδενδείξεις Zipper

Το φαινόμενο Zipper ή «Φερμουάρ» είναι μια ψευδένδειξη η οποία συναντάται αρκετά συχνά στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού . Αυτές οι ψευδές ενδείξεις μπορεί να προκληθούν από διαρροή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας στο χώρο του μαγνήτη , διαρροή ραδιοσυχνοτήτων που λαμβάνονται από το σύστημα δέκτη και παρεμβολές στο μαγνητικό πεδίο . Η πιο συνηθισμένη μορφή αυτής της ψευδένδειξης περνά από το κέντρο της εικόνας και προσανατολίζεται προς την κατεύθυνση κωδικοποίησης φάσης . Αρχικά στη περίπτωση της διαρροής ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας στο χώρο η ψευδένδειξη εμφανίζεται ως περιοχή αυξημένου θορύβου που έχει πλάτος 1 ή 2 εικονοστοιχεία (pixel) και εκτείνεται στην κατεύθυνση κωδικοποίησης συχνότητας . Όλα τα δωμάτια που περιέχουν συστήματα μαγνητικού συντονισμού πρέπει να είναι θωρακισμένα με σκοπό την εξάλειψη της παρεμβολής από τους τοπικούς ραδιοφωνικούς σταθμούς RF ή από την παρουσία ηλεκτρικού εξοπλισμού που οδηγεί στην εκπομπή ενός ηλεκτρομαγνητικού σήματος που θα μπορούσε με την σειρά του να επηρεάσει το σήμα του μαγνητικού συντονισμού . Όμως υπάρχει πιθανότητα διαρροής που συνήθως προκαλείται από την εισαγωγή του ηλεκτρονικού εξοπλισμού στην αίθουσα απεικόνισης του μαγνητικού συντονισμού και την συχνότητα που δημιουργείται από τον εξοπλισμό αυτό . Σε περίπτωση που το πρόβλημα εξακολουθεί να παρουσιάζεται ακόμη και μετά την αφαίρεση ή αποσύνδεση του ηλεκτρονικού εξοπλισμού , ενδέχεται η θωράκιση RF να έχει

χάσει την λειτουργικότητα της . Μια ακόμη αιτία εμφάνισης του φαινομένου Zipper είναι η διαρροή ραδιοσυχνοτήτων όπως για παράδειγμα από τον εξοπλισμό παρακολούθησης αναισθησίας (παλμικά οξύμετρα) που βρίσκονται στο χώρο του σαρωτή . Σε περίπτωση που υπάρχει διακοπή στο πεδίο , για παράδειγμα λόγω του ότι η πόρτα του θωρακισμένου χώρου σαρωτή RF δεν έχει κλείσει πλήρως ή η σφράγιση είναι ελαττωματική , η λήψη του σήματος θα αλλάξει . Επιπλέον κάποιες ακόμα αιτίες που συμβάλλουν στην εμφάνιση της ψευδένδειξης Zipper είναι οι αγωγίμες ιατρικές συσκευές που βρίσκονται σε επαφή με τον ασθενή όπως η σωλήνωση . Αυτές ενδέχεται να μειώσουν σε σημαντικό βαθμό το ηλεκτρομαγνητικό σήμα ή και να δημιουργήσουν άλλα ρεύματα . Εάν οι εντάσεις του πεδίου του μαγνητικού συντονισμού αυξηθούν σε 3T και περισσότερο , η ροή των παλμών ραδιοσυχνοτήτων μπορεί να γίνει πηγή ψευδενδείξεων . Εκτός από τα παραπάνω υπάρχει πιθανότητα οι ψευδενδείξεις Zipper να σχετίζονται και με προβλήματα του λογισμικού . Οι ψευδενδείξεις αυτές προσανατολίζονται κατά την κατεύθυνση κωδικοποίησης συχνότητας και προκαλούνται συνήθως από διεγερμένες ηχούς ή ακατάλληλες ρυθμίσεις RF – πομπού . [10, 11]

### 1.4.1 Αντιμετώπιση Ψευδενδείξεων Zipper

Οι ψευδενδείξεις Zipper που μπορούν να εμφανιστούν σε μια εικόνα προκύπτουν από πλήθος διαφορετικών παραγόντων . Οι περισσότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι είτε τεχνικά προβλήματα που αφορούν το υλικό είτε σφάλματα του λογισμικού , στα οποία όπως ο τεχνικός αδυνατεί να επέμβει για την διόρθωση τους . Οι ψευδενδείξεις Zipper που προκαλούνται από την εκπομπή ραδιοκυμάτων RF στο δωμάτιο εξέτασης όταν η πόρτα δεν έχει κλείσει πλήρως κατά την διάρκεια της σάρωσης , είναι αυτές που μπορούν πιο εύκολα να αντιμετωπισθούν . Επίσης αν στο σήμα που παρεμβάλλεται υπάρχουν στοιχεία χαμηλής συχνότητας όπως τρεμάμενες λάμπες στο χώρο του σαρωτή , αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση στην εικόνα του μαγνητικού συντονισμού ακίδων . Αυτές δημιουργούν επιπλέον προβλήματα στη διαγνωστική ικανότητα της εικόνας . Για τα παραπάνω προβλήματα που δημιουργούν οι ψευδενδείξεις Zipper υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης και λύσης. Αρχικά για την διόρθωση των ψευδενδείξεων πρέπει να γίνει αναγνώριση των πηγών που εκπέμπουν ραδιοκύματα RF και στην συνέχεια να αφαιρεθούν από το χώρο σάρωσης . Επίσης ένας ακόμη τρόπος αντιμετώπισης των προβλημάτων που αφορούν το φαινόμενο Zipper είναι πάντα το ορθό κλείσιμο των θυρών ή της θύρας , καθώς και ο έλεγχος της ορθής σφράγισης τους καθ όλη την διάρκεια της εξέτασης . Επιπλέον η χρήση θωράκισης RF αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για την αποφυγή εμφάνισης ψευδενδείξεων Zipper. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητος ο συνεχής έλεγχος της λειτουργικότητας της . Τέλος όσο αφορά τις ψευδενδείξεις Zipper που οφείλονται σε σφάλματα λογισμικού , το αυξανόμενο χάσμα μεταξύ διακλαδώσεων μπορεί να τις ελαχιστοποιήσει . Ιδανικά όμως συνιστάτε η κλήση μηχανικού για την διενέργεια ελέγχου και επιδιόρθωσης των σφαλμάτων . [5, 11]

## 1.5 Ψευδενδείξεις λόγω μαγνητικής επιδεκτικότητας

### 1.5.1 Τι είναι η μαγνητική επιδεκτικότητα ;

Η επιδεκτικότητα είναι ένα μέτρο του βαθμού στο οποίο μια ουσία μαγνητίζεται όταν τοποθετείται σε εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Συνώνυμη της επιδεκτικότητας είναι η ευαισθησία και η μαγνητικότητα . Η αλληλεπίδραση της ύλης με το μαγνητικό πεδίο έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενός εσωτερικού μαγνητισμού ή πόλωσης που συμβολίζεται με το αγγλικό γράμμα  $J$  , που είτε αντιτίθεται είτε αυξάνει το εσωτερικό μαγνητικό πεδίο . Στη περίπτωση όπου η πόλωση αντιτίθεται στο πεδίο που εφαρμόζεται , το ενεργό πεδίο εντός του αντικειμένου μειώνεται και οι μαγνητικές γραμμές απομακρύνονται . Το αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας είναι γνωστό ως διαμαγνητισμός . Στην αντίθετη περίπτωση όπου η πόλωση βρίσκεται στην ίδια κατεύθυνση με το εφαρμοζόμενο πεδίο έχει ως αποτέλεσμα οι μαγνητικές γραμμές να συγκεντρώνονται προς το εσωτερικό. Στη παραπάνω διαδικασία ανάλογα με τον βαθμό της αύξησης της πόλωσης το αποτέλεσμα μπορεί να είναι είτε παραμαγνητισμός είτε υπερμαγνητισμός ή σιδηρομαγνητισμός . Η μαγνητική επιδεκτικότητα συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα  $\chi$  και ορίζεται ως το μέγεθος της εσωτερικής πόλωσης  $J$  διαιρούμενη με την ισχύ του εξωτερικού πεδίου  $B_0$

Τύπος :  $\chi = J / B_0$

Η επιδεκτικότητα είναι ένας αριθμός χωρίς διάσταση αφού είναι η αναλογία δύο μαγνητικών πεδίων. Στην περίπτωση των διαμαγνητικών ουσιών, η επιδεκτικότητα έχει αρνητική τιμή ( $\chi < 0$ ), ενώ στην περίπτωση των παραμαγνητικών, των υπερμαγνητικών και των σιδηρομαγνητικών ουσιών η επιδεκτικότητα έχει θετική τιμή ( $\chi > 0$ ). Στην περίπτωση των βιολογικών ιστών (μυς, λίπος, εγκέφαλος, συκώτι, νερό) σε μεγάλο βαθμό χαρακτηρίζονται διαμαγνητικοί. Ωστόσο υπάρχουν και ορισμένοι τύποι ιστών οι οποίοι περιέχουν συσσωρεύσεις μετάλλων όπως σίδηρος, γαδολίνιο, χαλκός ή μαγγάνιο. Αυτοί οι ιστοί συγκεντρώνουν το μαγνητικό πεδίο και επομένως χαρακτηρίζονται ως παραμαγνητικοί. Επιπλέον, λίγοι ιστοί περιέχουν χοντροειδείς πρωτεΐνες με βάση το σίδηρο (φερριτίνη και αιμοσιδερίνη) και χαρακτηρίζονται ως υπερμαγνητικοί. Τέλος, οι σιδηρομαγνητικές ουσίες δεν υπάρχουν ενδογενείς στο ανθρώπινο σώμα, ωστόσο πολλά εξωγενή μεταλλικά σώματα που περιέχουν Fe, Co, Ni και χειρουργικά εμφυτεύματα είναι σιδηρομαγνητικά και αυτά επηρεάζουν την απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού. [12, 13]

### 1.5.2 Ψευδενδείξεις Μαγνητικής Επιδεκτικότητας

Οι ψευδενδείξεις λόγω της μαγνητικής επιδεκτικότητας οφείλονται στις τοπικές μεταβολές του μαγνητικού πεδίου, οι οποίες εμφανίζονται κοντά σε περιοχές με διαφορετική μαγνητική επιδεκτικότητα. Τα υλικά που διασκορπίζουν το κύριο μαγνητικό πεδίο, ονομάζονται διαμαγνητικά. Ενώ τα υλικά που συγκεντρώνουν το μαγνητικό πεδίο χαρακτηρίζονται ως παραμαγνητικά, υπερμαγνητικά ή σιδηρομαγνητικά ανάλογα με το μέγεθος του φαινομένου.



Τα άλατα ασβεστίου που βρίσκονται στο φλοιώδες οστό χαρακτηρίζονται ως οι πιο έντονα διαμαγνητικές ουσίες στο ανθρώπινο σώμα. Ωστόσο όσο αφορά τον αέρα, λόγω της παρουσίας μοριακού οξυγόνου χαρακτηρίζεται ελαφρώς παραμαγνητικός. Οι παραμορφώσεις μαγνητικού πεδίου που δημιουργούνται από επιδράσεις επιδεκτικότητας έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία διακυμάνσεων στην προκαθορισμένη συχνότητα στον ασθενή αλλά και σε μεμονωμένα voxels. Με την σειρά τους οι μεταβολές της συχνότητας οδηγούν σε απώλεια σήματος από την ακολουθία T2 αστέρα (T2\*). Επίσης, προκαλούν διαφορική και χωρική αναντιστοιχία στο σήμα του μαγνητικού συντονισμού. Το αποτέλεσμα της μαγνητικής επιδεκτικότητας κατά την απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού είναι η δημιουργία- εμφάνιση γεωμετρικής παραμόρφωσης με εστιακές περιοχές κενού σήματος (σκοτεινές περιοχές) ή πολύ φωτεινές περιοχές (μεγάλο σήμα) που δημιουργούνται από σήμα συσσώρευσης που έχει εκχωρήσει σε λάθος περιοχή. Επιπλέον οι παραμορφώσεις πεδίου και οι ψευδενδείξεις του μαγνητικού συντονισμού είναι συνήθως εμφανή γύρω από μεταλλικά αντικείμενα και εμφυτεύματα λόγω της μεγάλης μαγνητικής επιδεκτικότητας που εμφανίζουν τα σιδηρομαγνητικά υλικά. Οι λεπτές παραμορφώσεις επιδεκτικότητας παρατηρούνται συνήθως σε φυσικές διεπαφές όπως στο δοκιδωτό οστό ή στη βάση κρανίου. Το σχήμα (διάχυτο ή εστιακό) και η ένταση (υψηλή ή χαμηλή) της ψευδένδειξης της μαγνητικής επιδεκτικότητας εξαρτώνται από τις τοπικές ανατομικές σχέσεις, από την ισχύ του πεδίου, την διαφορά ευαισθησίας, το χρόνο ηχούς TE καθώς και το εύρος ζώνης. Η σχέση που εκφράζει το εύρος ζώνης είναι :

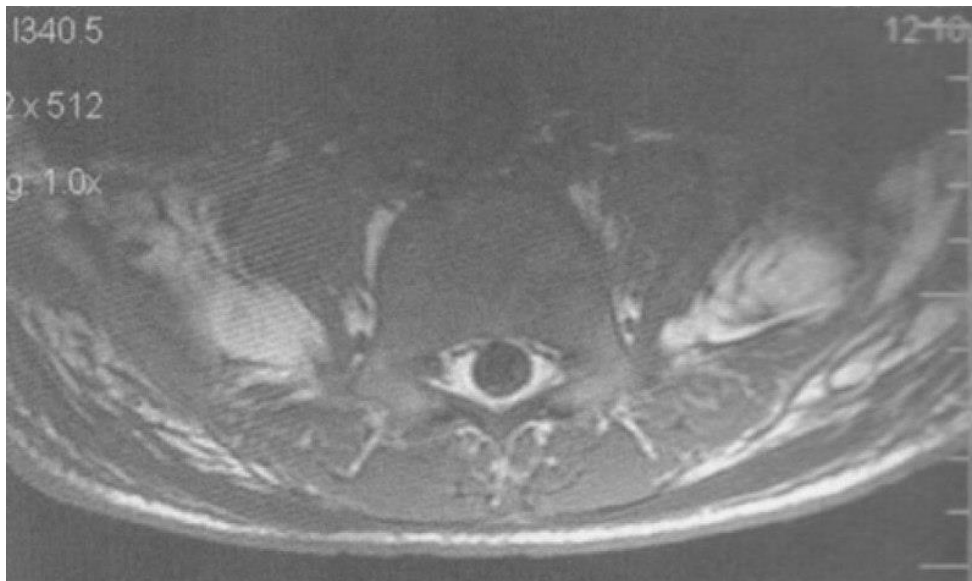
$$\text{Μέγεθος επιδεκτικότητας} = (\text{Διαφορά επιδεκτικότητας} * B_0 * TE) / \text{Bandwidth}$$

Επιπλέον όποτε είναι δυνατό αποφεύγουμε την σάρωση σε ασθενής με μεταλλικά εμφυτεύματα, διότι οι ψευδενδείξεις μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι πιο έντονες σε υψηλά επίπεδα. Τέλος η επίδραση των ψευδενδείξεων παρατηρείται ακόμη μεγαλύτερη στις περιπτώσεις όπου εφαρμόζονται ακολουθίες TE ή ακολουθίες gradient echo . [13]

### 1.5.3 Αντιμετώπιση των ψευδενδείξεων της Μαγνητικής Επιδεκτικότητας

Τα παραπάνω προβλήματα που αναφέρθηκαν από την παρουσία των ψευδενδείξεων της μαγνητικής επιδεκτικότητας μπορούν να περιοριστούν έτσι ώστε να μην δυσχεραίνουν την διαγνωστική εικόνα . Αρχικά αλλάζοντας την κατεύθυνση κωδικοποίησης φάσης και συχνότητας μπορούμε να αλλάξουμε το σχήμα των ψευδών ενδείξεων στις διαγνωστικές εικόνες , χωρίς όμως να τις εξαλείψουμε . Επιπλέον ένας τρόπος περιορισμού της ψευδένδειξης είναι η μείωση του χρόνου TE δηλαδή λιγότερος χρόνος αποφόρτισης . Ακόμη η εφαρμογή ακολουθιών spin echo και fast spin echo θα βοηθήσει στο περιορισμό της εμφάνισης των ψευδενδείξεων . Επίσης για την μείωση της επίδρασης του προβλήματος σε γειτονικές περιοχές της εικόνας μπορεί να γίνει αύξηση της χωρικής ανάλυσης . Αυξάνοντας την αντοχή της κλίσης για ένα δεδομένο οπτικό πεδίο και αποφεύγοντας τις τεχνικές στενού εύρους ζώνης μπορούν επίσης να μειωθούν οι ψευδενδείξεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας . Ακόμη κάποιες μέθοδοι που βοηθούν στην αντιμετώπιση των προβλημάτων είναι η αύξηση του εύρους συχνότητας , η χρήση τεχνικών παράλληλης απεικόνισης και η χρήση πιο λεπτών "φετών" κατά την απεικόνιση . Τέλος οι ψευδενδείξεις μαγνητικής επιδεκτικότητας

παρατηρούνται πιο έντονες όσο αυξάνεται η ισχύς του μαγνητικού πεδίου . Έτσι ασθενείς με παρουσία σιδηρομαγνητικών υλικών στο σώμα τους θα ήταν προτιμότερο να εξετάζονται με συστήματα χαμηλού πεδίου . Επίσης τα προβλήματα από την παρουσία σιδηρομαγνητικών αντικείμενων μπορούν να μειωθούν με ειδικές ακολουθίες παλμού μείωσης τεχνητού μετάλλου . Παραδείγματα παρουσίας σιδηρομαγνητικών υλικών στην διαγνωστική εικόνα ασθενών μπορεί να είναι η σύνθεση του μακιγιάζ , ένα μεταλλικό εσωτερικό θραύσμα ή η ύπαρξη χειρουργικών πλακών ή βιδών . [5, 13]



Εικόνα 10 . Ανομοιογένεια μαγνητικού πεδίου  $B_0$  , παραμόρφωση έντασης σε μελέτη T1 οσφυϊκών σπονδύλων .

## 1.6 Ψευδενδείξεις Αναδίπλωσης (aliasing- wrap around artifact )

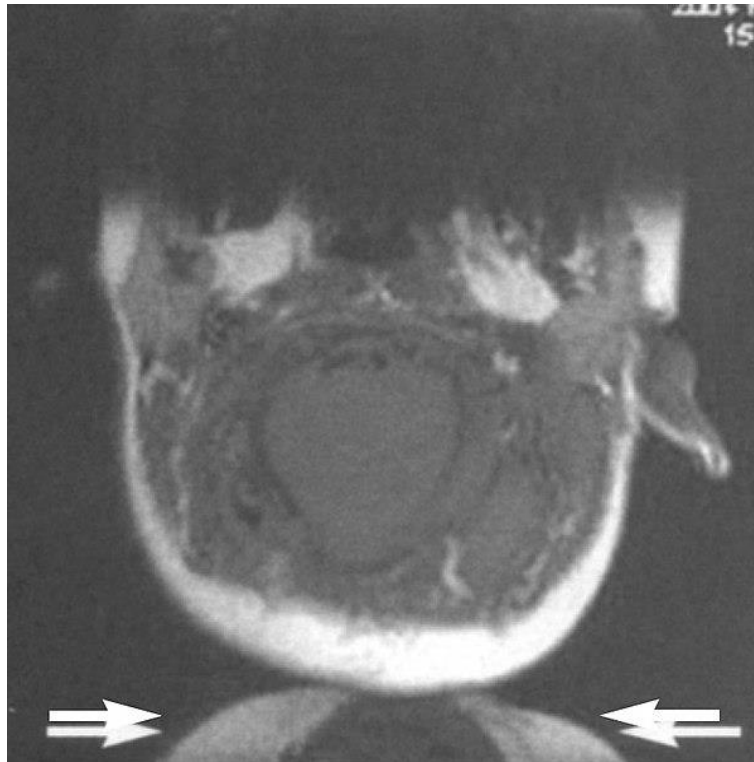
### 1.6.1 Τι είναι η Αναδίπλωση (aliasing)

Το aliasing μεταφράζεται στα ελληνικά ως ψευδώνυμο και αναφέρεται στην λανθασμένη μέτρηση της συχνότητας ενός σήματος λόγω μη επαρκούς ρυθμού ψηφιακής δειγματοληψίας . Η πραγματική συχνότητα ενός σήματος θα υποτιμηθεί στην περίπτωση που δεν ληφθεί δείγμα από αρκετά σημεία δεδομένων . Αυτό το ψευδός (ψευδώνυμο) εκτιμώμενο σήμα θα διακρίνεται από ένα άλλο σήμα που θα χαρακτηρίζεται από την πραγματική χαμηλότερη συχνότητα . Για την σωστή μέτρηση ενός σήματος ακολουθείτε το θεώρημα δειγματοληψίας Nyquist . Το θεώρημα ορίζει ότι ο ρυθμός ψηφιακής δειγματοληψίας πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσιος από την υψηλότερη συχνότητα

που περιέχεται στο σήμα αυτό . Το φαινόμενο aliasing αποτελεί πηγή μιας κοινής ψευδένδειξης που συναντάται στο μαγνητικό συντονισμό . Η ψευδένδειξη ονομάζεται αναδίπλωση. [14]

### 1.6.2 Ψευδενδείξεις αναδίπλωσης

Οι ψευδενδείξεις αναδίπλωσης είναι μια ευρέως γνωστή κατηγορία ψευδενδείξεων στο μαγνητικό συντονισμό . Εμφανίζεται κατά την απεικόνιση όταν οι διαστάσεις τμημάτων του εξεταζομένου υπερβαίνουν το καθορισμένο οπτικό πεδίο (FOV) και εμφανίζεται στη τελική εικόνα εντός του οπτικού πεδίου . Το φαινόμενο της αναδίπλωσης αναγνωρίζεται σχετικά εύκολα ως αναδίπλωση ανατομικών μερών στην περιοχή ενδιαφέροντος . Η ψευδένδειξη μπορεί να εμφανιστεί στην κατεύθυνση κωδικοποίησης συχνότητας αλλά και την στην κατεύθυνση κωδικοποίησης φάσης στην οποία δημιουργεί και πιο σοβαρά προβλήματα .



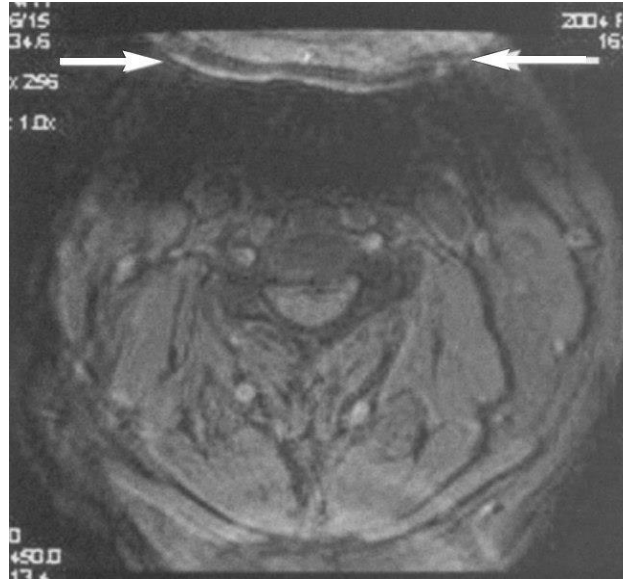
Εικόνα 11 . Ψευδένδειξη Αναδίπλωσης (Aliasing)

Η φυσική βάση για αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται παρακάτω. Πρέπει να γνωρίζουμε ότι για κάθε τιμή της βαθμίδας κωδικοποίησης φάσης, ένας συγκεκριμένος αριθμός κύκλων φάσης αντιστοιχίζεται για κάλυψη του οπτικού πεδίου. Στο πρώτο βήμα κωδικοποίησης φάσης, για παράδειγμα, μετατοπίσεις φάσης μεταξύ  $0^\circ$  και  $360^\circ$  περιλαμβάνουν το οπτικό πεδίο. Μέρη του

αντικειμένου που εκτείνονται πέρα από το οπτικό πεδίο έχουν φάσεις μικρότερες από  $0^\circ$  ή μεγαλύτερες από  $360^\circ$ . Για παράδειγμα η αριστερή πλευρά του θέματος στο παραπάνω σχέδιο εκτείνεται έξω από το οπτικό πεδίο και περιλαμβάνει μετατοπίσεις φάσης από  $361^\circ$  έως  $450^\circ$ . Δεδομένου ότι σε αυτό το στάδιο κωδικοποίησης φάσης όλες οι σημαντικές συχνότητες έχουν καθοριστεί στην περιοχή από  $0^\circ$  έως  $360^\circ$ , μια μετατόπιση φάσης  $361^\circ$  θα αντιστοιχιστεί στη χωρική θέση  $1^\circ$  και μια μετατόπιση  $450^\circ$  θα εκχωρηθεί σε  $450^\circ - 360^\circ = 90^\circ$ . Η αριστερή πλευρά του ασθενούς επομένως θα «τυλιχτεί» και χωροταξικά χωριστά στην αντίθετη (δεξιά) πλευρά της εικόνας. Μια παρόμοια διαδικασία θα τυλίξει τη δεξιά πλευρά του ασθενούς γύρω προς τα αριστερά. Επίσης η ψευδένδειξη μπορεί να προκύψει και στην τρισδιάστατη απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού μεταξύ των τελικών «φετών». Η κωδικοποίηση φάσης χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των επιμέρους τμημάτων. Εάν το απεικονιζόμενο τμήματα εκτείνεται πέρα από το οπτικό πεδίο στην κατεύθυνση επιλογής πλάκας, μπορεί να προκύψει φάση περιτύλιξης μεταξύ των φετών. [10, 14]

### 1.6.3 Αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούνται από τις ψευδενδείξεις αναδίπλωσης

Για τα προβλήματα που προκαλούνται από τις ψευδενδείξεις αναδίπλωσης υπάρχουν τρόποι επίλυσης και περιορισμού τους. Αρχικά ο πιο απλός τρόπος εξάλειψης του φαινομένου της αναδίπλωσης είναι η αύξηση του οπτικού πεδίου (έτσι ώστε να καλύπτεται ολόκληρη η προς εξέταση ανατομική περιοχή του ασθενούς). Όμως η αύξηση του οπτικού πεδίου (FOV) θα έχει ως συνέπεια να "χαλάσει" η χωρική ανάλυση. Για να μπορέσει η χωρική ανάλυση να μείνει αλώβητη και το φαινόμενο της αναδίπλωσης να εξαλειφθεί θα πρέπει ο αριθμός των βημάτων κωδικοποίησης φάσης να αυξηθεί με αποτέλεσμα όμως ο χρόνος απεικόνισης να αυξάνεται. Ένας επιπλέον τρόπος λύσης του προβλήματος αποτελεί η υπερδηματοληψία, δηλαδή η ψηφιοποίηση του σήματος σε συχνότητα πολύ μεγαλύτερη από την απαιτούμενη με στόχο να καταγραφεί το επιθυμητό οπτικό πεδίο (FOV). Όμως και σε αυτή την μέθοδο υπάρχει το κόστος της αύξησης του χρόνου επεξεργασίας των δεδομένων αλλά η αύξηση των απαιτήσεων αποθήκευσης. Ακόμη υπάρχουν τεχνικές που εξαλείφουν την ψευδένδειξη της αναδίπλωσης ελαχιστοποιώντας το σήμα από τον ιστό εκτός του οπτικού πεδίου (FOV). Οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούν πηνία επιφανείας, τα οποία δεν ενισχύουν σήματα τα οποία βρίσκονται μακριά από αυτά και παλμούς κορεσμού έξω από το οπτικό πεδίο, έτσι ώστε να εξαλείφουν το σήμα που προέρχεται από εκεί. Τέλος μια μέθοδος που προσφέρει λύση στα προβλήματα των ψευδενδείξεων της αναδίπλωσης είναι το ψηφιακό φιλτράρισμα. Φιλτράρισμα μπορεί να γίνει είτε με συνέλιξη και μετασχηματισμών Fourier και οποίο καταστέλλει τα δεδομένα υψηλής συχνότητας. [5, 14]



Εικόνα 12 . Ψευδένδειξη Αναδίπλωσης

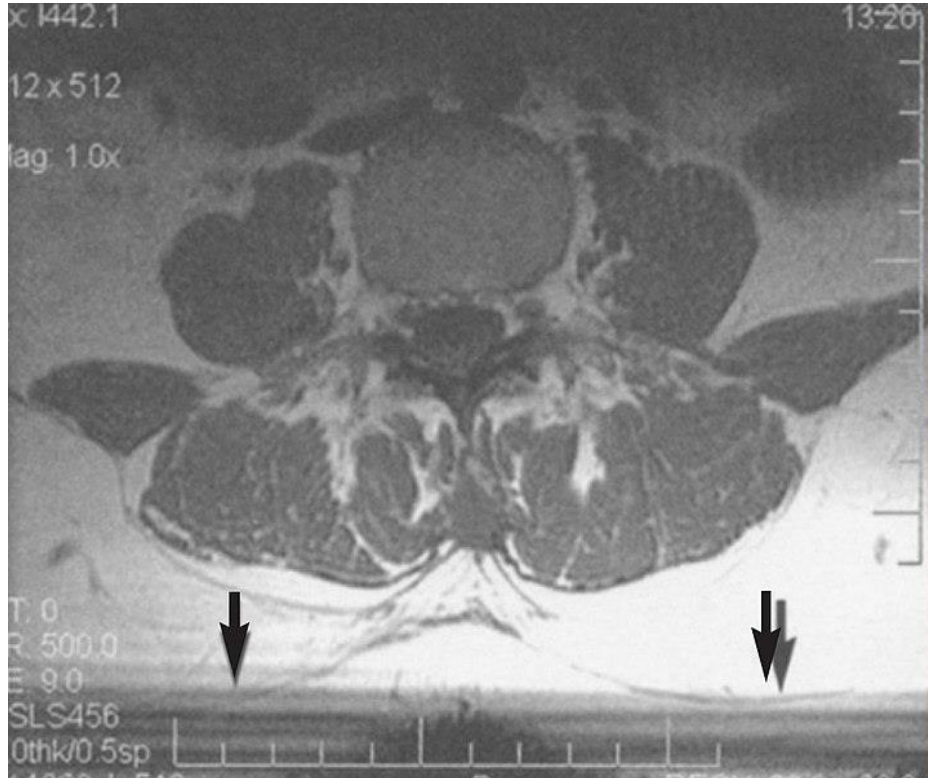
## 1.7 Ψευδενδείξεις λόγω επικάλυψης ή παρεμβολής τομής

Η ψευδένδειξη λόγω επικάλυψης τομής ουσιαστικά είναι μια απώλεια σήματος στις εικόνες οι οποίες έχουν ληφθεί με ακολουθίες ανάκτησης πολλαπλών τομών από διάφορες γωνίες . Στην περίπτωση όπου οι τομές που παράχθηκαν δεν είναι παράλληλες , τότε αυτές θα επικαλύπτονται . Αυτές οι απώλειες σήματος εμφανίζονται στη διαγνωστική εικόνα είτε σαν έντονες μαύρες ζώνες είτε σαν φωτεινές περιοχές . Τα πρωτόνια που βρίσκονται στις περιοχές που επικαλύπτονται λαμβάνουν διπλά , τριπλά ή υψηλότερα επίπεδα ακτινοβολίας RF σε αντίθεση με τα πρωτόνια που βρίσκονται σε μεμονωμένες περιοχές . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η μαγνήτιση να κορεσθεί και η ένταση του λαμβανόμενου σήματος να μειωθεί . [15]

### 1.7.1 Αντιμετώπιση των προβλημάτων από τις ψευδενδείξεις επικάλυψης ή παρεμβολής τομή

Για τα προβλήματα που προκαλούνται από τις ψευδενδείξεις επικάλυψης ή παρεμβολής υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης και μείωσης τους . Αρχικά ένας τρόπος επίλυσης των προβλημάτων είναι η ορθή σχεδίαση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της ακολουθίας που θα χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να αποφευχθεί η απώλεια σήματος από περιοχές που παρουσιάζουν ιδιαίτερη διαγνωστική αξία . Επίσης λύση στο πρόβλημα αποτελεί η λήψη πλάγιων εικόνων συνεχόμενα και όχι σε

διαδοχική λειτουργία απόκτησης . Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα ακόμη και οι περιοχές που επικαλύπτονται να το πράττουν σε ξεχωριστές αποκτήσεις . [15]



Εικόνα 13 . Παρεμβολή από τομή σε τομή , σε μελέτη T1 οσφυϊκών σπονδύλων

## 1.8 Διηλεκτρικές ψευδενδείξεις

### 1.8.1 Τι είναι και πως εμφανίζονται οι διηλεκτρικές ψευδενδείξεις

Συχνά οι αναφορές στην μαγνητική τομογραφία εστιάζουν στα μαγνητικά πεδία όπως το  $B_0$  και  $B_1$  , με αποτέλεσμα να μην δίνεται τόση σημασία στο συνυπάρχον ηλεκτρικό πεδίο  $E$  . Σύμφωνα με τις εξισώσεις που περιγράφονται από τον Maxwell , τα μαγνητικά πεδία  $B$  και το ηλεκτρικό πεδίο  $E$  εκτελούν ταλάντωση κάθετα μεταξύ τους και ως προς την κατεύθυνση της διάδοσης των κυμάτων . Όταν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έρθουν σε επαφή με το ανθρώπινο σώμα του εξεταζομένου εμφανίζονται αρκετά φαινόμενα . Αρχικά το μήκος κύματος μειώνεται , επίσης υπάρχει παραγωγή ηλεκτρικών ρευμάτων και επιπλέον ενδέχεται να αναπτυχθούν φαινόμενα ανάκλασης και διάθλασης

στις διεπαφές κυμάτων με τους ιστούς . Με την χρήση του όρου διηλεκτρικό αποτέλεσμα αναφέρεται η αλληλεπίδραση της ύλης με το ηλεκτρικό πεδίο  $E$  . Συχνά σε πολύ υψηλά πεδία (3T και άνω) λόγω της ανομοιογένειας του μαγνητικού πεδίου  $B_1$  παρατηρούνται μη φυσιολογικές φωτεινές και σκοτεινές περιοχές . Οι περιοχές αυτές μειώνουν την ποιότητα της διαγνωστικής εικόνας και χαρακτηρίζονται ως διηλεκτρικές ψευδενδείξεις . Για να μπορέσουμε να αποδείξουμε ότι αυτές οι ψευδενδείξεις οφείλονται στο διηλεκτρικό αποτέλεσμα αρκεί να εξετάσουμε το μήκος κύματος RF στους ιστούς ως συνάρτηση της έντασης του πεδίου . Για πεδία 1,5 T και κάτω τα μήκη κύματος RF είναι μεγάλα σε σύγκριση με το μέγεθος της ανατομικής περιοχής που απεικονίζεται . Όταν όμως το μαγνητικό πεδίο αυξάνεται τα μήκη κύματος γίνονται ίδια ή ακόμη και μικρότερα από τις ανατομικές περιοχές . Έτσι θεωρητικά μπορούν να δημιουργηθούν ρεύματα που ρέουν αντίθετα από τις δυο πλευρές του ασθενούς . Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία παρεμβολών . Αυτές μπορεί να είναι είτε καταστροφικές (σκοτεινές περιοχές) είτε εποικοδομητικές (φωτεινές περιοχές) . Ο βαθμός στον οποίο το διηλεκτρικό αποτέλεσμα είναι υπεύθυνο για αυτές τις φωτεινές και σκοτεινές περιοχές είναι αμφιλεγόμενο . Συμπερασματικά οι διηλεκτρικές ψευδενδείξεις υφίστανται σε σημαντικό αριθμό όταν παρατηρείται αύξηση στην ένταση του πεδίου . [16, 17 , 18]

### 1.8.2 Αντιμετώπιση των προβλημάτων από τις διηλεκτρικές ψευδενδείξεις

Οι διηλεκτρικές ψευδενδείξεις μπορούν να δημιουργήσουν σημαντικά προβλήματα στη ποιότητα της διαγνωστικής εικόνας . Όμως υπάρχει τρόπος αντιμετώπισης και μείωσης τους . Τα διηλεκτρικά επιθέματα είναι σαν απλές « σακούλες » οι οποίες περιέχουν ένα πολύ αγώγιμο υλικό . Τα επιθέματα αυτά τοποθετούνται ανάμεσα στον ασθενή και στο πηνίο του δέκτη . Έχουν ως σκοπό τους την μείωση των διηλεκτρικών ψευδενδείξεων . Υπάρχουν δυο είδη επιθεμάτων , τα πιο απλά περιέχουν αραιό διάλυμα ή γέλη που εμπεριέχει με την σειρά του χλωριούχο μαγγάνιο . Τα πιο σύνθετα επιθέματα είναι στερεά και περιέχουν εναιωρήματα τιτανικών μετάλλων κυρίως βαρίου και ασβεστίου σε νερό . Η χρήση των διηλεκτρικών επιθεμάτων έχει τρία σημαντικά αποτελέσματα . Αρχικά η χρήση τους παρέχει αρκετά βελτιωμένη αντιστάθμιση αντίστασης για την διάδοση του μαγνητικού πεδίου . Επιπλέον η παρουσία ρευμάτων μετατόπισης στα επιθέματα παράγει ένα δευτερεύον τοπικό πεδίο RF το οποίο με την σειρά του συμβάλει στην αύξηση του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου  $B_1$  . Τέλος η χρήση επιθεμάτων δημιουργεί πιο σφαιρικό σχήμα στην κεφαλή ή στην κοιλία του ασθενούς , μειώνοντας έτσι αποτελεσματικό τις ψευδενδείξεις ανομοιογένειας RF εγγενή στην ελλειπτική γεωμετρία . Στα πρώτα συστήματα μαγνητικής τομογραφίας πριν από 10-15 χρόνια χρησιμοποιήθηκαν διηλεκτρικά επιθέματα έτσι ώστε να βελτιώσουν την ομοιομορφία του εφαρμοζόμενου  $B_1$  μαγνητικού πεδίου στην κλινική απεικόνιση . Όμως οι σαρωτές στην σύγχρονη εποχή χρησιμοποιούν διπλή τεχνολογία RF , δηλαδή δυο ξεχωριστές πηγές με ρυθμιζόμενες μετατοπίσεις φάσης που μεταδίδουν το πεδίο RF . Η χρήση αυτής της τεχνολογίας έχει μειώσει σημαντικά την ανομοιογένεια της διαγνωστικής εικόνας ως εκ τούτου η χρήση των διηλεκτρικών επιθεμάτων έχει μειωθεί σημαντικά . [16, 17, 18]

## 1.9 Ψευδένδειξη Nyquist N/2

### 1.9.1 Τι είναι η ψευδένδειξη Nyquist N/2 και πως εμφανίζεται ;

Η ψευδένδειξη Nyquist N/2 εμφανίζεται σε αλληλουχίες απεικόνισης επίπεδης ηχούς (echo planar imaging) που έχουν τεθλασμένη τροχιά (ζιγκ – ζαγκ) μέσω  $k$  – χώρου. Η ψευδένδειξη αυτή όταν συναντάται στην απεικόνιση εγκεφάλου στη μαγνητική τομογραφία αναφέρεται μερικές φορές ως « ψευδένδειξη τριών εγκεφάλων » (three brains artifact). Οι ακολουθίες παλμού επίπεδης ηχούς αποτελούνται από μια σειρά σημάτων (echo), μια ηχώ δημιουργείται για κάθε γραμμή του διανύσματος  $k$  – χώρο. Η εμφάνιση του ζιγκ – ζαγκ οφείλεται στο γεγονός ότι κάθε δευτερόλεπτο μια ηχώ αποκτάται σε μια εναλλακτική κατεύθυνση. Κατά την διαδικασία αναδημιουργίας εικόνας οι αριθμημένα απόηχοι πρέπει να αναστραφούν στο χρόνο έτσι ώστε να ταιριάζουν με τους περιττούς απόηχους πριν το μετασχηματισμό Fourier. Στη περίπτωση που οι προς τα εμπρός ηχώ και οι προς τα πίσω ηχώ δεν ταυτίζονται τέλεια μεταξύ τους, ψευδένδειξη εισάγεται στην εικόνα. Επίσης ακόμη και μια απλή καθυστέρηση στην έναρξη της πρώτης ηχώ θα μεταδοθεί σε όλους τους ακόλουθους ηχούς. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα μικρές διαφορές μεταξύ των κορυφών τους. Κατά την διαδικασία του μετασχηματισμού Fourier αυτό το σφάλμα φάσης θα έχει ως αποτέλεσμα η ένταση του σήματος να μετατοπίζεται κατά την κατεύθυνση κωδικοποίησης φάσης στη μέση της εικόνας. Αν μια εικόνα αποτελείται από  $N$  εικονοστοιχεία σε όλο το FOV, η ψευδή ένδειξη (‘‘ φάντασμα ’’) θα εμφανιστεί μετατοπισμένη κατά  $N/2$  εικονοστοιχεία σε σχέση με την κύρια εικόνα που βρίσκεται στην σωστή θέση. Η ψευδένδειξη Nyquist μπορεί να προκύψει από πολλές πιθανές πηγές. Κάποιες από αυτές μπορεί να είναι η θέρμανση του πηνίου, η κίνηση του εξεταζομένου, η ασυμμετρία στο φίλτρο του δέκτη, η ευαισθησία και τέλος τα σφάλματα ανακατασκευής στην εικόνα. Ωστόσο η πιο συνηθισμένη αιτία που ευθύνεται για την εμφάνιση της ψευδένδειξης Nyquist είναι η επαγωγή δινορευμάτων σε πηνία και στο περίβλημα του μαγνήτη σε απόκριση με ταχύτατα μεταβαλλόμενους παλμούς κλίσης. Τα δινορεύματα αυτά με την σειρά τους παράγουν τοπικά πεδία τα οποία παραμορφώνουν το  $B_0$ , που έχει ως αποτέλεσμα την μετατόπιση φάσης των δεδομένων. Επιπλέον ένας παράγοντας που συμβάλλει στην εμφάνιση της ψευδένδειξης Nyquist είναι η χρήση λοξών φετών. Για την χρήση της πλάγιας απεικόνισης απαιτείται η ταυτόχρονη εφαρμογή τριών φυσικών βαθμίδων ( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ ) σε διάφορους συνδυασμούς κατά την διάρκεια της λήψης της εικόνας. Όμως κάθε φυσική κλίση έχει μια μοναδική ηλεκτρική επαγωγή και αποκρίνεται διαφορετικά στην ενεργοποίηση και στην απενεργοποίηση. Στην περίπτωση όπου οι τρεις κλίσεις δεν ενεργοποιηθούν και απενεργοποιηθούν ταυτόχρονα ενδέχεται να προκύψουν σφάλματα φάσης. Αυτά με την σειρά τους θα συμβάλλουν στην παραγωγή της ψευδένδειξης Nyquist. [19, 20]



## **1.9.2 Αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούνται από την ψευδένδειξη Nyquist**

Η ψευδένδειξη Nyquist μπορεί να προκαλέσει αρκετά προβλήματα στην ανάγνωση της διαγνωστικής εικόνας . Όμως υπάρχουν μέθοδοι αντιμετώπισης τους προβλήματος . Αρχικά αρκετές φορές η προσαρμογή (είτε περισσότερο είτε λιγότερο) της κλίσης των φετών κατά την τη διαδικασία της εξέτασης μπορεί να μειώσει τις ψευδές ενδείξεις . Άλλες μέθοδοι που μπορούν να βοηθήσουν στην μείωση του φαινομένου Nyquist είναι η μείωση του μήκους της ηχούς , η μείωση της ανάλυσης κωδικοποίησης φάσης , η αποφυγή χρήσης αλληλουχίας επίπεδης ηχούς (echo planar imaging) πολλαπλών λήψεων και τέλος η χρήση παράλληλης επιτάχυνσης απεικόνισης . Στην περίπτωση όπου καμία από τις παραπάνω μεθόδους δεν φανούν ικανές να λύσουν ή να περιορίσουν το πρόβλημα και η ψευδένδειξη εξακολουθεί να εμφανίζεται είναι αναγκαία η βοήθεια μηχανικού . Ο μηχανικός με την σειρά τους πρέπει να πραγματοποιήσει μια εκτεταμένη συντήρηση που περιλαμβάνει την εκ νέου βαθμονόμηση των πηνίων βάρθρωσης και τον έλεγχο των δινορευμάτων . [19, 20]

## **1.10 Ψευδενδείξεις Κεντρικού Σημείου**

Η ψευδένδειξη κεντρικού σημείου εμφανίζεται ως μια φωτεινή ή σκοτεινή κουκίδα ακριβώς στο κέντρο της διαγνωστικής εικόνας . Το κύριο αίτιο εμφάνισης της ψευδένδειξης είναι η συνεχής και σταθερή παροχή ρεύματος (DC) στα ηλεκτρονικά του δέκτη , που εμφανίζεται στη μηδενική χωρική συχνότητα (κεντρικά στο k-χώρο) όταν πραγματοποιείτε ο μετασχηματισμός Fourier . Η μορφή της είναι μικρή ακίδα στο κέντρο της διαγνωστικής εικόνας . Κατά τις πρώτες μέρες χρήσης του μαγνητικού συντονισμού η ψευδένδειξη κεντρικού σημείου ήταν μια κοινή πολύ εμφανιζόμενη « ενόχληση »στις διαγνωστικές εικόνες . Ωστόσο στην σημερινή εποχή η ψευδένδειξη συναντάται σπάνια και αυτό διότι η ευρεία χρήση εναλλαγής φάσης RF και πλήρως ψηφιακού εντοπισμού σήματος τετραγώνου , έχουν συμβάλει στην εξάλειψη της . [10 , 21]

## **1.11 Ψευδένδειξη Αποκοπής Δεδομένων**

Η μη ορθή βαθμονόμηση του κέρδους του ενισχυτή μπορεί να οδηγήσει σε αποκοπή δεδομένων και τη δημιουργία μιας ψευδούς εικόνας σε γκρι φόντο . Η ψευδένδειξη αποκοπής δεδομένων συναντάται κάθε φορά που η ρύθμιση του κέρδους είναι πολύ υψηλή και το σήμα RF υπερβαίνει τα ανώτερα και κατώτερα επίπεδα αποκοπής του ενισχυτή RF ( $\pm V_{max}$ ) . Το πρόβλημα που προκύπτει από την εμφάνιση της ψευδένδειξης αποκοπής δεδομένων μπορεί να αντιμετωπιστεί με προσεκτική επαναβαθμονόμηση και επανασύνδεση του κέρδους , είναι τα μόνα μέσα για να ξεπεραστεί το πρόβλημα στην διαγνωστική εικόνα . [10, 21]

## 1.12 Ψευδένδειξη Σφάλματος δεδομένων

Με την πάροδο του χρόνου συχνά κατά την διαδικασία επεξεργασίας δεδομένων εμφανίζονται κάποιες « δυσλειτουργίες » που έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ψευδενδείξεων στην διαγνωστική εικόνα . Οι ψευδενδείξεις αυτές συχνά εμφανίζονται με την μορφή πολλαπλών γραμμών είτε σε σχήμα σταυρού είτε σε μοτίβο ψαροκόκαλου . Για να μπορέσουν να απαλλαγούν οι διαγνωστικές εικόνες από την ψευδένδειξη αυτή αρκεί η απλή επανεπεξεργασία των δεδομένων . [10, 21]

## 1.13 Ψευδενδείξεις Σκίασης

Η ψευδένδειξη σκίασης στη μαγνητική τομογραφία εμφανίζεται ως περιοχές με απώλεια σήματος σε τμήματα της εικόνας , οδηγώντας σε σκοτεινή σκίαση στα σημεία αυτά της εικόνας που λαμβάνεται . Η εμφάνιση των ψευδενδείξεων σκίασης μειώνουν σημαντικά την διαγνωστική αξία της εικόνας αφού μπορούν να αποκρύψουν σημαντικές παθολογικές δομές . Υπάρχουν αρκετές αιτίες που συμβάλλουν στην εμφάνιση της ψευδένδειξης . Αρχικά η ανομοιογενής διέγερση των πυρήνων εντός πεδίου , λόγω των παλμών RF που εφαρμόζονται σε γωνίες αναστροφής διαφορετικές των 90 και 180 μοιρών , βοηθούν στην εμφάνιση της ψευδένδειξης . Επίσης μια ακόμη αιτία είναι η μη φυσιολογική φόρτωση του πηνίου ή η σύζευξη του πηνίου σε ένα σημείο . Επιπλέον η ανομοιογένεια του μαγνητικού πεδίου και η κορεσμός του μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακού σήματος βοηθά την εμφάνιση της ψευδένδειξης σκίασης. Τέλος η υψηλή απορρόφηση RF ακτινοβολίας από συγκεκριμένες δομές του σώματος του εξεταζομένου αποτελεί μια ακόμη αιτία πρόκλησης της ψευδένδειξης . Οι ψευδενδείξεις σκίασης μπορούν να εμφανιστούν τόσο κατά τον άξονα κωδικοποίησης φάσης όσο και σε αυτόν της κωδικοποίησης συχνότητας . [2, 22]

### 1.13.1 Αντιμετώπιση των προβλημάτων που οφείλονται στις ψευδενδείξεις σκίασης

Οι ψευδενδείξεις της σκίασης προκαλούν αρκετά προβλήματα στην ληφθείσα εικόνα μειώνοντας την διαγνωστική της αξία και οδηγώντας αρκετές φορές σε λανθασμένη διάγνωση . Όμως υπάρχουν τρόποι μείωσης και αποφυγής των προβλημάτων . Αρχικά η ορθή φόρτωση του πηνίου βοηθά στην μη εμφάνιση της ψευδένδειξης . Επίσης ένας τρόπος λύσης του προβλήματος είναι η χρησιμοποίηση πηνίου κατάλληλου μεγέθους για το μέγεθος του ασθενούς ή της περιοχής που θα εξετασθεί . Ακόμη η περιοχή που θα εξετασθεί θα πρέπει να τοποθετείται σωστά σε σχέση με το ισόκεντρο του μαγνήτη και σε σχέση με το πηνίο λήψης . Επιπλέον ο εξεταζόμενος σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να έρθει σε επαφή με το πηνίο , για αυτό συνίσταται η χρήση από αφρώδη τακάκια ανάμεσα στον εξεταζόμενο και το πηνίο . Επιπροσθέτως ο συχνός έλεγχος για ανομοιογένειες του μαγνητικού

πεδίου και η αποκατάσταση του αποτρέπει την εμφάνιση της ψευδένδειξης . Τέλος μια μέθοδος που συμβάλλει στην αποφυγή της ψευδένδειξης είναι η χρήση κατάλληλων παραμέτρων σάρωσης για την κατάλληλη ρύθμιση του πλάτους των εφαρμοζόμενων παλμών RF . Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εφαρμογή λιγότερης ενίσχυσης για την αποφυγή υπερβολικής ροής σήματος στον αναλογικό – ψηφιακό μετατροπέα . [2, 22]

### **1.14 Ψευδενδείξεις υπερχείλισης ισχύος RF**

Οι ψευδενδείξεις υπερχείλισης ισχύος RF προκαλούν μια γενική ανομοιομορφία στην ένταση του σήματος που μπορεί να εμφανιστεί σε όλη την έκταση της διαγνωστικής εικόνας που λαμβάνεται . Η ψευδένδειξη αυτή εμφανίζεται όταν το σήμα που λαμβάνεται από τον εξεταζόμενο μέσω του σαρωτή έχει μια υπερβολικά μεγάλη ένταση που δεν του επιτρέπει να ψηφιοποιηθεί με ακρίβεια από τον μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακού σήματος . Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προέρχονται από την εμφάνιση της ψευδένδειξης της υπερχείλισης χρησιμοποιούνται κάποιες τεχνικές μείωσης ή εξάλειψης της . Αρχικά μια μέθοδος αντιμετώπισης αποτελεί η εφαρμογή τεχνικών προετοιμασίας του ενισχυτή RF , οι οποίες πριν από την εκκίνηση της ακολουθίας πραγματοποιούν μικρές ρυθμίσεις για την καλύτερη ανίχνευση των ισχυρών σημάτων . Επίσης με την αυτόματη προεπισκόπηση συνήθως το κέρδος του δέκτη προσαρμόζεται έτσι ώστε η ψευδένδειξη να μην εμφανίζεται . Αν όμως αυτή επιμένει τότε το κέρδος μπορεί να μειωθεί και χειροκίνητα . Τέλος υπάρχουν και μέθοδοι που εφαρμόζονται μετά την επεξεργασία όμως είναι αρκετά χρονοβόρες . [2, 22]

### **1.15 Ψευδένδειξη Zebra stripes**

Η ψευδένδειξη Zebra αφορά κάποιες λωρίδες που εμφανίζονται ως εναλλασσόμενες φωτεινές και σκοτεινές ζώνες σε μια εικόνα μαγνητικής τομογραφίας . Οι λωρίδες αυτές παρατηρούνται κατά μήκος της περιφέρειας των εικόνων οι οποίες έχουν ληφθεί με ακολουθίες ηχώ βαθμίδας ( gradient echo) . Οφείλονται στην απότομη μετάβαση της μαγνήτισης σε περιοχές που περιέχουν δομές με διεπαφή αέρα και ιστών . Η ψευδένδειξη παρατηρείται εντονότερα όταν έχει επιλεγθεί πεδίο (FOV) μικρού μεγέθους . Επίσης κάποιες φορές μπορεί η εμφάνιση των λωρίδων της ψευδένδειξης Zebra είναι αποτέλεσμα του φαινομένου αναδίπλωσης του σήματος στον άξονα της φάσης . Τα προβλήματα που προκαλεί η ψευδένδειξη αντιμετωπίζονται αρχικά με αύξηση του FOV . Επιπλέον ένας τρόπος λύσης αποτελεί και η χρήση ακολουθιών ηχώ σπίν ( spin echo ) στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού . Τέλος η αύξηση του ρυθμού δειγματοληψίας ή η εφαρμογή τεχνικών υπερδειγματοληψίας μπορούν να βοηθήσουν στο περιορισμό της εμφάνισης της ψευδένδειξης . [23, 24]

### 1.16 Ψευδένδειξη Αστρικού Ουρανού (Starry sky Artifact)

Η ψευδένδειξη εμφανίζεται στην παράλληλη απεικόνιση μαγνητικής τομογραφίας όπως για παράδειγμα στη SENSE. Είναι μια σχετικά συνηθισμένη ψευδένδειξη και συνήθως συναντάται ως μια μη ομοιόμορφη κατανομή του θορύβου της εικόνας. Επηρεάζει περισσότερο το κεντρικό τμήμα της εικόνας το οποίο είναι πιο μακριά από τα πηνία επιφανείας και λιγότερο τους επιφανειακούς ιστούς. Ο θόρυβος στην παράλληλη απεικόνιση κατανέμεται με άνισο τρόπο αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από μια χωρική παράμετρο που ονομάζεται γεωμετρικός παράγοντας και συμβολίζεται με το αγγλικό γράμμα  $g$ . Ο θόρυβος επίσης αυξάνεται με το ρυθμό και τον τρόπο πλήρωσης του  $k$ -χώρου κατά την απεικόνιση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανομοιογενή κατανομή περιοχών χαμηλής αναλογίας σήματος προς θόρυβο (SNR). Οι περιοχές που βρίσκονται πιο μακριά από τα επιφανειακά πηνία, όπως οι βαθύτεροι ιστοί ενός εξεταζομένου είναι πιο επιρρεπείς στην εμφάνιση της ψευδένδειξης. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλεί η ψευδένδειξη, πρέπει το πρωτόκολλο πλήρωσης του  $k$ -χώρου να πλησιάσει το κλασικό, δηλαδή πλήρης και λεπτομερείς χρήση των δεδομένων κατά την σάρωση. Η διαδικασία αυτή βελτιώνει το SNR όμως αυξάνει σημαντικά το χρόνο σάρωσης. Ένας ακόμη τρόπος αντιμετώπισης των προβλημάτων από την εμφάνιση της ψευδένδειξης είναι η επανάληψη της ακολουθίας απεικόνισης που λειτουργεί από μόνη της ανασταλτικά ως προς την εμφάνιση της ψευδένδειξης. [25]

### 1.17 Ψευδένδειξη Γεωμετρικής Παραμόρφωσης

Η ψευδένδειξη της γεωμετρικής παραμόρφωσης είναι μια ψευδένδειξη που συναντάται ευρέως στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού. Συχνά μπορεί να εμφανίζεται ως μια φυσική παραμόρφωση στην εικόνα. Επίσης μπορεί να μην είναι άμεσα εμφανής στον ιστό, αλλά να μπορεί να αξιολογηθεί με την χρήση πλέγματος ομοιώματος. Μια αιτία για την εμφάνιση της γεωμετρικής παραμόρφωσης μπορεί να είναι η ανομοιομορφία του μαγνητικού πεδίου που οδηγεί σε ανακριβή κωδικοποίηση της χωρικής θέσης. Επίσης η γεωμετρική παραμόρφωση μπορεί να προκληθεί από το ίδιο το μηχάνημα ή από περιοχές με μεταβλητή ευαισθησία εντός του ασθενούς όπως για παράδειγμα οι εμφυτεύσιμες συσκευές. Αρχικά ένας τρόπος αντιμετώπισης της γεωμετρικής παραμόρφωσης είναι η χρήση σαρωτή, χαμηλότερης έντασης πεδίου. Επιπλέον η τοποθέτηση των περιοχών ενδιαφέροντος κοντά στο κέντρο του πεδίου που είναι η περιοχή με χαμηλότερη παραμόρφωση μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της. Τέλος ο τακτικός ποιοτικός έλεγχος για την διασφάλιση της ορθής λήψης μπορεί να μειώσει την εμφάνιση της ψευδένδειξης. Ένα βασικό σημείο στη χρήση μαγνητική τομογραφίας για το σχεδιασμό της θεραπείας με ακτινοθεραπείας είναι η γεωμετρική παραμόρφωση. [26]

## 1.18 Ψευδένδειξη Περιθωρίου Moire

Οι ψευδενδείξεις περιθωρίου Moire είναι ένα μοτίβο παρεμβολών το οποίο παρατηρείται με μεγαλύτερη συχνότητα κατά την απόκτηση εικόνων με ακολουθία ηχώ βαθμίδας (gradient echo) χρησιμοποιώντας το πηνίο σώματος . Τα περιθώρια Moire εμφανίζονται στην διαγνωστική εικόνα ως επαναλαμβανόμενες ακανόνιστες ζώνες φωτός και σκούρου . Ένα αίτιο που συμβάλλει στην εμφάνιση των περιθωρίων αυτών είναι τα σήματα διαφορετικών φάσεων . Τα σήματα αυτά λόγω της έλλειψης ομογένειας στο κύριο μαγνητικό πεδίο υπερτίθενται και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφική παρεμβολή στην ένταση του σήματος . Ένα ακόμα αίτιο εμφάνισης των περιθωρίων Moire είναι η μη ομοιομορφία του μαγνητικού πεδίου από μόνη της . Ο μόνος τρόπος μείωσης της ψευδένδειξης Moire είναι η βελτίωση της ομοιομορφίας του μαγνητικού πεδίου . [26]

## 1.19 Ψευδένδειξη Ψαροκόκαλου

Η ψευδένδειξη ψαροκόκαλου είναι μια ψευδένδειξη που εμφανίζεται στην απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού και σχετίζεται με ένα ή περισσότερα παρεκκλίνοντα σημεία δεδομένων στο κ- χώρο . Εμφανίζεται ως ένα επαναλαμβανόμενο μοτίβο από λωρίδες που τοποθετείται επάνω στην εικόνα . Η αιτία εμφάνισης της ψευδένδειξης συνήθως είναι ένα << κακό >> pixel στο κ-χώρο της εικόνας για το οποίο ευθύνεται το υλικό . Για την μείωση της επίδρασης της ψευδένδειξης στην διαγνωστική εικόνα συνήθως συνίσταται η επανάληψη της σάρωσης . Αν η ψευδένδειξη επιμένει να εμφανίζεται τότε θα χρειαστεί επισκευή του σαρωτή . [26]

## 1.20 Ψευδένδειξη Διασταυρούμενης Διέγερσης

Η ψευδένδειξη της διασταυρούμενης διέγερσης είναι μια ψευδένδειξη που συναντάται στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού . Η ψευδένδειξη ουσιαστικά αναφέρεται στην απώλεια σήματος σε μια τομή του μαγνητικού τομογράφου λόγω της προ διέγερσης από το παλμό RF , ο οποίος προορίζεται για μια γειτονική τομή ή περιοχή . Το προφίλ της συχνότητας του παλμού RF είναι ατελές , αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι κατά την διαδικασία επιλογής της τομής θα υπάρξει κάποιος βαθμός διέγερσης και των γειτονικών τομών . Αν η γειτονική τομή απεικονίζεται πρώτον κατά την διάρκεια της ίδιας σειράς στην ακολουθία παλμών ή αμέσως μετά , δηλαδή κατά την επανάληψη της , η ψευδένδειξη θα μειωθεί . Η ψευδένδειξη παρουσιάζεται πιο έντονη στις ακολουθίες ανάκτησης αντιστροφής (IR) 180 μοιρών . Για την αποφυγή της εμφάνισης ή την μείωση της επίδρασης της διασταυρούμενης διέγερσης υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης . Αρχικά στην περίπτωση όπου η απεικόνιση γίνεται με την διαδικασία των συνεχόμενων τομών , συνίσταται να αφήνεται ένα ελάχιστο κενό πάχους 1/3 της τομής , για τον περιορισμό της ψευδένδειξης . Επιπλέον και η παρεμβολή μεταξύ των τομών κατά την διαδικασία απεικόνισης του μαγνητικού συντονισμού

είναι ένας τρόπος επίλυσης . Στην περίπτωση που η εξέταση απαιτεί την απεικόνιση όγκου συνίσταται η χρήση τρισδιάστατης απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού .Τέλος υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης βελτιστοποιημένων ακολουθιών παλμών που θα έχουν ως στόχο την αύξηση του ελάχιστου χρόνου TE και την μείωση του αριθμού των φετών για ένα δεδομένο TR . [27]

## 1.21 Ψευδένδειξη Εισόδου Τομής

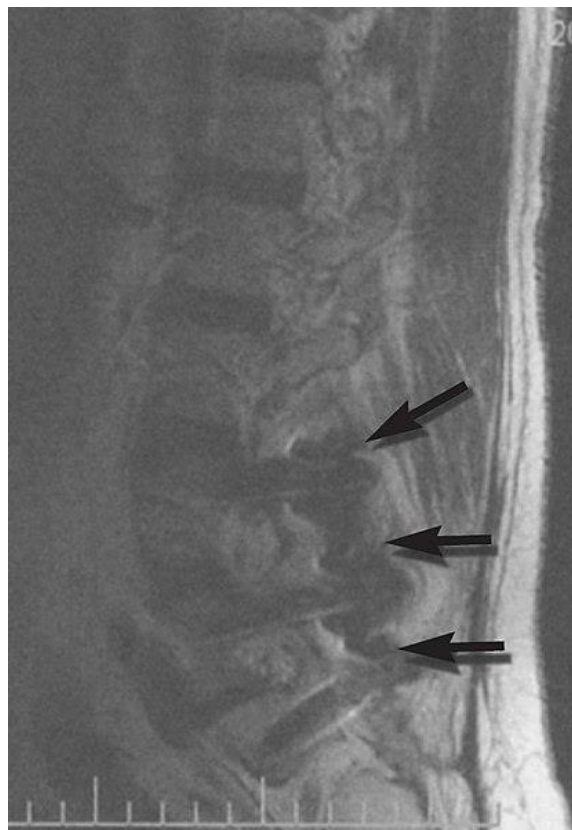
Η ψευδένδειξη εισόδου τομής την συναντάμε όταν οι ακόρεστες περιστροφές στο αίμα του εκάστοτε εξεταζόμενου εισέρχονται για πρώτη φορά σε μια τομή ή τομές . Χαρακτηριστικό της ψευδένδειξης είναι το φωτεινό σήμα που παρουσιάζεται σε ένα αιμοφόρο αγγείο που μπορεί να είναι είτε φλέβα είτε αρτηρία κατά την πρώτη τομή . Σε αρκετές περιπτώσεις το φωτεινό αυτό σήμα είναι ορατό παραπάνω από μια τομές , ενώ είναι πιο έντονο τις αρχικές τομές και ξεθωριάζει ανάλογα με την απόσταση . Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί με θετικό τρόπο με σκοπό τη δημιουργία αγγειογραμμάτων στο μαγνητικό συντονισμό . Το βασικότερο πρόβλημα με την ψευδένδειξη εισόδου τομής είναι ότι αρκετές φορές τα αποτελέσματα της συγχέονται με την θρόμβωση . Η διαστρέβλωση αυτή μπορεί να επιφέρει λανθασμένη ιατρική διάγνωση και τα αποτελέσματα της να είναι καταστροφικά για τον εξεταζόμενο . Έτσι είναι απαραίτητο να γίνει ο βέλτιστος διαχωρισμός ανάμεσα στα αποτελέσματα της ψευδένδειξης και των θρομβώσεων . Αρχικά η χαρακτηριστική τοποθεσία εμφάνισης στην διαγνωστική εικόνα της πιθανής θρόμβωσης ή της ψευδένδειξης αποτελεί ένα μέτρο διαφοροποίησης . Αν με το αρχικό τρόπο δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός τότε είναι απαραίτητη η χρήση τεχνικών κλίσης ηχούς ροής . Λύση στην εξάλειψη της ψευδένδειξης της εισόδου τομής μπορούν να δώσουν οι ζώνες χωρικού κορεσμού . Οι ζώνες αυτές μπορούν να τοποθετηθούν πριν από την πρώτη τομή και μετά την τελευταία για την αντιμετώπιση της ψευδένδειξης . [26]

## 1.22 Ψευδενδείξεις Μεταλλικών αντικειμένων

### 1.22.1 Τι είναι , πως και γιατί εμφανίζονται οι ψευδενδείξεις λόγω της παρουσίας μεταλλικών αντικειμένων ;

Η μαγνητική τομογραφία (MRI) είναι μια πολύ σημαντική μέθοδος εξέτασης που χρησιμοποιείται ευρέως στην κλινική αξιολόγηση των εξεταζομένων . Ωστόσο η παρουσία μεταλλικών αντικειμένων είτε επάνω στο σώμα του εξεταζομένου είτε εμφυτεύσιμες , μπορούν να καταστήσουν την εξέταση της μαγνητικής τομογραφίας μη ασφαλή . Επίσης η παρουσία των μεταλλικών αντικειμένων ενδέχεται να περιορίσει σημαντικά την διαγνωστική ποιότητα και χρησιμότητα της απεικόνισης του μαγνητικού τομογράφου . Η παρουσία των μεταλλικών υλικών είναι ευρέως διαδεδομένη στην ιατρική επιστήμη στην σημερινή εποχή , αφού χρησιμοποιούνται σε χειρουργικές επεμβάσεις ανακατασκευής όπως ολικές αντικαταστάσεις γόνατος ή ισχίου . Επιπλέον υπάρχουν πολλές μικρότερες μεταλλικές συσκευές που χρησιμοποιούνται στην ιατρική επιστήμη όπως χειρουργικά κλιπ , οδοντικά σφραγίσματα , βίδες στερέωσης ή χειρουργικές καρφίτσες . Η παρουσία όλων το προηγούμενων δυσχεραίνει σε σημαντικό βαθμό την απεικόνιση μαγνητικής τομογραφίας . Ένα πολύ σημαντικό γνώρισμα των μεταλλικών υλικών και αντικειμένων είναι πως δεν είναι όλα ασφαλή στην εξέταση την μαγνητικής τομογραφίας . Αρχικά τα σιδηρομαγνητικά υλικά είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα αφού ενδέχεται να δεχθούν πολύ ισχυρές δυνάμεις προερχόμενες από το στατικό μαγνητικό πεδίο . Οι δυνάμεις αυτές είναι ισχυρότερες σε κοντινή απόσταση με τον μαγνήτη . Επίσης κάποια μεταλλικά αντικείμενα μπορούν να προκαλέσουν θέρμανση όταν αλληλεπιδράσουν με πεδία ραδιοσυχνότητας . Ένα πολύ συνηθισμένο παράδειγμα αποτελούν τα καλώδια οδήγησης . Αν και αρκετά μέταλλα θεωρούνται ασφαλή ως προς την εξέταση της μαγνητικής τομογραφίας , μπορούν να επιδράσουν σημαντικά στην απεικόνιση και να προκαλέσουν αρκετές ψευδενδείξεις . Πρώτον η παρουσία ενός μεταλλικού αντικειμένου στον εξεταζόμενο στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού δεν «δίνει» σήμα , δηλαδή οδηγεί στην απώλεια σήματος στο συγκεκριμένο σημείο , επομένως το μεταλλικό αντικείμενο εμφανίζεται ως μια μαύρη περιοχή στις εικόνες του MRI . Δεύτερον η ύπαρξη μεταλλικών αντικειμένων μπορεί να προκαλέσει σοβαρές διακυμάνσεις στο στατικό μαγνητικό πεδίο λόγω των αλλαγών στην ευαισθησία μεταξύ του μετάλλου και του περιβάλλοντος ιστού . Η ένταση των διακυμάνσεων αυτών εξαρτάται από το μέγεθος , το σχήμα , τον τύπο του μετάλλου και τον προσανατολισμό του στο μαγνητικό πεδίο . Οι διακυμάνσεις στο μαγνητικό πεδίο με την σειρά τους δημιουργούν μεγάλες διακυμάνσεις στην συχνότητα συντονισμού που έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία αρκετών ψευδενδείξεων στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού . Οι κύριες ψευδενδείξεις που προκύπτουν στην απεικόνιση είναι η απώλεια σήματος που αναφέρθηκε και προηγούμενως , η ψευδένδειξη μετατόπισης και η αποτυχία εφαρμογής των τεχνικών καταστολής του λίπους . Μια από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους καταστολής λίπους είναι ο κορεσμός του λίπους . Στη μέθοδο αυτή γίνεται επιλεκτική διέγερση του λίπους . Η παρουσία όμως μεταλλικών αντικειμένων προκαλεί μετάπτωση της συχνότητας που έχει ως αποτέλεσμα τεράστιες αλλαγές στο συντονισμό του λίπους . Έτσι ο παλμός κορεσμού χάνει τη συχνότητα συντονισμού λόγω της παρουσίας του μετάλλου και οδηγεί

στην αποτυχία της μεθόδου καταστολής του λίπους . Η μέθοδος αυτή αποτελεί ένα παράδειγμα αποτυχίας μια τεχνικής καταστολής λίπους λόγω της παρουσίας μεταλλικού αντικειμένου στον εξεταζόμενο ωστόσο και άλλες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό αποτυγχάνουν για τον ίδιο λόγο . Τέλος λόγω της παρουσίας μεταλλικών υλικών εμφανίζεται και η ψευδένδειξη της μετατόπισης . Η παρουσία των μεταλλικών αντικειμένων οδηγεί σε διακυμάνσεις του στατικού μαγνητικού πεδίου που προκαλεί μετατοπίσεις που έχουν ως αποτέλεσμα τον εσφαλμένο προσδιορισμό θέσης από την οποία προέρχεται το σήμα . Συμπερασματικά οι πολλαπλές μετατοπίσεις οδηγούν σε παραμόρφωση της διαγνωστικής εικόνας ή σε ορισμένες περιπτώσεις στην απώλεια σήματος αλλά και στο φαινόμενο της συσσώρευσης . [28]



**Εικόνα 14. Ψευδένδειξη Μεταλλικών Αντικειμένων**



### 1.22.2 Τρόποι αντιμετώπισης και λύσεις των προβλημάτων από τις Ψευδενδείξεις Μεταλλικού αντικειμένου .

Τα αποτελέσματα των ψευδενδείξεων που οφείλονται στη παρουσία μεταλλικών αντικειμένων μπορεί να είναι αρκετά σοβαρά , όμως είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι με την ορθή επιλογή τεχνικών και παραμέτρων μπορούν τα προβλήματα να μειωθούν ή και να εξαλειφθούν . Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα η εικόνα της μαγνητικής τομογραφίας να ανακτήσει την διαγνωστική της αξία . Αρχικά στην περίπτωση της απώλειας σήματος που συμβαίνει στο στατικό μαγνητικό πεδίο όπως έχει ήδη προαναφερθεί οδηγεί σε αμαύρωση περιοχών της εικόνας . Ο πιο διαδεδομένος τρόπος λύσης των προβλημάτων της ψευδένδειξης αυτής είναι η χρήση της τεχνικής spin echo . Ένας επιπλέον τρόπος είναι η χρήση μεθόδων UTE (Ultrashort echo time) . Στη μέθοδο αυτή η απεικόνιση πραγματοποιείται αμέσως μετά την διέγερση του παλμού RF . Όσον αφορά την καταστολή του λίπους , οι συνηθισμένοι μέθοδοι αντιμετώπισης στην μαγνητική τομογραφία περιλαμβάνουν αρχικά τον επιλεκτικό κορεσμό , την ανάκτηση βραχείας T1 ( STIR) ή τεχνικές διαχωρισμού πολλαπλής ηχούς όπως για παράδειγμα ο διαχωρισμός Dixon . Οι τεχνικές Dixon παρακολουθούν τις σταδιακές διακυμάνσεις που συμβαίνουν στο μαγνητικό πεδίο . Οι τεχνικές Dixon αποδίδουν αποτελεσματικά σε κάποια απόσταση από το μεταλλικό αντικείμενο , ωστόσο κοντά σε αυτό αποτυγχάνουν . Για πιο κοντινές αποστάσεις με το μεταλλικό αντικείμενο καλύτερη επιλογή αποτελεί η χρήση της απεικόνισης STIR . Το STIR χρησιμοποιεί την ανάκτηση αναστροφής για το μηδενικό λίπος με βάση το χρόνο χαλάρωσης T1 , ο οποίος παρέχει μια ομοιογενή καταστολή λίπους κοντά στα μεταλλικά αντικείμενα που ενδέχεται να υπάρχουν στον εξεταζόμενο . Η χρήση του STIR έχει δυο αρνητικές πλευρές . Πρώτον για χαμηλό SNR ο παλμός αναστροφής προκαλεί εξασθένιση του σήματος . Δεύτερον αν χρησιμοποιείται ένας παράγοντας αντίθεσης , ο ιστός που θα πρέπει να ενισχύεται τελικά θα καταστρέφεται λόγω του T1 . Τέλος τα προβλήματα που προκαλεί η ψευδένδειξη της μετατόπισης μπορούν και αυτά να αντιμετωπιστούν . Αρχικά η χρήση λεπτών τομών θα μειώσει σε σημαντικό βαθμό την παραμόρφωση που οφείλεται στην ψευδένδειξη της μετατόπισης . Αυτό θα γίνει διότι το πλάτος τομής πολλαπλασιαζόμενο με το λόγο της μετατόπισης της συχνότητας προς το εύρος ζώνης τομής είναι η χωρική παραμόρφωση στην κατεύθυνση της τομής . Η χρήση όμως των λεπτών τομών θα έχει και κόστος . Αρχικά ο χρόνος σάρωσης θα αυξηθεί αφού θα χρειαστούν περισσότερες τομές για να καλυφθεί η περιοχή ενδιαφέροντος . Επιπλέον το SNR θα μειωθεί αφού και το μέγεθος του voxel θα μειωθεί . Παρόλο την αρνητική επίδραση στο χρόνο και στο SNR , η χρήση λεπτών τομών αποτελεί το πιο βιώσιμο τρόπο λύσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλούς σαρωτές . Ένας ακόμα τρόπος λύσης αποτελεί η μεγιστοποίηση του εύρους ζώνης , τόσο κατά την επιλογή των τμημάτων όσο και στην ανάγνωση . Ωστόσο και σε αυτή τη μέθοδο έχουμε κάποιο κόστος . Η αύξηση του εύρους ζώνης θα αυξήσει την εναπόθεση ισχύος (SAR) που θα έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο χρόνο επανάληψης . Η αύξηση του εύρους ζώνης αποτελεί μια πολύ απλή λύση για τις ψευδενδείξεις που εμφανίζονται σε κοντινή απόσταση με το μεταλλικό αντικείμενο . [28]



**Εικόνα 15 . Ψευδένδειξη Μεταλλικών Αντικειμένων**

## **2. Κλινική εφαρμογή των Ψευδενδείξεων στην απεικόνιση του Μαγνητικού Συντονισμού (MRI)**

### **2.1 Κλινική εφαρμογή των Ψευδενδείξεων Κίνησης .**

#### **2.1.1. Αναφορά 1**

Ο Soudabeh et al , το Μάιο του 2020 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την αντιμετώπιση των ψευδενδείξεων κίνησης . Ο σκοπός του άρθρου αφορά την εύρεση μεθόδων μείωσης των προβλημάτων από τις ψευδενδείξεις κίνησης που παρουσιάζονται σαν «χτένα» από τομή σε τομή σε πολλαπλές τομές , με γρήγορη ακολουθία απεικόνισης ηχώ σπίν (Fast spin echo) . Η εφαρμογή της στρατηγικής μείωσης πραγματοποιείται στη μαγνητική τομογραφία απεικόνισης του προστάτη . Οι εικόνες που λαμβάνονται με γρήγορες ακολουθίες ηχώ σπίν συνεχόμενων ή αλληλεπικαλυπτόμενων τομών , χρησιμοποιούν πολλαπλά περάσματα από το σημείο ενδιαφέροντος , κάθε πέρασμα αποτελείται από πολλαπλές τομές με κενά ανάμεσα τους . Ο συνδυασμός όλων των τομών από τα πολλαπλά αυτά περάσματα παρέχει την επιθυμητή δειγματοληψία . Όμως η λεπτή κίνηση ανάμεσα στα περάσματα που είναι ίση με 1mm προκαλεί παραμορφώσεις που μοιάζουν σαν «χτένα». Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού γίνεται υποδιαίρεση του κάθε περάσματος σε πολλαπλά τμήματα . Η παρεμβολή αυτών των τμημάτων ουσιαστικά βοηθά στη απόκτηση των τομών σχεδόν ταυτόχρονα και μειώνει την ψευδένδειξη κίνησης που εμφανιζόταν . Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε σε 14 εξεταζόμενους με μαγνητική τομογραφία προστάτη και μελετήθηκε από 3 ουροακτινολόγους . Οι ερευνητές συμπέραναν πως η νέα μέθοδος τμηματοποίησης κατά την λήψη των εικόνων της μαγνητικής τομογραφίας είναι αποτελεσματική . Στις εικόνες από τον προστάτη των ασθενών υπήρξε μείωση των ψευδενδείξεων κίνησης και αποκατάσταση της διαγνωστικής τους ικανότητας . [29]

#### **2.1.2. Αναφορά 2**

Ο Nofiele et al , τον Οκτώβριο του 2015 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την μείωση και την διαχείριση των ψευδενδείξεων κίνησης . Οι ψευδενδείξεις κίνησης στη μαγνητική τομογραφία αποτελούν ένα τεράστιο πρόβλημα για την διαγνωστική εικόνα , παράδειγμα αποτελεί η μαγνητική τομογραφία κοιλίας που επηρεάζεται από τις ψευδενδείξεις λόγω τις αναπνευστικής κίνησης . Οι μέθοδοι για την αντιμετώπιση των προβλημάτων των ψευδενδείξεων κίνησης είναι δύσκολο να εφαρμοστούν κλινικά λόγω της μεταβλητότητας μεταξύ των εξεταζομένων . Έτσι ο στόχος της μελέτης των επιστημόνων ήταν η δημιουργία ενός προγραμματισμένου συστήματος για την διαχείριση των ψευδενδείξεων κίνησης . Η μελέτη αφορά την δημιουργία ενός συστήματος που

αποτελείται από μια προγραμματιζόμενη μηχανοκίνητη γραμμική βαθμίδα και έναν υπολογιστή . Το σύστημα δοκιμάστηκε σε περιβάλλον μαγνητικής τομογραφίας . Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν μεταξύ του συστήματος και μιας μαγνητικής τομογραφίας . Οι εικόνες που δημιουργήθηκαν από την σάρωση υψηλής χρονικής ανάλυσης ενός υγιούς εξεταζομένου χρησιμοποιήθηκαν από το σύστημα για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των ψευδενδείξεων κίνησης στην ποιότητα της διαγνωστικής εικόνας . Η μελέτη είχε ως αποτέλεσμα την παρατήρηση ψευδενδείξεων που σχετίζονται με την κίνηση ανάλογα με το πλάτος κίνησης , τη συχνότητα και την κυματομορφή . Το συμπέρασμα της μελέτης αποτελεί ότι το σύστημα κίνησης μπορεί να παράγει μια αξιόπιστη κίνηση στη μαγνητική τομογραφία . Το σύστημα τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ερευνητικούς σκοπούς για την διερεύνηση και ανάπτυξη μεθόδων μείωσης και αντιμετώπισης των ψευδενδείξεων κίνησης . [30]

### 2.1.3. Αναφορά 3

Το 2021 δύο επιστήμονες ο Tsukamoto και ο Muro δημοσίευσαν το άρθρο που έχει ως στόχο την δημιουργία ενός προσομοιωτή ψευδενδείξεων κίνησης σε εικόνες μαγνητικού συντονισμού με σκοπό την βαθιά εκμάθηση (Deep learning) για την μείωση και αντιμετώπιση τους . Οι επιστήμονες δημιούργησαν εικόνες που περιείχαν ψευδενδείξεις κίνησης χρησιμοποιώντας ως προσομοιωτή έναν υπολογιστή . Αρχικά δημιουργήθηκαν 20 διαφορετικοί τύποι εικόνων , οι οποίες μετατοπίστηκαν κάθετα . Η ποσότητα της μετατόπισης ορίστηκε από -10 έως 10 εικονοστοιχεία . Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για την δημιουργία εικόνων με οριζόντια , διαγώνια και περιστροφική μετατόπιση . Έτσι τελικά δημιουργήθηκαν 80 τύποι εικόνων με διαφορετικές μετατοπίσεις. Έπειτα μέσω του μετασχηματισμού Fourier δημιουργήθηκαν 80 δεδομένα στο κ-χώρο . Στη συνέχεια τα δεδομένα αυτά μέσω της κωδικοποίησης φάσης δειγματολήφθηκαν τυχαία και μέσω ξανά του μετασχηματισμού Fourier δημιουργήθηκαν εικόνες που περιείχαν τις ψευδενδείξεις κίνησης . Οι αναπαραγωγιμότητα των εικόνων προσομοίωσης που περιείχαν τις ψευδενδείξεις κίνησης επαληθεύτηκε με το μοντέλο βαθιάς εκμάθησης U-NET που περιείχε κλινικές εικόνες . Οι δείκτες αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το μέτρο του δείκτη δομικής ομοιότητας (SSIM) και η αναλογία αιχμής του σήματος προς το θόρυβο (PSNR). Η έρευνα είχε ως αποτέλεσμα ο μέσος όρος SSIM και PSNR να είναι 0,95 και 31,5 αντίστοιχα για τις εικόνες προσομοίωσης , ενώ για τις κλινικές εικόνες ήταν 0,96 και 31,1 . Αρά οι επιστήμονες έφτασαν στο συμπέρασμα αρχικά ότι η μέθοδος προσομοίωσης μας δίνει την δυνατότητα δημιουργίας εικόνων που περιέχουν ψευδενδείξεις σε σύντομο χρονικό διάστημα και επίσης ότι οι εικόνες αυτές είναι ισοδύναμες με αυτές των κλινικών εικόνων . [31]

### 2.1.4. Αναφορά 4

Ο Lian et al , το 2011 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την καρδιακή κίνηση στη μαγνητική τομογραφία του ήπατος , τις ψευδενδείξεις που προκύπτουν αλλά και την αντιμετώπιση τους . Σκοπό

της έρευνας ήταν να προσδιοριστούν οι ψευδενδείξεις κίνησης που προέρχονται από την καρδιακή κίνηση στο ήπαρ αλλά και η χρήση μιας μεθόδου μετεπεξεργασίας για τον περιορισμό των ψευδενδείξεων με πολλαπλές επαναλήψεις .Για την τη πραγματοποίηση της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τρεις εξεταζόμενοι στους οποίους έγινε σάρωση με κράτημα αναπνοής που αποτελούνται από 25 επαναλήψεις για τρεις τιμές 0 500 1000 sec/mm . Από τις επαναλήψεις αυτές υπολογίστηκαν η κατανομή και η συμπεριφορά των ψευδενδείξεων κίνησης της καρδιάς στο ήπαρ . Έπειτα μια αντικειμενική μέθοδος για τη μείωση των ψευδενδείξεων συγκρίθηκε με τα πρότυπα που καθορίστηκαν από ένα ακτινολόγο . Η έρευνα είχε ως αποτέλεσμα οι επιστήμονες να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι οι ψευδενδείξεις στην απεικόνιση της μαγνητικής τομογραφίας του ήπατος προέρχονται από την καρδιακή κίνηση και επιπλέον η μέθοδος μετεπεξεργασίας είναι προτεινόμενη να χρησιμοποιηθεί για την μείωση των ψευδενδείξεων κίνησης . [32]

### **2.1.5. Αναφορά 5**

Ο Sommer et al , το Φεβρουάριο του 2020 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την διόρθωση των ψευδενδείξεων κίνησης .Οι ψευδενδείξεις κίνησης αποτελούν μια πολύ συχνή πηγή μείωσης της διαγνωστικής ποιότητας της εικόνας του μαγνητικού συντονισμού . Οι ερευνητές χρησιμοποιώντας ένα πλήρως συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο πολλαπλής κλίμακας , προσπάθησαν να διορθώσουν τα προβλήματα που προκαλούν οι ψευδενδείξεις κίνησης στην εικόνα του μαγνητικού συντονισμού . Το δίκτυο εκπαιδεύτηκε να αναγνωρίζει ψευδενδείξεις κίνησης σε εικόνες ακολουθίας ηχώ σπίν (spin echo) εγκεφάλου . Χρησιμοποιώντας ένα σύστημα αύξησης δεδομένων και ένα προσομοιωτή ψευδενδείξεων κίνησης , οι ερευνητές δημιούργησαν 93600 εικόνες εκπαίδευσης που βασίζονταν σε 16 μόνο κλινικές περιπτώσεις εικόνων μαγνητικής τομογραφίας χωρίς ψευδενδείξεις κίνησης . Για να αξιολογηθεί η απόδοση του δικτύου χρησιμοποιήθηκαν 28 κλινικές εικόνες μαγνητικής τομογραφίας με ψευδενδείξεις κίνησης των εξεταζομένων .Η εφαρμογή του δικτύου είχε ως αποτέλεσμα την βελτίωση της ποιότητας της διαγνωστικής εικόνας του μαγνητικού συντονισμού χωρίς την απώλεια μορφολογικών πληροφοριών . Έτσι οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η διόρθωση των ψευδενδείξεων κίνησης μέσω ενός νευρωνικού δικτύου πολλαπλής κλίμακας είναι πολλά υποσχόμενη και μπορεί να διορθώσει ουσιαστικά τα προβλήματα που προκαλούν οι ψευδενδείξεις κίνησης . [33]

## **2.2 Κλινική αναφορά των Ψευδενδείξεων Χημικής μετατόπισης**

### **2.2.1 Αναφορά 1**

Ο Kumar et al , το 2014 δημοσίευσαν την έρευνα τους για την ανίχνευση της πιθανής εισβολής φλεβικού τοιχώματος στον Perceta πλακούντα μέσω των ψευδενδείξεων χημικής μετατόπισης . Ο

Perceta πλακούντα είναι μια κατάσταση όπου ο πλακούντας προσκολλάται και αναπτύσσεται μέσω της μήτρας και ενδεχομένως στα κοντινά όργανα όπως για παράδειγμα η ουροδόχος κύστη . Σκοπός της έρευνας αποτελεί η αξιολόγηση της διείσδυσης του διαμυομετρικού φλεβικού τοιχώματος στον Perceta πλακούντα . Η αξιολόγηση αυτή θα γίνει χρησιμοποιώντας την ψευδένδειξη της χημικής μετατόπισης ως δείκτη της διεπαφής κύστης – μυομητρίου για αλληλουχίες μαγνητικού συντονισμού σταθερής κατάστασης . Η έρευνα αφορά μια προοπτική μελέτης παρατήρησης που έλαβε χώρα σε πανεπιστημιακό νοσοκομείο . Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία για τον Perceta πλακούντα από τρεις εξεταζόμενους . Οι επιστήμονες μελέτησαν ένα συγκεκριμένο σημάδι , που αφορά την απώλεια των ψευδενδείξεων χημικής μετατόπισης σε σταθερή αλληλουχία μαγνητικού συντονισμού . Η έρευνα είχε ως αποτέλεσμα την επιβεβαίωση της μεθόδου . Έτσι η απώλεια των ψευδενδείξεων όπως και προαναφέρθηκε επιβεβαιώνει την εισβολή του φλεβικού τοιχώματος στο Perceta πλακούντα . Επίσης η μέθοδος αποτελεί μια προοπτική διάγνωσης του προβλήματος που προκαλείται αλλά επιπλέον βοηθά στο σχεδιασμό της χειρουργικής επέμβασης για την αντιμετώπιση του Perceta πλακούντα . [34]

## 2.2.2 Αναφορά 2

Ο Bydder et al , τον Αύγουστο του 2021 δημοσίευσαν το άρθρο τους για τις Ψευδενδείξεις Χημικής Μετατόπισης στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού που παράγεται με ακτινική δειγματοληψία και την πιθανή λανθασμένη κλινική τους διάγνωση . Η ακτινική δειγματοληψία μαγνητικού συντονισμού στο κέντρο του κ- χώρου και προς τα έξω , χρησιμοποιεί για κάθε ανάγνωση διαφορετική κατεύθυνση . Οι εικόνες που δημιουργούνται με αυτόν τον τρόπο δειγματοληψίας περιέχουν ψευδενδείξεις χημικής μετατόπισης που έχουν ως χαρακτηριστικό τους το θόλωμα . Οι επιστήμονες μέσω πειραμάτων προσπάθησαν να εξηγήσουν την προέλευση των ψευδενδείξεων αυτών με την βοήθεια ενός εθελοντή εξεταζόμενου . Σε δύο πειράματα που περιείχαν ένα δοχείο με λάδι και ένα ακόμη δοχείο σε σχήμα στεφανίου που περιείχε πάλι λάδι το οποίο όμως αυτή την φορά περιβαλλόταν από νερό . Οι δύο πειραματικές διατάξεις σαρώθηκαν με ένα εύρος ζώνης από 62,5 έως 4 kHz . Από τον εξεταζόμενο εθελοντή λήφθηκαν εικόνες μαγνητικής τομογραφίας κεφαλιού , λεκάνης και σπονδυλικής στήλης στο ίδιο εύρος ζώνης . Το αποτέλεσμα έδειξε ότι και στις δύο πειραματικές διατάξεις έγινε μετατόπιση του σήματος λαδιού μακριά από το κέντρο στη περιοχή του περιβάλλοντος νερού . Το αποτέλεσμα αυξήθηκε καθώς μειωνόταν το εύρος ζώνης . Στον εξεταζόμενο και συγκεκριμένα στο κεφάλι το σήμα από το λίπος στο μυελό των οστών στο κρανίο μετατοπίστηκε κεντρικά και περιφερειακά σε σχέση με το νερό που υπάρχει εντός του μυελού . Το σήμα από το λίπος εμφανίστηκε στη περιοχή ανάμεσα στο κρανίο και στον εγκέφαλο αλλά και στο τριχωτό της κεφαλής . Οι μετατοπίσεις τέτοιου τύπου είναι πιθανόν να προσομοιαστούν με υποσκληρίδια αιματώματα και να φτάσουν σε τελείως λανθασμένη διάγνωση . Ίδια αποτελέσματα εμφανίστηκαν και στις εικόνες μαγνητικής τομογραφίας λεκάνης και της σπονδυλικής στήλης . Στη πρώτη η μετατόπιση του σήματος του λίπους στη λεκάνη προσομοιώνεται με κύστη ενώ για την σπονδυλική στήλη η μετατόπιση του σήματος του λίπους προσομοιάζεται με χόντρους . Έτσι οι ψευδενδείξεις χημικής μετατόπισης μπορούν να δημιουργήσουν πολύ σοβαρά προβλήματα και να οδηγήσουν σε λανθασμένη διάγνωση .

Συμπερασματικά είναι απαραίτητο να γίνει σωστός διαχωρισμός των παθήσεων από τις ψευδενδείξεις για να μπορέσει να γίνει ορθή κλινική ανάγνωση των εικόνων της μαγνητικής τομογραφίας και επιπλέον να σχεδιαστεί κατάλληλα μια πιθανή θεραπεία . [35]

### 2.2.3 Αναφορά 3

Ο Shriki et al , το 2011 δημοσίευσαν την έρευνα τους για την αντιμετώπιση των ψευδενδείξεων χημικής μετατόπισης σε αλληλουχίες καρδιακού μαγνητικού συντονισμού ελεύθερης μετάπτωσης σταθερής κατάστασης ως αποτέλεσμα λιπωματόδους μεταπλασίας . Οι ακολουθίες ισοροπημένης ελεύθερης μετάπτωσης σταθερής κατάστασης είναι τεχνικές ακολουθίας ηγούς βαθμίδας (gradient echo) αντίθετης φάσης . Παρατηρείται σε αυτές γραμμικό χαμηλό σήμα ως αποτέλεσμα των ψευδενδείξεων χημικής μετατόπισης ανάμεσα στις διεπαφές νερού και λίπους . Οι επιστήμονες παρατήρησαν ότι ορισμένοι ασθενείς με χρόνια εμφράγματα του μυοκαρδίου παρουσιάζουν χαμηλό σήμα κατά μήκος του εσωτερικού τοιχώματος του μυοκαρδίου σε περιοχές που επηρεάστηκαν από το έμφραγμα . Οι επιστήμονες υπέθεσαν ότι το χαμηλό σήμα οφειλόταν στις ψευδενδείξεις χημικής μετατόπισης ως αποτέλεσμα της λιπωματόδους μεταπλασίας . Έτσι η έρευνα επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση του υποενδοκαρδιακού χαμηλού σήματος που πιθανότατα σχετίζεται με τις ψευδενδείξεις χημικής μετατόπισης αλλά και στο αν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για το εντοπισμό χρόνιων εμφραγμάτων το μυοκάρδιο . Για την πραγματοποίηση της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν 128 ασθενείς οποίοι υποβλήθηκαν σε απεικόνιση καρδιακού μαγνητικού συντονισμού . Από τους 128 ασθενείς οι 79 ήταν άτομα με έμφραγμα του μυοκαρδίου . Η έρευνα έδειξε ότι από τους 79 ασθενείς , οι 35 (44%) εμφάνισαν χαμηλό υποενδοκαρδιακό σήμα .. Σε 29 από τους 35 ασθενείς (83%) τα εμφράγματα ήταν πιθανότητα χρόνια με βάση την σταθερή αραίωση στα τοιχώματα . Σε 3 ασθενείς οι ψευδενδείξεις χημικής μετατόπισης επιβεβαιώθηκαν ως αποτέλεσμα της λιπωματόδους μεταπλασίας . Επίσης τα ανευρύσματα ήταν πιο συχνά όταν υπήρχε η ψευδένδειξη της χημικής μετατόπισης σε 22 από τους 35 ασθενείς . Το συμπέρασμα της έρευνας για τους επιστήμονες είναι ότι οι ψευδενδείξεις χημικής μετατόπισης σε ακολουθίες ελεύθερης μετάπτωσης όπως ηγούς βαθμίδας είναι σημάδια λιπωματόδους μεταπλασίας σε χρόνια εμφράγματα . [36]

### 2.2.4 Αναφορά 4

Ο Meissner et al , το 2014 δημοσίευσαν το άρθρο τους που είχε ως στόχο την διόρθωση των ψευδενδείξεων χημικής μετατόπισης σε εικόνες μαγνητικού συντονισμού φθοριούχων μορίων με φάσμα πολλαπλού συντονισμού . Οι επιστήμονες είχαν ως στόχο την δημιουργία μιας μεθόδου αποσυνέλιξης για την λύση των προβλημάτων της ψευδένδειξης και παράλληλα την βελτίωση της αναλογίας σήματος προς θόρυβο (SNR) . Για την έρευνα πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις για τον έλεγχο της επίδρασης των παραμέτρων λήψης του μαγνητικού συντονισμού στη διόρθωση των

ψευδενδείξεων χημικής μετατόπισης . Η διόρθωση των προβλημάτων της ψευδένδειξης μελετήθηκε στο φάσμα μιας ένωσης υπερφθοράνθρακα μέσω αποσυνέλιξης σύνθετων εικόνων με μετρούμενη ή βελτιστοποιημένη συνάρτηση . Η έρευνα είχε ως αποτέλεσμα τον εντοπισμό διάφορων παραμέτρων στη λήψη εικόνας που θα πρέπει να αποφευχθούν για να είναι επιτυχής μια αποσυνέλιξη . Σε εικόνες *in vivo* και *in vitro* η έρευνα απέδειξε πως ο λόγος σήματος προς θόρυβο (SNR) μπορεί διορθωθεί σημαντικά σε ποσοστό 20 % με 50 % . [37]

## 2.2.5 Αναφορά 5

Ο Farshchian et al , το Νοέμβριο του 2010 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την διαγνωστική αξία της ψευδένδειξης της χημικής μετατόπισης στη διάκριση της καλοήθους λεμφαδενοπάθειας . Στη σημερινή εποχή η διάκριση των μεταστατικών λεμφαδένων από τους δευτερογενείς καλοήθους που γίνεται με μη επεμβατικές μεθόδους είναι συνεχώς ευνοϊκή . Έτσι οι ερευνητές μελέτησαν την διάκριση μέσω της απεικόνισης του μαγνητικού συντονισμού και ειδικότερα από την ψευδένδειξη της χημικής μετατόπισης . Για την έρευνα χρειάστηκαν 15 άνδρες και 15 γυναίκες με λεμφαδενοπαθητικές βλάβες σε διάφορα σημεία του σώματος . Οι εξεταζόμενοι υποβλήθηκαν σε μαγνητική τομογραφία με ενισχυμένη αντίθεση 1,5 T . Στη συνέχεια οι απεικονίσεις συγκρίθηκαν με παθολογικές αναφορές με στατιστική ανάλυση . Το αποτέλεσμα από τη μελέτη έδειξε πως στις απεικονίσεις του μαγνητικού συντονισμού που βρέθηκαν ψευδενδείξεις χημικής μετατόπισης , το 56,7 % των βλαβών δηλαδή 17 από τους 30 ασθενείς αναγνωρίστηκαν με καλοήθη λεμφαδενοπάθεια ενώ οι υπόλοιποι με κακοήθη λεμφαδενοπάθεια . Στις παθολογικές αναφορές διακρίθηκαν 18 καλοήθους και 12 κακοήθους. Συγκρίνοντας και τα δύο δεδομένα από τα ευρήματα των ψευδενδείξεων χημικής μετατόπισης και τις παθολογικές αναφορές , η μέθοδος με τις ψευδενδείξεις χαρακτηρίστηκε με 79,5% σημαντική και αποτελεσματική διαγνωστική αξία για τον διαχωρισμό των καλοήθων από τους κακοήθους λεμφαδένες . Έτσι συμπερασματικά η παρουσία των ψευδενδείξεων χημικής μετατόπισης στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού αν και τις περισσότερες φορές έχει αρνητικό αποτέλεσμα στην διαγνωστική εικόνα στη παρούσα περίπτωση αποτελεί ένα θετικό εργαλείο χρήσιμης διαγνωστικής αξίας . Η μελέτη σίγουρα είναι αρκετά υποσχόμενη όμως απαιτείται περαιτέρω έρευνα σε μεγαλύτερο αριθμό εξεταζομένων για την εξακρίβωση όσων αναφέρθηκαν . [38]

## 2.3 Κλινικές αναφορές των Ψευδενδείξεων Κολόβωσης (Gibbs)

### 2.3.1 Αναφορά 1

Ο Muckley et al , τον Ιούλιο του 2020 δημοσίευσαν το άρθρο τους που είχε ως στόχο την ανάπτυξη και αξιολόγηση μιας μεθόδου βασισμένης σε νευρωνικό δίκτυο για την αφαίρεση και μείωση τις



επίδρασης των προβλημάτων της ψευδένδειξης Gibbs . Οι επιστήμονες σχεδίασαν ένα νευρωνικό δίκτυο για την αφαίρεση των ψευδενδείξεων Gibbs σε δεδομένα απεικόνισης με στάθμιση διάχυσης . Εξετάστηκαν δύο μοντέλα νευρωνικών δικτύων , ένα για εικόνες ενός μεγέθους και ένα για σύνθετες εικόνες . Και τα δύο μοντέλα βασίστηκαν στη δομή κωδικοποίησης – αποκωδικοποίησης και εκπαιδεύτηκαν σε αποκτήσεις μαγνητικής τομογραφίας σύνθετων εικόνων . Οι επιστήμονες έφτασαν στο συμπέρασμα ότι και τα δύο νευρωνικά δίκτυα μπόρεσαν να μετριάσουν τις ψευδενδείξεις στις εικόνες της μαγνητικής τομογραφίας διάχυσης.[39]

### 2.3.2 Αναφορά 2

Ο Keller et al , το Νοέμβριο του 2015 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την αφαίρεση των ψευδενδείξεων Gibbs με βάση τις τοπικές μετατοπίσεις εικονοστοιχείων . Οι επιστήμονες είχαν ως στόχο την ανάπτυξη μιας γρήγορης και σταθερής μεθόδου διόρθωσης των προβλημάτων που προκαλούνται από την ύπαρξη της ψευδένδειξης Gibbs . Η συγκεκριμένη ψευδένδειξη είναι αρκετά γνωστή στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού και προκαλεί ψευδείς ταλαντώσεις κοντά σε ευκρινείς διαβαθμίσεις της εικόνας στα όρια των ιστών . Η ψευδένδειξη μπορεί να γίνει αντιληπτή στη περικοπή του κ-χώρου κατά την απόκτηση των δεδομένων του μαγνητικού συντονισμού . Η τεχνική Gegenbauer ή η μέθοδος παρέκτασης έχουν ως στόχο την ανάκτηση των δεδομένων που λείπουν . Οι επιστήμονες παρουσίασαν μια άλλη πιο απλή μέθοδο . Η περικοπή στο κ-χώρο μπορεί να θεωρηθεί ως συνέλιξη της υποκείμενης εικόνας με μια συνάρτηση sinc . Έτσι καθώς η εικόνα ανακατασκευάζεται σε ένα διακριτικό πλέγμα η επίδραση των προβλημάτων της ψευδένδειξης Gibbs εξαρτάται από το πώς βρίσκεται το πλέγμα αυτό σε σχέση με την άκρη και το μοτίβο ταλάντωσης της συνάρτησης . Στη συνέχεια με συνεχές τοπικές μετατοπίσεις εικονοστοιχείων επιτυχαίνεται η απαλλαγή της διαγνωστικής εικόνας από τις ψευδενδείξεις Gibbs . Το αποτέλεσμα της έρευνας έδειξε πως με την μέθοδο που προτείνουν οι επιστήμονες η ψευδένδειξη Gibbs μπορεί απλά και αποτελεσματικά να αφαιρεθεί από την απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού με ελάχιστη εξομάλυνση . [40]

### 2.3.3 Αναφορά 3

Ο Wong et al , το Μάιο του 2019 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την μείωση της ψευδένδειξης Gibbs με βάση την τοπική μετατόπιση εικονοστοιχείων σε δεδομένα μαγνητικού συντονισμού με μηδενική επένδυση κ – χώρου . Η έρευνα χρησιμοποίησε δυο προσεγγίσεις για την εφαρμογή της μεθόδου . Η πρώτη προσέγγιση βασίζεται στη τοπική μεταβολή εικονοστοιχείων για να ελαχιστοποιηθεί η τοπική διακύμανση σε ανακατασκευασμένες εικόνες και στη συνέχεια μέσω παρεμβολής της εικόνας να οδηγηθεί στη λήψη της τελικής εικόνας . Η δεύτερη προσέγγιση αφορά την διαπλεκόμενη τοπική παραλλαγή , χρησιμοποιεί το μετασχηματισμό Fourier για την εξάλειψη των ψευδενδείξεων Gibbs , ελαχιστοποιώντας ένα νέο που ονομάζεται Interlaced Local Variations

(iLV) . Οι επιστήμονες σύγκριναν τις δύο μεθόδους με τους αλγορίθμους φίλτρου παραθύρου LSS και Hamming . Η σύγκριση πραγματοποιήθηκε τόσο σε πειρατικό στάδιο όσο και in vivo . Και οι δύο μέθοδοι έδειξαν καλύτερη απόδοση από τα δύο φίλτρα , που χρησιμοποιούνται συνήθως , στη συνέλιξη των ψευδενδείξεων Gibbs διατηρώντας τις λεπτομέρειες στην διαγνωστική εικόνα . Τέλος οι επιστήμονες έφτασαν στο συμπέρασμα πως ανάμεσα στις δύο μεθόδους που δοκιμάστηκαν , η δεύτερη δηλαδή εκείνη της διαπλεκόμενης τοπικής παραλλαγής διατηρεί καλύτερα τις λεπτομέρειες στη τελική απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού . [41]

## 2.4 Κλινικές αναφορές των Ψευδενδείξεων Μαγνητικής Επιδεκτικότητας

### 2.4.1 Αναφορά 1

Ο Jarraya et al , το Μάιο του 2014 δημοσίευσαν το άρθρο τους για τις ψευδενδείξεις ευαισθησίας στη απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού στο γόνατο και των συσχετισμό τους με ακτινογραφικά δεδομένα . Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν 346 γόνατα από 177 άτομα με ηλικία από 35 έτη έως 65 έτη . Όλα τα άτομα αντιμετώπιζαν πόνο στο γόνατο . Αρχικά πραγματοποιήθηκε μαγνητική τομογραφία 3T , η οποία επαναλήφθηκε μετά από 6 μήνες . Οι ακτινογραφίες αξιολογήθηκαν για την παρουσία ή απουσία γραμμικών ή σημειακών αποτιτανώσεων στο χώρο της κνημιαίας άρθρωσης . Για τις μαγνητικές τομογραφίες αξιολογήθηκαν για την παρουσία ψευδενδείξεων ευαισθησίας στην ίδια περιοχή με αλληλουχίες σταθερής κατάστασης διπλής ηχούς . Η στατιστική Kappa εφαρμόστηκε για το προσδιορισμό της συμφωνίας ανάμεσα στα ευρήματα του μαγνητικού συντονισμού και σε εκείνα των ακτινογραφικών δεδομένων . Η συμφωνία μεταξύ των δύο απεικονίσεων σύμφωνα με την στατιστική Kappa είναι  $\kappa=0,18$  . Συμπερασματικά οι ψευδενδείξεις ευαισθησίας που ανιχνεύονται από την μαγνητική τομογραφία δεν είναι συχνή και συνήθως αντιστοιχούν σε φαινόμενα κενού και δεν σχετίζονται με ενδοαρθρικές ασβεστώσεις . Η αναγνώριση των ψευδενδείξεων ευαισθησίας είναι αρκετά σημαντική καθώς αν δεν γίνει σωστή ανάγνωση της εικόνας τότε οι ψευδενδείξεις μπορούν να προσομοιαστούν με χόνδρους .[42]

### 2.4.2 Αναφορά 2

Ο Blankenstein et al , το Νοέμβριο του 2014 δημοσίευσαν το άρθρο τους για τις ψευδενδείξεις μαγνητικής ευαισθησίας από μεταλλικές ορθοδοντικές συσκευές στη μαγνητική τομογραφία . Οι ορθοδοντικές συσκευές συχνά αφαιρούνται προληπτικά πριν από τις εξετάσεις μαγνητικής τομογραφίας όμως αρκετές φορές αφήνονται συνήθως από άγνοια . Είτε με τον έναν είτε με τον άλλον τρόπο υπάρχουν δυσμενής επιπτώσεις για τον εξεταζόμενο . Αρχικά η αφαίρεση των ορθοδοντικών συσκευών θα οδηγήσει σε εκτεταμένη οδοντιατρική θεραπεία , ενώ η παραμονή τους κατά την διάρκεια την εξέτασης της μαγνητικής τομογραφίας θα προκαλέσει σημαντικές

ψευδενδείξεις που θα επηρεάσουν σημαντικά την διαγνωστική αξία και ως αποτέλεσμα και την κλινικά ανάγνωση . Η έρευνα έχει ως στόχο την μελέτη των ψευδενδείξεων που δημιουργούνται από τις ορθοδοντικές συσκευές αλλά και την μελέτη και ανάπτυξη υλικών πιο συμβατών για την μαγνητική τομογραφία . Η έρευνα υποστηρίχθηκε από ορθοδοντικούς και από ακτινολόγους . Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν ορθοδοντικά δείγματα από διαφορετικά είδη χάλυβα , από κράματα τιτανίου και από CoCr . Τα δείγματα αυτά τοποθετήθηκαν σε θαλάμους με νερό για την διενέργεια μαγνητικής τομογραφίας . Τα δείγματα υποβλήθηκαν σε ακολουθίες απεικονίσεις μαγνητικού συντονισμού , ηχούς βαθμίδας (gradient echo) 3T και ηχούς σπίν (spin echo) 1,5T . Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως οι ψευδενδείξεις ευαισθησίας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες του υλικού , δηλαδή το μέγεθος του δείγματος , την κρυσταλλική του δομή , που χρησιμοποιείται . Επίσης σημαντικό ρόλο έχουν και οι προδιαγραφές του συστήματος απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού , όπως η ισχύς του πεδίου και ο τύπος της ακολουθίας που χρησιμοποιείτε . Τα αποτελέσματα επίσης διέφεραν ανάλογα με τον τύπο και την ποιότητα του χάλυβα . Οι ψευδενδείξεις που αναπτύχθηκαν στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού είχαν εύρος από 14 mm (ηχώ σπίν 1,5T) έως 51mm (ηχώ βαθμίδας 3T) . Για το κράμα τιτανίου και για το CoCr δεν παρουσιάστηκαν ψευδενδείξεις ευαισθησίας . Επιπλέον και κάποιοι από τους τύπους χάλυβα που χρησιμοποιήθηκαν δεν παρουσίασαν και αυτοί ψευδενδείξεις . [43]

### 2.4.3 Αναφορά 3

Ο Reiss et al , το Νοέμβριο του 2020 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού φλεβικών στέντ σε 1,5 T και τις ψευδενδείξεις ευαισθησίας που παρουσιάζονται κατά την εξέταση . Η έρευνα επιπλέον εξετάζει την θωράκιση των ραδιοσυχνοτήτων (RF) . Τα φλεβικά στέντ διαχωρίζονται ανάλογα με την κατασκευή τους σε δύο είδη τα υφασμένα και τα κομμένα με λέιζερ . Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δώδεκα φλεβικά στέντ και ένα στέντ για φλεβικές παθολογίες . Όλα τα φλεβικά στέντ είχαν μήκος από 60 mm έως 150 mm . Έτσι χρησιμοποιήθηκαν , Blueflow (Plus medica , Düsseldorf , Germany) , Sinus Obliquus , Venous , XL (Optimed , Ettlingen , Germany) , Vici (Veniti , St. Louis, United States) , Silver Vena (Cook , Bjaeverskov, Denmark) και Venovo (Band , Tempe , United States) . Δυο τύποι στέντ με διαφορετικά μήκη ήταν διαθέσιμα για την έρευνα εκτός από το Venovo. Για κάθε στέντ έγινε αντιστοίχιση της έντασης πεδίου B1 και της συχνότητας με την μέθοδο της διπλής γωνίας και ακολουθίας απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού πολλαπλής ηχούς βαθμίδας . Κάθε στέντ επίσης μετρήθηκε για τρεις διαφορετικούς προσανατολισμούς , παράλληλα , διαγώνια και σε 45 μοίρες προς το κύριο μαγνητικό πεδίο B<sub>0</sub> . Η θωράκιση ραδιοσυχνοτήτων βρέθηκε ότι ποικίλει έντονα ανάλογα με το στέντ που χρησιμοποιείται κάθε φορά . Το στέντ Vici για μήκος 120 mm έδειξε το χαμηλότερο μέσο πλάτος έντασης πεδίου B1 όταν είχε προσανατολισμό παράλληλο με το κύριο μαγνητικό πεδίο B<sub>0</sub> . Το υψηλότερο μέσο πλάτος έντασης πεδίου B1 μετρήθηκε μέσα στο στέντ Blueflow με μήκος 100 mm με διαγώνιο προσανατολισμό με το κύριο μαγνητικό B<sub>0</sub> . Η θωράκιση όλων των στέντ ήταν ισχυρότερη όταν τα στέντ ήταν προσανατολισμένα διαγώνια με το κύριο μαγνητικό πεδίο B<sub>0</sub> . Τα υφασμένα στέντ έδειξαν έντονες ανομοιογένειες στο σχέδιο θωράκισης ραδιοσυχνοτήτων . Ενώ τα στέντ με κοπή λέιζερ παρουσίασαν ομοιογένεια στη θωράκιση ραδιοσυχνοτήτων . Συμπερασματικά

η έρευνα έδειξε ότι η απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού που πραγματοποιείται κοντά σε εμπορικά φλεβικά στέντ δεν παρουσιάζει ψευδενδείξεις ευαισθησίας . Όμως η ένταση του μαγνητικού πεδίου B1 και λήψης είναι μειωμένη μέσα στα στέντ . Τέλος η ισχύς και η ομοιογένεια του πεδίου B1 εξαρτάται από την κατασκευή του στέντ . [44]

#### **2.4.4 Αναφορά 4**

Ο Vargas et al , το 2008 δημοσίευσαν το άρθρο τους για τις ψευδενδείξεις ευαισθησίας στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού στον εγκέφαλο και στην σπονδυλική στήλη . Η έρευνα παρουσιάζει τις πιο συχνές ψευδενδείξεις για την κλινική νευροακτινολογία 3T που μπορούν να προσομοιαστούν με παθολογικά αίτια και να οδηγήσουν σε λανθασμένη ιατρική διάγνωση . Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με ένα σύστημα απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού 3T Magnetom Trio (Siemens) για 2 χρόνια . Το 50% του χρόνου αφιερώθηκε στην κλινική εργασία και το υπόλοιπο στην έρευνα . Χρησιμοποιήθηκαν 2705 ασθενής οι οποίοι μελετήθηκαν τόσο νευροακτινολογικά όσο και σε όλο το σώμα τους . Οι επιστήμονες παρατήρησαν ψευδενδείξεις μαγνητικής ευαισθησίας σε ποσοστό 29 % , ψευδενδείξεις παλμών σε ποσοστό 57% , ψευδενδείξεις ομοιογένειας στο 3% , ψευδενδείξεις περικοπής στο 3% και τέλος ψευδενδείξεις κίνησης σε ποσοστό 6% . Συμπερασματικά οι επιστήμονες επισήμαναν ότι η έγκαιρη εύρεση και καταγραφή των ψευδενδείξεων στις εικόνες μαγνητικής θα έχει πολύ σημαντική διαγνωστική αξία . Αν οι ψευδενδείξεις δεν αναγνωριστούν άμεσα τότε υπάρχει η πιθανότητα να προσομοιαστούν με παθολογικά προβλήματα και να οδηγήσουν σε λανθασμένη ιατρική διάγνωση . [45]

### **2.5 Κλινικές Αναφορές των Ψευδενδείξεων Αναδίπλωσης**

#### **2.5.1 Αναφορά 1**

Ο Tian et al , το Μάρτιο του 2016 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την μείωση των ψευδενδείξεων Αναδίπλωσης σε σπειροειδή μαγνητική τομογραφία σε πραγματικό χρόνο . Η ψευδένδειξη προκαλείται συνήθως από ψευδές σήμα εντός του επιθυμητού οπτικού πεδίου (FOV) . Επίσης η ψευδένδειξη συναντάται συχνά σε μαγνητική τομογραφία μέσο βελτιωτικής ομιλίας σε πραγματικό χρόνο . Για την έρευνα πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις ώστε να γίνει δυνατός ο πιθανός προσδιορισμός της προσέλευσης της ψευδένδειξης . Οι επιστήμονες πρότειναν δύο μεθόδους για την μείωση των προβλημάτων που προκαλεί η ψευδένδειξη . Η πρώτη προσέγγιση , χαρακτηρίστηκε ως « μεγάλο FOV » (LF) και αυτό διότι παρέχει ένα αρκετά μεγάλο FOV έτσι ώστε να περιλαμβάνεται σε αυτό η πηγή του σήματος της ψευδένδειξης κατά την διαδικασία της ανακατασκευής . Η δεύτερη προσέγγιση χαρακτηρίστηκε από τους επιστήμονες ως μέθοδο « εκτίμησης – αφαίρεσης » (ES) , στη μέθοδο αυτή γίνεται μια εκτίμηση για τον προσδιορισμό της πηγής σήματος της ψευδένδειξης

και συνέχεια η αφαίρεση του συνθετικού αυτού σήματος σε ακατέργαστα δεδομένα του κ – χώρου πολλαπλών πηνίων . Για την πραγματοποίηση της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν είκοσι πέντε (25) σύνολα δεδομένων μαγνητικής τομογραφίας παραγωγής μέσο βελτιωτικής ομιλίας που βοήθησαν στην αξιολόγηση των δύο προτεινόμενων μεθόδων . Με την βοήθεια της κλίμακας Likert 5 αξιολογήθηκε η σοβαρότητα των ψευδενδείξεων αναδίπλωσης στις εικόνες μαγνητικής τομογραφίας με και χωρίς τις διορθωτικές μεθόδους . Ακόμη έγινε σύγκριση και του χρόνου ανακατασκευής . Η έρευνα είχε ως αποτέλεσμα τον προσδιορισμό της προσέλευσης της ψευδένδειξης , που βρέθηκε να είναι ένας συνδυασμός μη γραμμικής κλίσης και ατελούς αντί – αλλοίωσης στη σπειροειδή δειγματοληψίας . Και οι δύο προτεινόμενες μέθοδοι μπόρεσαν να μειώσουν σημαντικά την επίδραση και τα προβλήματα που προκαλεί η ψευδένδειξη αναδίπλωσης . Η μέση βελτίωση σύμφωνα με την κλίμακα Likert 5 που προσφέρει στη διαγνωστική εικόνα η πρώτη μέθοδος με το « μεγάλο FOV » (LF) είναι 1,25 και αντίστοιχα για την δεύτερη μέθοδο « εκτίμησης – αφαίρεσης » (ES) είναι 1,35 . Ο μέσος χρόνος ανακατασκευής χωρίς την εφαρμογή καμίας μεθόδου διόρθωσης είναι  $160,69 \pm 1,56$  ms/frame (πλαίσιο) , με την εφαρμογή της πρώτης μεθόδου διόρθωσης (LF) είναι  $526,43 \pm 5,17$  ms/frame (πλαίσιο) και με την δεύτερη μεθόδου διόρθωσης (ES) είναι  $171,47 \pm 1,71$  ms/frame (πλαίσιο) . Συμπερασματικά και οι δύο μέθοδοι διόρθωσης που εφαρμόστηκαν στη διάρκεια της έρευνας απόδωσαν αποτελεσματικά και μείωσαν τα προβλήματα που προκαλεί η εμφάνιση των ψευδενδείξεων αναδίπλωσης . Όμως η μέθοδος της « εκτίμησης – αφαίρεσης » (ES) ήταν εκείνη που σύμφωνα με την έρευνα είναι πιο αποτελεσματική έναντι των ψευδενδείξεων και επιπλέον πιο χρονικά αποδοτική . [46]

## 2.5.2 Αναφορά 2

Ο Liu et al , το Μάιο του 2020 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την εξάλειψη της ψευδένδειξης Αναδίπλωσης που προσομοιάζεται λανθασμένα σε βλάβη του εγκεφάλου . Η ακολουθία απεικόνισης του μαγνητικού συντονισμού που χρησιμοποιήθηκε ήταν επίπεδης ηχούς (Echo planar imaging - EPI) με βαρύτητα διάχυσης (DW) μιας λήψης που αποκτάται με παράλληλη απεικόνιση και ένα επίπεδο σάρωσης πολλαπλών λοξών τομών . Ο σκοπός της έρευνας ήταν να πραγματοποιηθεί ένας συνδυασμός της ακολουθίας λήψης DW-EPI και μιας αναπτυσσόμενης μεθόδου ανακατασκευής αυτοαναφοράς για την εξάλειψη των ψευδενδείξεων αναδίπλωσης . Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 53 εξεταζόμενοι . Τα τρία άτομα ήταν απόλυτα υγιείς οι υπόλοιποι εξεταζόμενοι ήταν ασθενείς με εγκεφαλικό . Οι αλληλουχίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν συμβατικό DW-EPI με λήψη εικονικού πηνίου με ισχύ πεδίου 1,5 T . Τα δεδομένα που περιείχαν ψευδενδείξεις αναδίπλωσης βαθμολογήθηκαν σύμφωνα με την κλίμακα αξιολόγησης Likert 5 και από 3 διαφορετικούς παρατηρητές . Ενώ τα δεδομένα χωρίς ψευδενδείξεις συμπεριλήφθηκαν για την αξιολόγηση του λόγου σήματος προς θόρυβο (SNR) , του λόγου ψευδένδειξης προς σήμα (GSR) και του φαινομενικού συντελεστή διάχυσης (ADC) . Η συμφωνία μεταξύ των παρατηρητών για την ύπαρξη ψευδενδείξεων αναδίπλωσης μετρήθηκε με το συντελεστή συσχέτισης (ICC) . Το αποτέλεσμα της έρευνας έδειξε πως υπήρχε τέλεια συμφωνία (ICC=1,00) ανάμεσα στους παρατηρητές για την ύπαρξη ψευδενδείξεων σε εικόνες που αποκτήθηκαν με την προτεινόμενη μέθοδο . Τα ποσοστά της ύπαρξης ψευδενδείξεων στο ADC που αποκτήθηκαν από το σαρωτή

ήταν 60% ενώ με την προτεινόμενη μέθοδο 0% . Επίσης η μέθοδος που πρότειναν οι επιστήμονες προσφέρει σημαντικά χαμηλότερο GSR από τη συμβατική ανακατασκευή παράλληλης απεικόνισης . Για τις τιμές του SNR και του ADC δεν υπήρχαν ιδιαίτερες και αξιοσημείωτες διαφορές ανάμεσα στις 2 μεθόδους . Συμπερασματικά η υπό μελέτη μέθοδος μπόρεσε να λύσει αποτελεσματικά τα προβλήματα που δημιουργούνται από τις ψευδενδείξεις αναδίπλωσης στις διαγνωστική εικόνα . [47]

### 2.5.3 Αναφορά 3

Ο Yang et al , τον Απρίλιο του 2015 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την μείωση και εξάλειψη των ψευδενδείξεων αναδίπλωσης στη μαγνητική τομογραφία συμπιεσμένης ανίχνευσης για τυχαία υποδειγματοληψία κωδικοποίησης φάσης . Η τυχαία υποδειγματοληψία κωδικοποίησης φάσης των καρτεσιανών τροχιών στο κ – χώρο εφαρμόζεται ευρέως στη μαγνητική τομογραφία συμπιεσμένης ανίχνευσης (CS) . Όμως η μονοδιάστατη τυχαιότητα δημιουργεί ψευδενδείξεις κατά μήκος της κατεύθυνσης της δειγματοληψίας κατά την διαδικασία της ανακατασκευής . Η ύπαρξη των ψευδενδείξεων αυτών έχουν ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας της διαγνωστικής εικόνας . Έτσι η παρούσα μελέτη έχει ως στόχο την δημιουργία ενός νέου μοντέλου ανακατασκευής , που θα έχει ως σκοπό την μείωση των προβλημάτων των ψευδενδείξεων αναδίπλωσης που προκαλούνται από την μονοδιάστατη υποδειγματοληψία . Η προτεινόμενη μέθοδος ανακατασκευής χωρίζεται σε δύο βήματα . Αρχικά στο πρώτο βήμα , μεταφέρεται η αρχική δισδιάστατη ανακατασκευή εικόνας σε μια παράλληλη διαδικασία ανακατασκευής μονοδιάστατου σήματος . Στο δεύτερο βήμα , χρησιμοποιώντας τα νέα δεδομένα που δημιουργήθηκαν από τις μονοδιάστατες ανακατασκευές , υλοποιείται μια επακόλουθη δισδιάστατη ανακατασκευή συμπιεσμένης ανίχνευσης αυτή τη φορά . Η διαδικασία αυτή γίνεται για να εκμεταλλευτεί τις εγγενείς συσχετίσεις μεταξύ των γειτονικών γραμμών του μονοδιάστατου ανακατασκευασμένου σήματος . Η προτεινόμενη μέθοδος συμπιεσμένης ανίχνευσης συγκρίθηκε με την συμβατική μέθοδο συμπιεσμένης ανίχνευσης . Η σύγκριση έγινε σε διάφορες εικόνες μαγνητικής τομογραφίας που περιλαμβάνει τον εγκέφαλο , το καρδιακό σύστημα και το πόδι . Το αποτέλεσμα της σύγκρισης των δύο μεθόδων , έδειξε πως η προτεινόμενη νέα μέθοδος επιτυγχάνει πιο ακριβή αποτελέσματα ανακατασκευής με κέρδος 2-5 Db και έχει υψηλότερο δείκτη δομικής ομοιότητας . Η μεγάλη σημασία της επιτυχίας της νέας μεθόδου είναι η βελτιωμένη ποιότητα των ανακατασκευασμένων εικόνων και η καταστολή των ψευδενδείξεων αναδίπλωσης που εισάγονται από την τυχαία υποδειγματοληψία κωδικοποίησης φάσης . [48]

### 2.5.4 Αναφορά 4

Ο Mohammed και ο Abubakar , το Δεκέμβριο του 2020 δημοσίευσαν την έρευνα τους για την αξιολόγηση των ψευδενδείξεων της μαγνητικής τομογραφίας σε επιλεγμένα κέντρα στη μητρόπολη Κάνο της Νιγηρίας . Οι ψευδενδείξεις στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού (MRI) μπορεί

να εμφανιστούν λόγω προβλημάτων και αστοχιών που μπορεί να σχετίζονται με το υλικό ή το λογισμικό ή τον ανθρώπινο παράγοντα . Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρία κέντρα στην μητρόπολη Κάνο από το Μάρτιο του 2019 έως τον Αύγουστο του 2019 . Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι βρέθηκαν 70 συνολικές ψευδενδείξεις . Οι 35 ψευδενδείξεις (50%) βρέθηκαν στο κέντρο Α , ενώ το 28 ψευδενδείξεις (40%) στο κέντρο Β και 7 ψευδενδείξεις (10%) στο κέντρο Γ . Οι ψευδενδείξεις κίνησης ήταν εκείνες με την πιο συχνή εμφάνιση με ποσοστό 37,1% (26 φορές) . Στη συνέχεια οι ψευδενδείξεις αναδίπλωσης ήταν εκείνες με την αμέσως δεύτερη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης με ποσοστό 21,4% (15 φορές) . Η μαγνητική τομογραφία σπονδυλικής στήλης εμφάνισε τον μεγαλύτερο αριθμό ψευδενδείξεων με ποσοστό 40% (28 φορές) , ο εγκέφαλος το 28,6% (20 φορές) και η οσφυϊκή μοίρα με ποσοστό 27,1 % . Συμπερασματικά η έρευνα έδειξε πως αρκετές ψευδενδείξεις παρουσιάζονται στις εικόνες τις μαγνητικής τομογραφίας , οι ψευδενδείξεις αυτές έχουν σημαντική αρνητική επίδραση στην ποιότητας της διαγνωστικής εικόνα και επιπλέον είναι πολύ πιθανό να προσομοιαστούν με παθολογικές αιτίες και να οδηγήσουν σε λανθασμένη ιατρική διάγνωση . Έτσι είναι πολύ μαντικό να γίνει ορθός και γρήγορος εντοπισμός τους άλλα και να βρεθούν τρόποι μείωσης και αντιμετώπιση ς των προβλημάτων που προκαλούν [49]

## 2.6 Κλινικές αναφορές των Ψευδενδείξεων Nyquist N/2

### 2.6.1 Αναφορά 1

Ο Delakis et al , το 2005 δημοσίευσαν το άρθρο μελέτη της απόκρισης της συχνότητας του δέκτη σήματος στην μαγνητική τομογραφία , που είναι παράγοντας σχηματισμού της ψευδένδειξης Nyquist . Η μελέτη έγινε για ακολουθία απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού επίπεδης ηχούς (Echo planar imaging – EPI ) . Η πειραματική έρευνα πραγματοποιήθηκε σε σύστημα μαγνητικού συντονισμού 1,5 T . Ένα πειραματικό δοχείο δοκιμών γεμάτο με νερό απεικονίστηκε αξονικά με ακολουθία απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού επίπεδης ηχούς (EPI) στο κέντρο του πηνίου εκπομπής – λήψης . Πραγματοποιήθηκαν δύο σετ πειραματικών δοκιμών . Στο πρώτο σετ δοκιμών , η αγωγιμότητα του νερού αυξήθηκε προοδευτικά την προσθήκη άλατος μεταξύ των αποκτήσεων της ακολουθίας . Στο δεύτερο σετ δοκιμών , η αγωγιμότητα του νερού στο δοκιμαστικό δοχείο έμεινε η ίδια όμως οι απεικονίσεις με την ακολουθία επίπεδης ηχούς αποκτήθηκαν σε πολλά διαφορετικά εύρη ζώνης . Τέλος εφαρμόστηκε με την βοήθεια ενός υπολογιστή μια προσομοίωση για να καταδειχθεί ο αντίκτυπος των αλλαγών στην απόκτηση συχνότητας του δέκτη σήματος που παράγει τις ψευδενδείξεις Nyquist . Το αποτέλεσμα της έρευνα έδειξε ότι η ψευδένδειξη Nyquist αυξάνεται με την διακύμανση της απόκρισης συχνότητας εντός του ενεργού εύρους συχνοτήτων το οποίο καθορίζεται από το εύρος ζώνης της εικόνας . Η διακύμανση της απόκρισης συχνότητας μπορεί να αυξηθεί , με αύξηση της κλίσης του παραθύρου του εύρους ζώνης όταν μειώνεται η φόρτιση του πηνίου . Ένας επιπλέον τρόπος αύξησης της απόκρισης συχνότητας είναι η αύξηση του εύρους ζώνης των συχνοτήτων όταν αυξάνεται το εύρος ζώνης της εικόνα . Συμπερασματικά η έρευνα μπορεί να βοηθήσει στη μείωση τις ψευδένδειξης Nyquist σε ακολουθίες επίπεδης ηχούς (EPI) όταν

το πηνίο δεν είναι πλήρως φορτισμένα όπως σε παιδιατρικές εξετάσεις μαγνητικής τομογραφίας ή σε πειραματικές μελέτες . [50]

## 2.6.2 Αναφορά 2

Ο Zwaag et al , το Νοέμβριο του 2003 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την μείωση της επίδρασης των ψευδενδείξεων Nyquist για ακολουθία απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού επίπεδης ηχούς (Echo planar imaging – EPI ) σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα με την εφαρμογή της μεθόδου « αρνητικής κλίσης ανάγνωσης » . Ο σκοπός της έρευνας ήταν η βελτίωση της παραδοσιακής προσέγγισης για την μείωση των ψευδενδείξεων Nyquist , μέσω συστημάτων που βασίζονται στη αντιστροφή της πολικότητας διαβάθμισης ανάγνωσης της ακολουθίας επίπεδης ηχούς (EPI) για ένα όγκο σε μια ακολουθία λήψης λειτουργικής απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού . Για την υλοποίηση της έρευνας μια ακολουθία επίπεδης ηχούς στην οποία η κλίση ανάγνωσης αντιστράφηκε εφαρμόστηκε σε δύο συστήματα εξαιρετικά υψηλού επιπέδου . Αποκτήθηκαν πειραματικές και δεδομένα μαγνητικού συντονισμού για την αξιολόγηση των ψευδενδείξεων και της παρουσίας ψευδώς θετικού σήματος με και χωρίς την διόρθωση των ψευδενδείξεων . Τέλος συγκρίθηκαν τρεις διαφορετικοί αλγόριθμοι για την διόρθωση των ψευδενδείξεων Nyquist εναλλασσόμενης ακολουθίας επίπεδης ηχούς . Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως ανεξάρτητα από τη μέθοδο αντιμετώπισης των προβλημάτων των ψευδενδείξεων Nyquist , εκείνες μειώθηκαν σημαντικά τόσο σε εικόνες εγκεφάλου αρουραίου που αποκτήθηκαν σε σαρωτή ζωνών 9,4 T όσο και σε εικόνες ανθρώπινου εγκεφάλου που αποκτήθηκαν στα 7 T . Συμπερασματικά η έρευνα έδειξε ότι σε υψηλά πεδία B<sub>0</sub> υπάρχουν σημαντικά κέρδη στη διόρθωση των ψευδενδείξεων Nyquist . [51]

## 2.6.3 Αναφορά 3

Ο Grieve et al , τον Ιανουάριο του 2002 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την εξάλειψη της ψευδένδειξης Nyquist που προκαλείται από διασταυρούμενους όρους διαβάθμισης ανάγνωσης για κωδικοποίηση φάσης στην ακολουθία απεικόνισης του μαγνητικού συντονισμού επίπεδης ηχούς (Echo planar imaging – EPI ) . Η ακολουθία επίπεδης ηχούς (EPI) υποφέρει συχνά από τις ψευδενδείξεις Nyquist που δημιουργούνται από διαφορές φάσης , μηδενικής ή πρώτης τάσης μεταξύ των περιττών και ζυγών ηχών που αποτελούν ένα σύνολο δεδομένων επίπεδης ηχούς . Συστήματα απεικόνισης μικρής οπής με θωρακισμένες κλίσεις μπορούν να υποφέρουν σημαντικά από διασταυρούμενα δινορεύματα λόγω του υψηλού βαθμού ακρίβειας κατασκευής που απαιτείται σε τέτοια συστήματα . Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε μια ψευδένδειξη Nyquist που προκλήθηκε από διασταυρούμενες συνεισφορές δινορευμάτων από τον άξονα ανάγνωσης προς τον άξονα κωδικοποίησης φάσης αναγνωρίστηκε σε ένα σύστημα μικρής οπής . Η ψευδένδειξη διορθώθηκε με τη χρήση μιας προσέγγισης μετεπεξεργασίας αλλά και με αντιστάθμιση κατά μήκος του άξονα κωδικοποίησης φάσης . Η μέθοδος διόρθωσης με την αντιστάθμιση αποδείχθηκε πιο αποτελεσματική στην μείωση των ψευδενδείξεων Nyquist από ότι η μέθοδος μετεπεξεργασίας . [52]



## 2.6.4 Αναφορά 4

Ο Yarach et al , το Φεβρουάριο του 2017 δημοσίευσαν το άρθρο τους για ένα νέο μοντέλο επαναληπτικής ανακατασκευής για ακολουθίες απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού επίπεδης ηχούς ( Echo planar imaging – EPI ) μιας λήψης στους 7 T . Ο σκοπός της έρευνας ήταν το νέο αυτό μοντέλο από την μια να εξηγεί την ανομοιομορφία του κ – χώρου και από την άλλη να διορθώνει τις ψευδενδείξεις Nyquist και την γεωμετρική παραμόρφωση κατά την διάρκεια της ανακατασκευής εικόνες και όχι πριν ή μετά . Η προτεινόμενη μέθοδος εφαρμόστηκε σε δεδομένα μαγνητικής τομογραφίας τόσο σε πειραματικές διατάξεις που προσομοιάζουν τον ανθρώπινο εγκέφαλο όσο και σε εξεταζόμενους με μαγνητική τομογραφία εγκεφάλου. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι με την προτεινόμενη μέθοδο ανακατασκευής τόσο οι ψευδενδείξεις Nyquist όσο και οι γεωμετρικές παραμορφώσεις μειώνονται στην διαγνωστική εικόνα . Επίσης η προτεινόμενη μέθοδος διόρθωσης δισδιάστατης φάσης φαίνεται να είναι ανώτερη από την συμβατική μονοδιάστατη διόρθωση . Η μείωση και των δύο ψευδενδείξεων οδηγεί σε βελτιωμένο λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR) . [53]

## 2.7 Κλινικές αναφορές των Ψευδενδείξεων Γεωμετρικής Παραμόρφωσης

### 2.7.1 Αναφορά 1

Ο Frohwein et al , τον Ιούλιο του 2015 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την διόρθωση των ψευδενδείξεων γεωμετρικής παραμόρφωσης που προκαλούνται από την μαγνητική τομογραφία σε ένα σύστημα PET-MRI . Η σύντηξη δεδομένων τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (PET) και δεδομένων απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού (MRI) μπορεί να είναι μια πρόκληση για την εξέταση ολόκληρου του σώματος μέσω ενός συστήματος PET-MRI . Ωστόσο η ποιότητα από την καταχώριση των δύο αυτών δεδομένων σε ένα μεγάλο οπτικό πεδίο (FOV) συχνά υποβαθμίζεται από τις ψευδενδείξεις της γεωμετρικής παραμόρφωσης που προέρχονται από τα δεδομένα της απεικόνισης του μαγνητικού συντονισμού (MRI) . Οι παραμορφώσεις αυτές προέρχονται κυρίως από την μη γραμμικότητα της κλίσης του μαγνητικού συντονισμού και εμφανίζονται στα άκρα του οπτικού πεδίου (FOV) . Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η εύρεση μιας μεθόδου για την μέτρηση και την διόρθωση των ψευδενδείξεων γεωμετρικής παραμόρφωσης σε σαρωτές μαγνητικού συντονισμού για μικρά ζώα με στόχο την βελτίωση της ακρίβειας των δεδομένων του συστήματος PET-MRI . Οι επιστήμονες δημιούργησαν μια πειραματική γεωμετρική παραμόρφωση με στόχο την μέτρηση των ψευδενδείξεων γεωμετρικής παραμόρφωσης σε όλους τους χωρικούς άξονες μέσω σημείων ελέγχου . Τα σημεία αυτά εντοπίζονται ημιαυτόματα σε δεδομένα PET και MRI με ακρίβεια υποπίξελ . Ο χωρικός μετασχηματισμός μεταξύ των δεδομένων PET και MRI προσδιορίζεται με τα σημεία ελέγχου μέσω τρισδιάστατων λεπτών πλακών . Ο μετασχηματισμός των τρισδιάστατων λεπτών πλακών εφαρμόζεται σε πραγματικά δεδομένα απεικόνισης μαγνητικού

συντονισμού ποντικού , τα δεδομένα αυτά αποκτήθηκαν με τη χρήση των ίδιων παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν και στα πειραματικά δεδομένα . Τέλος έγινε προσδιορισμός στην ομοιογένεια του μαγνητικού πεδίου για το πείραμα μέσω χαρτογράφησης πεδίου . Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως η χωρική μετατόπιση σύμφωνα με την ομοιογένεια του πεδίου που προκαλείται από το πείραμα προσδιορίστηκε κατά μέσω όρο στα 0,1mm . Σύμφωνα με την διόρθωση μια γεωμετρική παραμόρφωση με μέγιστο σφάλμα 4 mm θα μπορούσε να μειωθεί σε λιγότερα από 1 mm με την προτεινόμενη μέθοδο . Επιπλέον η μελέτη έδειξε πως η καταχώριση των δεδομένων PET και MRI βάση των σημείων ελέγχου παρουσίασε βελτιωμένη συνάφεια με βάση των μέθοδο διόρθωσης . Συμπερασματικά η προτεινόμενη μέθοδος αποδίδει την κατάλληλη βελτίωση της μετρούμενης ψευδένδειξης γεωμετρικής παραμόρφωσης στη μαγνητική τομογραφία και είναι σε θέση να βελτιώσει την καταχώριση PET και MRI δεδομένων . Τέλος η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη για απεικόνιση ολόκληρου του σώματος μικρών ζώων με τη χρήση διαφορετικών τυπικών αλληλουχιών απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού (MRI) .[54]

## 2.7.2 Αναφορά 2

Ο Pappas et al , το Δεκέμβριο του 2017 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την αξιολόγηση και την δοσιμετρική επίδραση των ψευδενδείξεων γεωμετρικής παραμόρφωσης που σχετίζονται με την μαγνητική τομογραφία στον προγραμματισμό στερεοτακτικής ακτινοθεραπείας . Λόγω της ανώτερης αντίθεσης των μαλακών ιστών σε σύγκριση με την αξονική τομογραφία , οι εικόνες που προέρχονται από την μαγνητική τομογραφία χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές στερεοτακτικής ακτινοθεραπείας – ακτινοχειρουργικής για την οριοθέτηση των στόχων . Όμως οι εικόνες που προέρχονται από την μαγνητική τομογραφία συνήθως «υποφέρουν» από ψευδενδείξεις γεωμετρικής παραμόρφωσης και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επιδείνωση της ακρίβειας χορήγησης της δόσης . Η παρούσα έρευνα έχει ως στόχο την αξιολόγηση των ψευδενδείξεων γεωμετρικής παραμόρφωσης στις εικόνες μαγνητικού συντονισμού που χρησιμοποιούνται στην ακτινοθεραπεία αλλά και την αξιολόγηση της επίδρασης στην επακόλουθη επίδραση στην χορήγηση της δόσης . Οι γεωμετρικές παραμορφώσεις από κλινικά πρωτόκολλα μαγνητικού συντονισμού (1,5T και 3T ) που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό στερεοτακτικής ακτινοθεραπείας αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας μια πειραματική διάταξη και μεθοδολογία . Εντοπίστηκαν περιοχές με αυξημένη γεωμετρική παραμόρφωση στα άκρα απεικονιζόμενου όγκου σε μια σάρωση εγκεφάλου . Η μέση απόλυτη γεωμετρική παραμόρφωση δεν ξεπέρασε τα 0,5 mm σε κανένα χωρικό άξονα , όμως η μέγιστη ανιχνευόμενη διάταξη του σημείου ελέγχου ήταν 2 mm . Στη προσπάθεια να καθοριστεί μια αποδεκτή γεωμετρική παραμόρφωση χρησιμοποιήθηκαν εξαιρετικά σύμμορφα σχέδια για την ακτινοβόληση στόχων διαφορετικών διαμέτρων από 5-50 mm . Οι στόχοι τοποθετήθηκαν εσφαλμένα κατά 0,5 mm έως 3 mm και προέκυψαν ιστογράμματα δόσης – όγκου και δείκτες ποιότητας αποδοχής σχεδίου χρησιμοποιήθηκαν κλινικά για την αξιολόγηση της γεωμετρικής παραμόρφωσης . Για στόχους με διάμετρο μικρότερη από 20 mm , μια χωρική διάταξη της τάξεως του 1 mm θα μπορούσε να επηρεαστεί σημαντικά τους δείκτες ποιότητας και αποδοχής . Για στόχους με διάμετρο μεγαλύτερη από 2cm , η αντίστοιχη χωρική διάταξη ήταν μεγαλύτερη από 1,5 mm . Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής δείχνουν ότι η αποτελεσματικότητα των εφαρμογών

στερεοτακτικής ακτινοθεραπείας θα μπορούσε να διακυβευτεί στη περίπτωση μικρών στόχων που βρίσκονται στη περιφέρεια του εγκεφάλου , για πρωτόκολλα θεραπείας , μόνο με την χρήση μαγνητικής τομογραφίας. [55]

### 2.7.3 Αναφορά 3

Ο Hasler et al , τον Αύγουστο του 2020 δημοσίευσαν το άρθρο τους για τις ψευδενδείξεις γεωμετρικής παραμόρφωσης ειδικής θέσης όγκου σε ακτινοθεραπεία με μαγνητικό συντονισμό υψηλού πεδίου και γραμμικό επιταχυντή . Η μαγνητική τομογραφία (MRI) διαθέτει εξαιρετική αντίθεση μαλακών ιστών και μπορεί να αποτελέσει βάση για την κατευθυνόμενη ακτινοθεραπεία . Ωστόσο το βασικό μειονέκτημα των εικόνων μαγνητικής τομογραφίας είναι η ύπαρξη των ψευδενδείξεων γεωμετρικής παραμόρφωσης . Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν 37 ασθενείς . Η έρευνα μελέτησε τις γεωμετρικές παραμορφώσεις σε ασθενείς για τέσσερις διαφορετικές θέσεις όγκου : επινεφρίδια (7 ασθενείς) , ήπαρ (4 ασθενείς) , πάγκρεας (6 ασθενείς) και προστάτης (20 ασθενείς) . Όλες οι αποκτήσεις πραγματοποιήθηκαν στο 1,5T με σύστημα MR-Linac (Unity , Elekta AB , Στοκχόλμη , Σουηδία ) . Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μέγιστο επίπεδο ολικής παραμόρφωσης εντός του μεικτού όγκου ήταν 0,96 mm χωρίς σημαντική διαφορά μεταξύ κοιλιακών ασθενών (επινεφρίδια , ήπαρ , πάγκρεας) και των πυελικών ασθενών (προστάτης) . Η έρευνα έδειξαν ότι η ολική παραμόρφωση συγκεκριμένης θέσης όγκου εξαρτάται από το οπτικό πεδίο (FOV) και αυξανόταν από το ισόκεντρο της μαγνητικής τομογραφίας . [56]

### 2.7.4 Αναφορά 4

Ο San et al , τον Ιανουάριο του 2020 δημοσίευσαν το άρθρο τους για τον χαρακτηρισμό και την διόρθωση των ψευδενδείξεων γεωμετρικής παραμόρφωσης στο Αυστραλιανό σύστημα απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού (MRI) και γραμμικού επιταχυντή (Linac) 1T με τη χρήση αντίστροφης ηλεκτρομαγνητικής μεθόδου . Το σύστημα MRI-Linac συνδυάζει ένα μαγνητικό τομογράφο και έναν γραμμικό επιταχυντή για να πραγματοποιήσει εντοπισμό και προσαρμοστική ακτινοθεραπεία για όγκους σε πραγματικό χρόνο . Το αυστραλιανό σύστημα MRI-Linac έχει διάμετρο σφαιρικού όγκου (DVS) 30cm με αποσπώμενη ομοιογένεια  $\pm 4,05$  ppm , μια μη γραμμική κλίση (GNL)  $< 5\%$  , μπορεί να διασφαλίσει μόνο εντός 15 cm από το ισόκεντρο του συστήματος . Η γραμμικότητα κλίσης (GNL) αυξάνεται από το ισόκεντρο και κλιμακώνεται κοντά και έξω από τα άκρα της διαμέτρου του σφαιρικού όγκου (DVS). Η μη γραμμικότητα της κλίσης μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ψευδενδείξεις γεωμετρικής παραμόρφωσης , που δημιουργούν ανακριβή εντοπισμό των όγκων και υποβαθμίζουν την ακτινοθεραπεία . Στη παρούσα μελέτη γίνεται προσπάθεια χαρακτηρισμού και διορθώσεις των ψευδενδείξεων γεωμετρικής παραμέτρων τόσο εντός και εκτός DVS .Με βάση πειρατικές μετρήσεις , αναπτύχθηκε μια αντίστροφη ηλεκτρομαγνητική μέθοδο για την ανασύσταση της κατανομής πυκνότητας εικονικού ρεύματος που θα μπορούσε να δημιουργήσει πεδία κλίσης . Η ληφθείσα εικονική πηγή αντίστροφου ηλεκτρομαγνητισμού είναι ικανή να χαρακτηρίσει το πεδίο μη γραμμικής κλίσης (GNL) , τόσο εντός όσο και εκτός της διαμέτρου του

σφαιρικού όγκου (DVS) . Με τη χρήση αυτών των πληροφοριών εφαρμόστηκε μια αναπτυσσόμενη μέθοδο ανακατασκευής «κωδικοποίησης μη γραμμική κλίση (GNL) » για την διόρθωση των γεωμετρικών παραμορφώσεων στο κ – χώρο . Η προτεινόμενη μέθοδος χρησιμοποιήθηκε τόσο σε πειραματικές διατάξεις όσο και σε in vivo ανθρώπινες εικόνες . Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μέγιστες μετατοπίσεις εντός όγκου απεικόνισης 30cm × 30cm ×30cm μετά τη χρήση της μεθόδου σφαιρικής αρμονικής και της προτεινόμενης μεθόδου ήταν  $6,1 \pm 0,6$  mm και  $1,8 \pm 0,6$ mm . Σε σύγκριση με τη συνηθισμένη μέθοδο η νέα μέθοδος μείωσε το ποσοστό των δεικτών , βελτιώνοντας σημαντικά την γεωμετρική ακρίβεια . Συμπερασματικά τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η προτεινόμενη μέθοδος θα μπορούσε να δείξει ουσιαστική βελτίωση στις ψευδενδείξεις γεωμετρικής παραμόρφωσης .[57]

## 2.8 Κλινικές αναφορές των Ψευδενδείξεων Μεταλλικών Αντικειμένων

### 2.8.1 Αναφορά 1

Ο Khodarahmi et al , τον Απρίλιο του 2021 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την θέρμανση των εμφυτευμάτων αρθροπλαστικής ισχίου κατά την διάρκεια απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού και τις τεχνικές μείωσης των ψευδενδείξεων μεταλλικών αντικειμένων σε ισχύ πεδίου 1,5T και 3T . Η έρευνα χρησιμοποίησε ένα υποψήφιο σχεδιασμό in vitro μελέτης , αξιολογώντας την αύξηση της χωρικής θερμοκρασίας για τέσσερις διαφορετικές κατασκευές ολικής αρθροπλαστικής ισχίου με την χρήση κάποιων τεχνικών μείωσης των ψευδενδείξεων μεταλλικών αντικειμένων . Κάποιες από αυτές τις τεχνικές μείωσης είναι η κωδικοποίηση τομής για την διόρθωση των ψευδενδείξεων μεταλλικών αντικειμένων (SEMAC) και SEMAC συμπιεσμένης ανίχνευσης . Κάθε πρωτόκολλο μαγνητικής τομογραφίας περιλάμβανε έξι αλληλουχίες παλμών , με επίπεδα απεικόνισης , παραμέτρους λήψης και κάλυψης , πανομοιότυπους με αυτά που χρησιμοποιούνται την διαδικασία των εξεταζομένων . Τα εμφυτεύματα που χρησιμοποιήθηκαν δοκιμάστηκαν σε πειραματικές διατάξεις της Αμερικανικής Εταιρίας Δομικών και Υλικών και με την βοήθεια αισθητήρων οπτικών ινών μετρήθηκε η θερμοκρασία τους . Οι επιδράσεις από την ισχύ πεδίου , την πόλωση των παλμών ραδιοσυχνότητας , του πρωτοκόλλου παλμών και η αλλαγή της βάρθρωσης του πηνίου κατά την θέρμανση αξιολογήθηκαν με την χρήση μη παραμετρικών δοκιμών υπογεγραμμένης κατάταξης Friedman και Wilcoxon . Για όλες τις κατασκευές εμφυτευμάτων η θερμοκρασία έφτασε στο ανώτερο όριο της στους  $13,1^{\circ}\text{C}$  στο 1,5 T και  $1,9^{\circ}\text{C}$  για 3T . Το SEMAC συμπιεσμένης ανίχνευσης έδωσε χαμηλότερους βαθμούς θέρμανσης έναντι των υπόλοιπων τεχνικών . [58]

## 2.8.2 Αναφορά 2

Ο Schwaiger et al , τον Οκτώβριο του 2020 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την διαγνωστική ακρίβεια της μαγνητικής τομογραφίας με μείωση των ψευδενδείξεων των μεταλλικών αντικειμένων για την ανίχνευση περιπροσθετικής λοίμωξης της άρθρωσης (PJI) και άσηπτη χαλάρωση της ολικής αρθροπλαστικής ισχίου (THA) . Ο σκοπός της έρευνας είναι η αξιολόγηση των απεικαστικών χαρακτηριστικών που λαμβάνονται από μαγνητικής τομογραφίας (MRI) με μείωσης των ψευδενδείξεων μεταλλικών αντικειμένων για την διαφοροποίηση μεταξύ της περιπροσθετικής λοίμωξης άρθρωσης (PJI) , της άσηπτης χαλάρωσης και περιπτώσεων χωρίς της δύο προηγούμενες παθολογίες μετά την ολική αρθροπλαστικής ισχίου (THA) . Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 41 ασθενείς που είχαν υποβληθεί σε ολική αρθροπλαστική ισχίου , από τους 41 ασθενείς οι 25 ήταν γυναίκες , η μέση ηλικία συνολικά ήταν τα 66,4 έτη . Οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε μαγνητική τομογραφία 1,5 T με ακολουθίες υψηλού εύρους ζώνης . Τα ευρήματα από την απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού στη διεπαφή μετάλλου και οστού , στο περιβάλλον οστό , στους μαλακούς ιστούς και στη λεμφαδενοπάθεια αξιολογήθηκαν από τρεις ακτινολόγους με τυποποιημένο τρόπο . Με βάση στο κλινικά και εγχειρητικά ευρήματα οι ασθενείς κατηγοριοποιήθηκαν σε ομάδες με περιπροσθετικής λοίμωξης άρθρωσης 15 ασθενείς , με άσηπτη χαλάρωση 15 ασθενείς και χωρίς τις δύο παθολογίες 11 ασθενείς . Τα ευρήματα από την απεικόνιση αξιολογήθηκαν σε διασταυρούμενες καρτέλες , χαρακτηριστικά δέκτη , δέντρα ταξινόμησης και παλινδρόμησης . Η έρευνα έδειξε ότι η τυποποιημένη αξιολόγηση των ευρημάτων απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού σε ασθενείς με ολική αρθροπλαστική ισχίου διευκόλυνε το διαχωρισμό της περιπροσθετικής λοίμωξης της άρθρωσης (PJI) και της άσηπτης χαλάρωσης της ολικής αρθροπλαστικής ισχίου (THA) . Οι πληροφορίες της παρούσας έρευνας μπορούν να φανούν χρήσιμες για τον προγραμματισμό της θεραπείας . [59]

## 2.8.3 Αναφορά 3

Ο Lazik et al , τον Ιούλιο του 2015 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την χρησιμότητα της μείωσης των ψευδενδείξεων των μεταλλικών αντικειμένων με τη χρήση της τεχνικής WARP . Η αξιολόγηση της χρησιμότητας της τεχνικής WARP θα αξιολογηθεί σε μαγνητική τομογραφία με ισχύ πεδίου 1,5T και 3T για απεικόνιση μεταλλικών επιφανειών ισχίου . Η αξιολόγηση θα αφορά την ποιότητα της απεικόνισης του μαγνητικού συντονισμού αλλά και την ταχύτητα απεικόνισης . Για την πραγματοποίηση της έρευνας χρειάστηκαν δεκαεννέα (19) ασθενείς με επανατοποθέτηση ισχίου . Οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε μαγνητική τομογραφία με 1,5T και 3T με ακολουθία απεικόνισης turbo spin echo – SE ( ηχώ – σπίν ) καθώς και αλληλουχίες μεγέθους ανάκτησης turbo inversion με και χωρίς κλίση θέασης και υψηλό εύρος ζώνης . Επιπλέον αποκτήθηκαν κάποιες εικόνες με την χρήση ακολουθιών 3T με μειωμένο αριθμό μέσων όρων και χρησιμοποιώντας την τεχνική παράλληλης λήψης για την επιτάχυνση της ταχύτητας απεικόνισης . Το μέγεθος της ψευδένδειξης ( διάμετρο , εμβαδόν ) , η ποιότητα εικόνας ( κλίμακα 5 σημείων ) και η οριοθέτηση των ανατομικών δομών

συγκρίθηκαν μεταξύ των τεχνικών , των αλληλουχιών και των εντάσεων πεδίου που χρησιμοποιήθηκαν . Η σύγκριση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του Wilcoxon με πρόσημο κατάταξης και το ζευγαρωμένο t-test με διόρθωση Bonferoni . Το αποτέλεσμα της έρευνας και για τις δύο εντάσεις πεδίου που χρησιμοποιήθηκαν έδειξε ότι η τεχνική WARP έδειξε σημαντική πρόοδο στην ποιότητα εικόνας , στο μέγεθος των ψευδενδείξεων και στην οριοθέτηση των ανατομικών δομών έναντι των υπόλοιπων τεχνικών μείωσης των ψευδενδείξεων μεταλλικών αντικειμένων . Στα 3T οι ψευδενδείξεις μεταλλικών αντικειμένων ήταν πολύ μεγαλύτερες σε σύγκριση με τα 1,5T χωρίς να επηρεαστεί η διαγνωστική εικόνα .Ο χρόνος σάρωσης θα μπορούσε να μειωθεί ως και 64 % χωρίς να υποβάθμιση της εικόνας . Συμπερασματικά η έρευνα έδειξε ότι η τεχνική μείωσης WARP αποδείχθηκε πολύ χρήσιμη αποδίδοντας καλύτερη ποιότητα εικόνας γύρω από τα μεταλλικά εμφυτεύματα στο ισχίο . Τέλος στα 3T η απεικόνιση θα μπορούσε να επιταχυνθεί σημαντικά χωρίς να επιδράσει αρνητικά στη διαγνωστική εικόνα . [60]

#### 2.8.4 Αναφορά 4

Ο Wen et al , το Φεβρουάριο του 2020 δημοσίευσαν το άρθρο τους για τα ενδοκρανιακό ανεύρυσμα που παρουσιάζει ισχυρή ψευδένδειξη μεταλλικού αντικειμένου . Το ενδοκρανιακό ανεύρυσμα (IA) είναι μια εξουθενωτική εγκεφαλοαγγειακή εκφύλιση . Η τρέχουσα κλινική διάγνωση βασίζεται κυρίως στη συμβατική αγγειογραφία εκτός από κάποια ιδιαίτερα ανευρύσματα . Ωστόσο δεν υπάρχει κάποια αιτία που να δημιουργεί ψευδενδείξεις στο ενδοκρανιακό ανεύρυσμα στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού . Στη παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε μια γυναίκα 45 ετών με ενδοκρανιακό ανεύρυσμα που παρουσιάζει μια ενδοκρανιακή ψευδένδειξη μετάλλου . Κατά την διάρκεια της επέμβασης ανακαλύφθηκε μια σκληρή πλάκα στο κοιλιακό τμήμα του ανευρύσματος . Η αποκοπή της κρανιοτομής και η ανακατασκευή του αγγείου ήταν επιτυχείς , όμως μετεγχειρητικά παρατηρήθηκε μικρός αγγειοσπασμός . Μετεγχειρητικά μέσω της παθολογίας και των αναλύσεων φασματομέτρου οπτικής εκπομπής ανακαλύφθηκαν αυξημένα επίπεδα σιδήρου και χαλκού στη πλάκα του ενδοκρανιακού ανευρύσματος . Μετά από την σύγκριση με άλλα ανευρύσματα πιστεύεται ότι η τοπική εναπόθεση σιδήρου συνέβαλε στην εμφάνιση της ψευδένδειξης μεταλλικού αντικειμένου . Συμπερασματικά η έρευνα έδειξε πως η εμφάνιση ψευδενδείξεων μεταλλικών αντικειμένων στην απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού μπορεί να είναι ενδεικτική της εναπόθεσης σιδήρου στο ενδοκρανιακό ανεύρυσμα . Η νευροαπεικόνιση με απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή . [61]

## 2.9 Κλινικές αναφορές των Ψευδενδείξεων Σκίασης

### 2.9.1 Αναφορά 1

Ο Backschmidt et al , το 2016 δημοσίευσαν το άρθρο τους για την πολωμένη πολυκαναλική μαγνητική τομογραφία και την μείωση της σκίασης κοντά σε μεταλλικά εμφυτεύματα . Ο σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη του πλεονεκτήματος ενός συστήματος μετάδοσης δύο καναλιών για την μείωση της ψευδενδείξεως της σκίασης κοντά σε ολικές ανακατασκευές ισχίου και άλλες επιμήκεις μεταλλικές κατασκευές που βρίσκονται παράλληλα με την οπή του μαγνήτη . Για την μελέτη δημιουργήθηκε ένα αναλυτικό μοντέλο που περιλαμβάνει έναν κύλινδρο με νερό και μια μεταλλική ράβδο που εισάγεται σε αυτό για να περιγράψει το αποτέλεσμα του πεδίου B1 κοντά σε μεταλλικές κατασκευές . Γίνεται ανάλυση της εξάρτησης της βέλτιστης πόλωσης που προκαλεί ψευδένδειξη σκίασης στη θέση του μετάλλου . Επίσης με την βοήθεια δύο εξεταζομένων προσδιορίζεται η βέλτιστη πόλωση τόσο με βάση το μοντέλο που δημιουργήθηκε από τους επιστήμονες όσο και πειραματικά . Τέλος η βέλτιστη πόλωση συγκρίνεται με την κυκλική πόλωση και διερευνάται το όφελος της . Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το κυλινδρικό μοντέλο προσεγγίζει την τροποποίηση του πεδίου B1 λόγω της μεταλλικής ράβδου και η βέλτιστη πόλωση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την θέση της ράβδου . In vivo , η σκίαση μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση της βέλτιστης πόλωσης , για ολικές ανακατασκευές ισχίου με άξονες από τιτάνιο . Συμπερασματικά η παράλληλη μετάδοση προσφέρει την δυνατότητα ουσιαστικής μείωσης της ψευδενδείξεως σκίασης κοντά σε μεταλλικές κατασκευές που βρίσκονται κοντά στη άκρη του μαγνήτη .[62]

### 2.9.2 Αναφορά 2

Ο Tsai et al , το 2000 δημοσίευσαν το άρθρο τους για τις σπειροειδείς τροχιές που βρίσκονται εκτός του κέντρου . Η ποιότητα των σπειροειδών εικόνων εξαρτάται από την ακρίβεια των θέσεων δειγματοληψίας του κ – χώρου . Βέβαια τα νεότερα συστήματα κλίσης μπορούν να παρέχουν πιο ακριβείς κυματομορφές κλίσης . Οι θέσεις δειγματοληψίας μπορούν να παραμορφωθούν σημαντικά από την εσφαλμένη καταχώριση χρονισμού μεταξύ των συστημάτων απόκτησης δεδομένων και διαβαθμίσεων . Ακόμη και μετά τον συντονισμό του χρονισμού απόκτησης δεδομένων , μικρά σφάλματα που υπολείπονται μπορούν να προκαλέσουν ψευδενδείξεις σκίασης . Τα σφάλματα χρονισμού και κατά επέκταση οι ψευδενδείξεις σκίασης μπορούν να μειωθούν και να διορθωθούν μετρώντας την πραγματική τροχιά του κ – χώρου . Όμως η μέτρηση της τροχιάς απαιτεί πρόσθετη απόκτηση δεδομένων και αυτό θα έχει επίσης ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου σάρωσης . [63]

## 2.10 Ψευδενδείξεις για τις οποίες δεν βρέθηκαν κλινικές αναφορές

Από το σύνολο των ψευδενδείξεων που αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία μονό για ένα μέρος αυτών βρέθηκαν κλινικές αναφορές . Μετά από εκτενή έρευνα και αναζήτηση στις ιστοσελίδες PubMed.gov , στο NCBI (National Center For Biotechnology Information) αλλά και γενικότερα στο διαδίκτυο δεν βρεθήκαν αξιοσημείωτες κλινικές αναφορές για κάποιες από τις ψευδενδείξεις που συναντήθηκαν στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού (MRI) .Οι ψευδενδείξεις και οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν την αναζήτηση για τον εντοπισμό κλινικών αναφορών τους είναι οι εξής : Ψευδένδειξη Zipper (Zipper artifact MRI) , Ψευδένδειξη Επικάλυψης Τομής (Slice Overlap artifact MRI) , Δηλεκτρική Ψευδένδειξη (Dielectric artifact MRI) , Ψευδένδειξη Κεντρικού Σημείου (Central Point artifact MRI) , Ψευδένδειξη Αποκοπής Δεδομένων (Data Clipping artifact MRI) , Ψευδένδειξη Σφάλματος Δεδομένων (Data Error artifact MRI) , Ψευδένδειξη Υπερχείλισης Ισχύος RF (RF Overflow artefact MRI) , Ψευδένδειξη Zebra (Zebra stripes MRI) , Ψευδένδειξη Αστρικού ουρανού (Starry sky artifact MRI) , Ψευδένδειξη Moire (Moire Fringes artifact MRI) , Ψευδένδειξη Ψαροκόκαλου (Herringbone artifact MRI) , Ψευδένδειξη Διασταυρούμενης Διέγερση (Cross excitation artifact MRI) , Ψευδένδειξη Εισόδου Τομής (Entry slice artifact MRI) . Οι λόγοι που δεν ήταν δυνατή η εύρεση κλινικών αναφορών ίσως να είναι λόγω του ότι οι ψευδενδείξεις αυτές γίνονταν αντιληπτές σε παλαιότερα χρόνια και με την εξέλιξη της τεχνολογίας και των συστημάτων απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού έχουν εξαλειφτεί ή δεν συναντούνται με την ίδια συχνότητα . Επίσης είναι πιθανό οι ψευδενδείξεις αυτές να μην επηρεάζουν την κλινική – διαγνωστική εικόνα και να αφορούν σε μεγάλο βαθμό το τεχνολογικό μέρος του συστήματος απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού και έτσι να μην έχει πραγματοποιηθεί κλινική αναφορά τους .



### 3. ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΛΙΝΙΚΩΝ ΑΝΑΦΟΡΩΝ

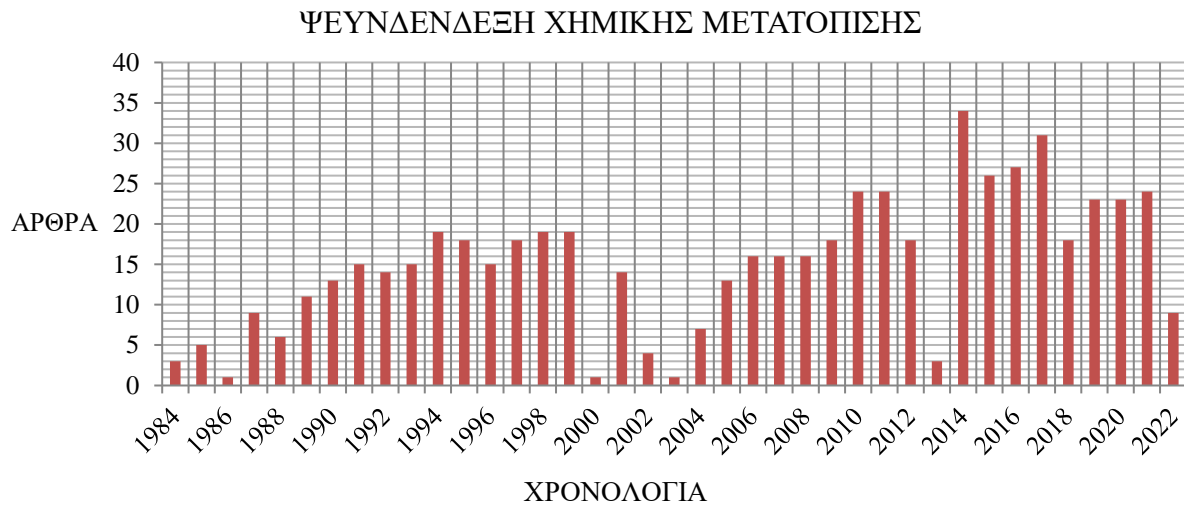
#### 3.1 ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ



**Εικόνα 16 . Γραφική παράσταση κλινικών αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Κίνησης**

Η ψευδένδειξη κίνησης θεωρείται μια από τις πιο σημαντικές ψευδενδείξεις που συναντάμε στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού (MRI) και αυτό επιβεβαιώνεται από την παρούσα γραφική παράσταση . Η αναζήτηση κλινικών αναφορών για την ψευδένδειξη της κίνησης πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις λέξεις κλειδιά motion artifact MRI . Το αποτέλεσμα της αναζήτησης ήταν η εύρεση 4000 περίπου άρθρων – κλινικών αναφορών για την ψευδένδειξη της κίνησης . Στη γραφική παράσταση παρατηρούμε ότι η ψευδένδειξη απασχολεί διαχρονικά τους επιστήμονες , από το 1986 και έπειτα παρατηρείται έντονη αύξηση των δημοσιεύσεων με αποκορύφωμα την επταετία 2014-2019 .

### 3.2 ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ



Εικόνα 17 . Γραφική παράσταση κλινικών αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Χημικής Μετατόπισης

Στη παρούσα γραφική παράσταση αποτυπώνονται οι δημοσιεύσεις – κλινικές αναφορές που αφορούν την ψευδένδειξη της χημικής μετατόπισης , η αναζήτηση τους έγινε χρησιμοποιώντας τις λέξεις κλειδιά chemical shift artifact MRI . Από την γραφική παράσταση παρατηρούμε ότι η ψευδένδειξη απασχολεί έντονα του επιστήμονες από την δεκαετία του 1980 . Από το 2005 και έπειτα παρατηρούμε ότι για την ψευδένδειξη της χημικής μετατόπισης δημοσιεύονται 15 ή και περισσότερα άρθρα κλινικών αναφορών που σχετίζονται με αυτή .

### 3.3 ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΟΛΟΒΩΣΗΣ ( GIBBS) ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ



Εικόνα 18 . Γραφική παράσταση κλινικών αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Κολόβωσης (Gibbs)

Η ψευδένδειξη κολόβωσης (Gibbs) συναντάται στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού (MRI) , η αναζήτηση των κλινικών αναφορών που αντιστοιχούν σε αυτή πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις λέξεις κλειδιά Gibbs artifact MRI . Το αποτέλεσμα της αναζήτησης ήταν περίπου 70 δημοσιεύσεις που αφορούν την ψευδένδειξη κολόβωσης . Στη γραφική παράσταση παρατηρούμε ότι η ψευδένδειξη δεν απασχολεί ιδιαίτερα τους επιστήμονες , δημοσιεύοντας 1-3 άρθρα με εξαίρεση το 2012-2017 και το 2021 που ο αριθμός των δημοσιεύσεων παρουσιάζει μια μικρή άνοδο .

### 3.4 ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ



**Εικόνα 19 . Γραφική παράσταση κλινικών αναφορών για τις Ψευδενδείξεις Μαγνητικής Ευαισθησίας**

Η αναζήτηση κλινικών αναφορών για την ψευδένδειξη της μαγνητικής ευαισθησίας πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις λέξεις κλειδιά Magnetic susceptibility MRI . Η αναζήτηση είχε ως αποτέλεσμα την εύρεση 13000 περίπου δημοσιεύσεων . Το αποτέλεσμα αυτό καθιστά την ψευδένδειξη της μαγνητικής ευαισθησίας αυτή με το πιο έντονο ενδιαφέρον από επιστημονικής πλευράς . Από την γραφική παράσταση παρατηρούμε ότι από το 2000 και έπειτα οι δημοσιεύσεις που αφορούν την ψευδένδειξη μαγνητικής ευαισθησίας αυξάνονται με γεωμετρική πρόοδο . Ενδεικτικά το 2019 είναι η χρονιά με τις περισσότερες δημοσιεύσεις , οι οποίες ξεπερνούν τις χίλιες .

### 3.5 ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ



Εικόνα 20 . Γραφική παράσταση για τις Ψευδενδείξεις Αναδίπλωσης

Η αναζήτηση κλινικών αναφορών για την ψευδένδειξη της αναδίπλωσης πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις λέξεις κλειδιά Aliasing artifact MRI . Το αποτέλεσμα της αναζήτησης ήταν η εύρεση 350 περίπου δημοσιεύσεων που αφορούν την ψευδένδειξη της αναδίπλωσης . Από την γραφική παράσταση παρατηρούμε ότι το ενδιαφέρον των επιστημόνων είναι πιο έντονο από το 2005 και έπειτα, με το 2021 να είναι το έτος με τις περισσότερες δημοσιεύσεις που ξεπερνούν τις 41 .

### 3.6 ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΙΣ NYQUIST ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ



Εικόνα 21. Γραφική παράσταση για τις Ψευδενδείξεις Nyquist

Η ψευδένδειξη Nyquist όπως φαίνεται και στην γραφική παράσταση δε απασχολεί ιδιαίτερα τους επιστήμονες . Η αναζήτηση κλινικών αναφορών για την ψευδένδειξη πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις λέξεις κλειδιά Nyquist artifact MRI . Η αναζήτηση είχε ως αποτέλεσμα την εύρεση 90 περίπου δημοσιεύσεων . Όπως παρατηρείται στη γραφική παράσταση το ενδιαφέρον των επιστημόνων για την ψευδένδειξη είναι πιο έντονο την δεκαετία 2010-2020 .

### 3.7 ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΚΑΙΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ



**Εικόνα 22.Γραφική παράσταση για τις Ψευδενδείξεις Μεταλλικών Αντικειμένων**

Η ψευδένδειξη μεταλλικών αντικειμένων θεωρείται μια πολύ σημαντική ψευδένδειξη για την ανεικονική του μαγνητικού συντονισμού και αυτό αποτυπώνεται και στη παρούσα γραφική παράσταση . Η αναζήτηση των κλινικών αναφορών που αντιστοιχούν στην ψευδένδειξη πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις λέξεις κλειδιά Metal artifact MRI . Η αναζήτηση είχε ως αποτέλεσμα την εύρεση περισσότερων από 1500 δημοσιεύσεων που αφορούν την ψευδένδειξη . Το ενδιαφέρον των επιστημόνων όπως φαίνεται και στην γραφική παράσταση είναι διαχρονική με έντονη αύξηση από το έτος 2007 και έπειτα . Τις χρονολογίες 2021 αρχικά και έπειτα το 2015 φαίνεται να έχουν δημοσιευτεί τα περισσότερα άρθρα που αφορούν την ψευδένδειξη μεταλλικών αντικειμένων .

### 3.8 ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ



Εικόνα 23. Γραφική παράσταση για τις Ψευδενδείξεις Σκίασης

Η ψευδένδειξη της σκίασης είναι μια από τις ψευδενδείξεις που συναντάτε στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού . Η αναζήτηση κλινικών αναφορών που αντιστοιχούν στην ψευδένδειξη αυτή πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις λέξεις κλειδιά Shading artifact MRI . Από την αναζήτηση όπως διακρίνεται και στη γραφική παράσταση το ενδιαφέρον των επιστημόνων για την ψευδένδειξη δεν είναι έντονο . Το έτος 2011 παρατηρούμε μέσω της γραφικής παράστασης πως είναι εκείνο με τα περισσότερα άρθρα προς δημοσίευση για την ψευδένδειξη σκίασης .

### 3.9 ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ



Εικόνα 24. Γραφική παράσταση για τις Ψευδενδείξεις Γεωμετρικής Παραμόρφωσης

Η ψευδένδειξη της γεωμετρικής παραμόρφωσης είναι και αυτή μια πολύ σημαντική και συχνά εμφανιζόμενη ψευδένδειξη στην απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού , το οποίο αποτυπώνεται και στην παρούσα γραφική παράσταση . Η αναζήτηση κλινικών αναφορών που αντιστοιχούν στην ψευδένδειξη πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις λέξεις κλειδιά Geometric distortions MRI . Η αναζήτηση είχε ως αποτέλεσμα την εύρεση περισσότερων από 800 δημοσιεύσεων που αφορούν την ψευδένδειξη της γεωμετρικής παραμόρφωσης . Από την γραφική παράσταση γίνεται γνωστό ότι από το έτος 1998 και έπειτα το ενδιαφέρον και η δημοσίευση άρθρων αυξάνονται διαχρονικά . Το έτος 2019 παρουσιάζεται ως εκείνο με τις περισσότερες δημοσιεύσεις κλινικών αναφορών που αντιστοιχούν στην ψευδένδειξη .

## 4. Σχολιασμός & Συμπεράσματα

Ο στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν η μελέτη και κατανόηση των Ψευδενδείξεων που συναντούνται στην απεικόνιση του Μαγνητικού Συντονισμού . Ο σκοπός κατά την προσωπική μου άποψη σε ένα μεγάλο βαθμό επετεύχθη . Αρχικά πραγματοποιήθηκε η καταγραφή ενός ικανού πλήθους ψευδενδείξεων , 22 στον αριθμό που ίσως συναντιούνται με μεγαλύτερη συνέπεια στις διαγνωστικές εικόνες που προκύπτουν από τον Μαγνητικό Τομογράφο . Η κάθε μια από αυτές τις Ψευδενδείξεις αναλύονται σε τρία μέρη . Το πρώτο μέρος μελέτης των Ψευδενδείξεων αφορά την αιτία ή τις αιτίες που συμβάλλουν στην εμφάνιση τους , το δεύτερο μέρος αφορά τον τρόπο εμφάνισης των ψευδενδείξεων στην διαγνωστική εικόνα και το τρίτο μέρος αφορά τις λύσεις για την μείωση ή και την εξάλειψη των προβλημάτων που προκαλούν οι ψευδενδείξεις . Η ανάλυση των ψευδενδείξεων έγινε με απλό και κατανοητό τρόπο χωρίς να χαθεί η επιστημονική υπόσταση . Είναι βέβαιο πως ο αριθμός των συνολικών Ψευδενδείξεων που υπάρχουν και συναντιούνται στην απεικόνιση του Μαγνητικού Συντονισμού είναι μεγαλύτερος από εκείνον που αναφέρονται στο κείμενο της παρούσας εργασίας . Ωστόσο αρκετές από τις Ψευδενδείξεις που συναντήθηκαν και δεν αναφέρονται στο παρόν κείμενο είτε είχαν λίγες επιστημονικές αναφορές που αντιστοιχούσαν σε αυτές είτε η δημοσίευση άρθρων που τις αφορούν έγινε πριν το έτος 1999 . Έτσι η μέθοδος επιλογής των Ψευδενδείξεων περιλάμβανε δύο κριτήρια την χρονολογία αλλά και τα επιστημονικά άρθρα που τις αφορούν .

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας γίνεται αναζήτηση των κλινικών αναφορών που αντιστοιχούν στις ψευδενδείξεις που αναφέρονται στο πρώτο μέρος . Η αναζήτηση των κλινικών αναφορών πραγματοποιήθηκε σε δύο από τις μεγαλύτερες βάσεις δεδομένων που αφορούν το χώρο της ιατρικής και της βιοτεχνολογίας . Οι βάσεις αυτές είναι το PubMed (PubMed.gov) και το NCBI (National Center For Biotechnology Information ) . Αρκετές από τις ψευδενδείξεις αντιστοιχούσαν σε ένα μεγάλο πλήθος κλινικών αναφορών και σε αυτό το σημείο της εργασίας υπήρξαν κριτήρια επιλογής των κλινικών αναφορών – δημοσιεύσεων . Αρχικά επιλέχθηκαν κλινικές δημοσιεύσεις με χρονολογία συγγραφής έπειτα από το έτος 2000 . Το δεύτερο κριτήριο αφορούσε την σημαντικότητα της ψευδένδειξης στη κλινική αναφορά που μελετάγαμε , επιλέχθηκαν άρθρα που είχαν ως κύριο θέμα τους την εκάστοτε Ψευδένδειξη για την οποία πραγματοποιούταν η αναζήτηση . Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να τονιστεί πως μέσω των κλινικών αναφορών έγινε γνωστή και μια άλλη πλευρά των ψευδενδείξεων. Οι ψευδενδείξεις κατά γενική ομολογία έχουν αρνητική επίδραση στην διαγνωστική εικόνα και γενικότερα στην κλινική διάγνωση , όμως μέσω των νέων κλινικών αναφορών ανακαλύπτουμε πως πολλές φορές οι ψευδενδείξεις συμβάλλουν στην κατανόηση παθολογιών , στον διαγνωστικό έλεγχο και γενικότερα στην κλινική διάγνωση .

Ένα πρόβλημα που προέκυψε στο κομμάτι των κλινικών αναφορών είναι ότι κάποιες ψευδενδείξεις δεν αντιστοιχούσαν σε κλινικές δημοσιεύσεις . Κάποιες από αυτές είτε είχαν ελάχιστες κλινικές αναφορές είτε η κλινικές δημοσιεύσεις που τις αφορούν συντάχθηκαν πριν από το έτος 1999 και τέλος δεν ήταν το κύριο θέμα μελέτης στον δημοσιεύσεων .

Τέλος η γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων των κλινικών αναφορών και των χρονολογιών δημοσίευσης τους μας βοηθά αρχικά να κατανοήσουμε τον σημαντικό ρόλο των ψευδενδείξεων και



επιπλέον μας δείχνει της περιόδους που οι εκάστοτε ψευδενδείξεις απασχολούν την επιστημονική κοινότητα .

Συμπερασματικά η Διπλωματική Εργασία συμβάλλει στη καλύτερη κατανόηση της διαγνωστική εικόνας του Μαγνητικού Συντονισμού και των ψευδενδείξεων που συχνά τις συνοδεύουν . Οι ψευδενδείξεις είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό που θα πρέπει έγκαιρα να αναγνωρισθεί και να βρεθούν λύσεις αντιμετώπισης τους . Σε διαφορετική περίπτωση μια ψευδένδειξη μπορεί να προσομοιαστεί με παθολογικά αίτια είναι πολύ πιθανή με σοβαρές επιπτώσεις στην κλινική διάγνωση και κατ επέκταση στον εξεταζόμενο . Σε προσωπικό επίπεδο η εργασία συνέβαλε στην κατανόηση της σημαντικότητας στις απεικόνισης του Μαγνητικού Συντονισμού για τον άνθρωπο κι την επιστήμη . Όσον αφορά τον επιστημονικό κλάδο η εργασία αποτελεί έναν μικρό αλλά σημαντικό οδηγό για την κατανόηση των σημαντικότερων ψευδενδείξεων που συναντάμε στην απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμό .

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

### ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΩΝ

Πίνακας 2 . Συγκεντρωτικός πίνακας Ψευδενδείξεων

ΨΕΥΔΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ARTIFACTS		ΑΙΤΙΑ/ΕΣ	ΕΜΦΑΝΙΣΗ	ΛΥΣΕΙΣ *
ΚΙΝΗΣΗΣ ΜΟΤΙΟΝ	ΚΑΡΔΙΑΚΗ	ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	ΨΕΥΔΑ ΕΙΔΩΛΑ (GHOST)	ΣΚΑΝΔΑΛΙΣΜΟΣ
	ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ	ΑΝΑΠΝΟΗ	ΨΕΥΔΑ ΕΙΔΩΛΑ (GHOST) Ή ΘΟΛΩΜΑΤΑ	ΚΡΑΤΗΜΑ ΑΝΑΠΝΟΗΣ
	ΠΑΛΜΙΚΗ ΡΟΗ	ΠΑΛΜΙΚΗ ΡΟΗ	ΨΕΥΔΑ ΑΝΙΚΕΙΜΕΝΑ ΙΣΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΑ ΑΙΜΟΦΦΟΡΑ ΑΓΓΕΙΑ	CARDIAC GATING
ΧΗΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ CHEMICAL SHIFT		ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ (ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ LARMOR)	ΛΕΥΚΕΣ Ή ΣΚΟΥΡΕΣ ΖΩΝΕΣ	ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΔΕΚΤΗ
ΚΟΛΟΒΩΣΗΣ - GIBBS		ΜΕΤΑΣΧΗ- ΜΑΤΙΣΜΟΣ FOURIER	ΣΚΟΥΡΕΣ Ή ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ	ΧΡΗΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ
ZIPPER		ΔΙΑΡΡΟΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝ ΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΑΥΞΗΜΕΝΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ	ΘΩΡΑΚΙΣΗ RF
ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ MAGNETIC SUSCEPTIBILITY		ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	ΣΚΟΤΕΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ Ή ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΧΡΗΣΗ ΛΕΠΤΩΝ ΤΟΜΩΝ
ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ALIASING		ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (FOV)	ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗ ΑΝΑΤΟΜΙΚΩΝ ΜΕΡΩΝ	ΑΥΞΗΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (FOV)
ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΤΟΜΗΣ SLICE OVERLAP		ΜΗ ΟΡΘΗ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΤΟΜΩΝ	ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ – ΜΑΥΡΕΣ ΖΩΝΕΣ	ΛΗΨΗ ΠΛΑΓΙΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΑ
ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ DIELECTRIC		ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	ΣΚΟΤΕΙΝΕΣ Ή ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΠΙΘΕΜΑΤΑ
NYQUIST N/2		ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΠΗΝΙΟΥ	ΨΕΥΔΑ ΕΙΔΩΛΑ (GHOST)	ΜΕΙΩΣΗ ΜΗΚΟΥΣ ΗΧΟΥΣ

ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ CENTRAL POINT	ΠΑΡΟΧΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (DC)	ΦΩΤΕΙΝΗ Ή ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΚΟΥΚΙΔΑ	ΧΡΗΣΗΣ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ RF
ΑΠΟΚΟΠΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ DATA CLIPPING	ΜΗ ΟΡΘΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ ΤΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ	ΕΙΚΟΝΕΣ ΜΕ ΓΚΡΙ ΦΟΝΤΟ	ΕΠΑΝΑΒΑΘΜΟΝΟ ΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ
ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ DATA ERROR	ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΣΕ ΣΧΗΜΑ ΣΤΑΥΡΟΥ	ΕΠΑΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙ Α ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΣΚΙΑΣΗΣ SHADING	ΣΥΖΕΥΞΗ ΠΗΝΙΟΥ	ΣΚΟΤΕΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΟΡΘΗ ΦΟΡΤΩΣΗ ΠΗΝΙΟΥ
ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ RF RF OVERFLOW	ΜΕΓΑΛΗ ΕΝΤΑΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ	ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΕΝΙΣΧΗΤΗ RF
ZEBRA	ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΗΣ	ΦΩΤΕΙΝΕΣ Ή ΣΚΟΤΕΙΝΕΣ ΛΩΡΙΔΕΣ	ΑΥΞΗΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (FOV)
ΑΣΤΡΙΚΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ STARY SKY	ΠΗΝΙΑ	ΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ GEOMETRIC	ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ Α ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	ΦΥΣΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΠΕΔΙΟΥ
ΠΕΡΙΘΩΡΙΟΥ Moire	ΣΗΜΑΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΦΑΣΕΩΝ	ΖΩΝΕΣ ΦΩΤΟΣ Ή ΣΚΟΥΡΟΥ	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ
ΨΑΡΟΚΟΚΑΛΟΥ HERRINGBONE	«ΚΑΚΟ» PIXEL	ΜΟΤΙΒΟ ΑΠΟ ΛΩΡΙΔΕΣ	ΕΠΑΝΑΨΗΛΗ ΣΑΡΩΤΗ
ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ CROSS EXCITATION	ΠΡΟΔΙΕΓΕΡΣΗ ΠΑΛΜΟΥ RF	ΑΜΑΥΡΩΣΗ	ΧΡΗΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΟΜΗΣ ENTRY SLICE	ΑΚΟΡΕΣΤΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΕΣ ΤΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ	ΦΩΤΕΙΝΟ ΣΗΜΑ	ΧΡΗΣΗ ΖΩΝΩΝ ΧΩΡΙΚΟΥ ΚΟΡΕΣΜΟΥ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ METAL	ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ	ΑΜΑΥΡΩΣΗ	ΧΡΗΣΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ STIR

\*Οι λύσεις για των περιορισμό ή την εξάλειψη των ψευδενδείξεων συνήθων είναι παραπάνω από μια , για τον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε μια ενδεικτική λύση

## Πηγές – Αναφορές

- [1] P.B. Grover , Joshua M. Tognarelli , Mary M.E. Crossey , I. Jane Cox y , Simon D. Taylor-Robinson , Mark J.W. McPhail. (2015): “Magnetic Resonance Imaging: Principles and Techniques: Lessons for Clinicians ”, J CLIN EXP HEPATOL 2015 , 5 , pp 246–255
- [2] Καρατόπης Α. , Κανδαράκης Ι.,(2007), “Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού”, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Αράκυνθος, **ISBN 978-960-91034-9-7**
- [3] Wikipedia, MRI artifact. [Online] Available at « [https://en.wikipedia.org/wiki/MRI\\_artifact](https://en.wikipedia.org/wiki/MRI_artifact)» [Accessed 10 October 2021]
- [4] Travis B Smith, Krishna S Nayak , (2010) , “MRI artifacts and correction strategies”, Imaging Med 2(4) , pp 445–457
- [5] Tomas Budrys, Vincentas Veikutis, Saulius Lukosevicius, Rymante Gleizniene, Egle Monastyreckiene, Ilona Kulakiene, (2018) , “Artifacts in magnetic resonance imaging: how it can really affect diagnostic image quality and confuse clinical diagnosis”, VEINTERNATIONAL LTD.JOURNAL OF VIBROENGINEERING , 20, 2 , pp 1202-1213
- [6] Robert C Smith , Robert C Lange , Shirley M McCarthy , (1991) , “ Chemical Shift Artifact: Dependence on Shape and Orientation of the Lipid-Water Interface” , Radiology , pp 225-229
- [7] Kalevi P Soila , Manuel Viamonte , Piotr M Starewicz , (1984) , “Chemical Shift Misregistration Effect in Magnetic Resonance Imaging , Radiology , 153, pp 819-820
- [8] Maureen N. Hood, BSVincent B. Ho, MDJames G. Smirniotopoulos, MDJerzy Szumowski, PhD , (1999) , Chemical Shift: TheArtifact and ClinicalTool Revisited , RadioGraphics , 19, pp 357–371
- [9] Leo F Czervioke , Jeanne M Czervionke , David L Daniels , Victor M Haughton , (1988) , Characteristic Features of MR Truncation Artifact , AJNR , 151 , pp 1219-1228
- [10] Sabine Heiland , (2008), From A as in Aliasing to Z as in Zipper: Artifacts in MRI , Clin Neuroradiol , 18, pp 25–36
- [11] Martin J. Graves, Donald G. Mitchell,(2013), Body MRI Artifacts in Clinical Practice: APhysicist’s and Radiologist’s Perspective, JOURNAL OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING, 38 , pp 269–287
- [12] Haiying Liu, PhD Alastair J. Martin, PhD Charles L. Truwit, MD , (1998) , ”Interventional MRI at HighField (1.5 T): Needle Artifacts”, JMRI , 8, pp 216-219
- [13] John D. Port , Martin G. Pomper , (2000) , Quantification and Minimization of Magnetic SusceptibilityArtifacts on GRE Images , Journal of Computer Assisted Tomography ,24, 6 , pp 958–964

- [14] ELIZABETH PUSEY , CLHUN YOON , MICHAELL L , ANSEMO and ROBERT B LUFKIN , (1998) , ALIASING ARTIFACTS IN MR IMAGING , Computerized Medical Imaging and Graphics , 12 ,4 , pp 219-224
- [15] Andrew Simmons, Paul S. Tofts, Gareth J. Barker, Simon R. Arridge , (1994), Sources of Intensity Nonuniformity in Spin Echo Images at 1.5 T , MRM , 32, pp 121-128
- [16] C Gabriel, S Gabriel and E Corthout , (1996), The dielectric properties of biological tissues: I. Literaturesurvey ,Phys. Med. Biol, 41 , pp 2231–2249
- [17] Qing X. Yang, Weihua Mao, Jinghua Wang, Michael B. Smith, Hao Lei, Xiaoliang Zhang, Kamil Ugurbil and Wei Chen , (2006), Manipulation of Image Intensity Distribution at 7.0T: Passive RF Shimming and Focusing With Dielectric Materials , JOURNAL OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING , 24, pp 197–202
- [18] A.G. WEBB, (2011) , Dielectric Materials in Magnetic Resonance , Concepts in Magnetic Resonance ,38, A(4) , pp 148–184
- [19] Michael H. Buonocore, Lisheng Gao , (1997), Ghost Artifact Reduction for Echo Planar Imaging Using Image Phase Correction , MRM , 38 ,pp 89-100
- [20] QINGX. YANG, STEFAN POSSE, DENISLEBIHAN, MICHAEL B. SMITH , (1996), Double-Sampled Echo-Planar Imaging at 3 Tesla , JOURNAL OF MAGNETIC RESONANCE, B ,113, pp 145 – 150
- [21] Jiachen Zhuo, Rao P. Gullapalli, (2006), MR Artifacts, Safety, and Quality Control , Radio Graphics , 26, pp 275–297
- [22] Chavhan GB, (2013) MRI Made Easy , Jaypee Brothers Medical Publishers , ISBN:9350902702.
- [23] Jennifer A. Harvey, R. Edward Hendrick, Jennifer M. Coll, Brandi T. Nicholson, Brian T. Burkholder, Michael A. Cohen ,(2007) , Breast MR Imaging Artifacts: How to Recognize and Fix Them , RadioGraphics , 27 S , pp 131–S145
- [24] Audrey G. Sinclair, Daniel J. Scoffings , (2010) , Imaging of the Postoperative Cranium , RadioGraphics , 30 , pp 461–482
- [25] James F. Glockner, Houchun H. Hu, David W. Stanley, Lisa Angelos, Kevin King , (2005) , Parallel MR Imaging: A User's Guide 1 , RadioGraphics , 25 , 5 , pp 1279-1297
- [26] OncologyMedicalPhysics, MRI Artifacts [Online] Available at <<https://oncologymedicalphysics.com/mri-artifacts/>> [Accessed 2 October 2021]
- [27] Penelope J. Allisy-Roberts, Jerry Williams , (2007) , Farr's Physics for Medical Imaging , ISBN:0702028444.
- [28] Brian Hargreaves, Pauline W. Worters, Kim Butts Pauly, John M. Pauly, Kevin M. Koch, Garry E. Gold , (2011), Metal Induced Artifacts in MRI , AJR Am J Roentgenol , 197 , 3 , pp 547–555

- [29] Soudabeh Kargar , Eric A. Borisch, Adam T. Froemming , Roger C. Grimm , Akira Kawashima , Bernard F. King, Eric G. Stinson , Stephen J. Riederer , (2020), Modified acquisition strategy for reduced motion artifact in super resolution T2 FSE multislice MRI: Application to prostate , *Magn Reson Med.* , 84 , pp2537–2550.
- [30] Joris Nofiele, Qing Yuan, Mohammad Kazem, Ken Tatebe, Quinn Torres, Amit Sawant, Ivan Pedrosa, and Rajiv Chopr , (2016), An MRI-Compatible Platform for One-Dimensional Motion Management Studies in MRI , *Magn Reson Med.* , 76 , 2 , pp 702–712
- [31] Hikari Tsukamoto and Isao Muro , (2020) , Development of Motion Artifact Generator for Deep Learning in Brain MRI , *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* , 5 , 77 , pp 1-8
- [32] Joy Liau, Jimmy Lee, Michael E. Schroeder, Claude B. Sirlin, Mark Bydder , (2013), Cardiac Motion in Diffusion Weighted MRI of the Liver: Artifact and a Method of Correction , *J Magn Reson Imaging* , 35, 2 , pp 318–327
- [33] K. Sommer , A. Saalbach, T. Brosch, C. Hall, N.M. Cross, and J.B. Andre Correction of Motion Artifacts Using a Multiscale Fully Convolutional Neural Network , (2020), *AJNR Am J Neuroradiol* , 41 , pp 416–23
- [34] Kumar Ishan, Verma Ashish , Jain Shivi, Jain Madhu , Shukla R. C. Srivastava Arvind , (2016), Chemical Shift Artifact on Steady-State MRI Sequences for Detection of Vesical Wall Invasion in Placenta Percreta , *The Journal of Obstetrics and Gynecology of India* , 66, 2 , pp 101–106
- [35] Mark Bydder, Michael Carl, Graeme M. Bydder, Jiang Dum, (2021), MRI chemical shift artifact produced by center-out radial sampling of k-space: a potential pitfall in clinical diagnosis , *Quant Imaging Med Surg* , 11 , (8), pp 3677-3683
- [36] Jabi E. Shriki , Krishna S. Surti , et al , (2011), Chemical Shift Artifact on Steady-State Free Precession Cardiac Magnetic Resonance Sequences as a Result of Lipomatous Metaplasia: A Novel Finding in Chronic Myocardial Infarctions , *Canadian Journal of Cardiology* , 27, 5, pp 664-165
- [37] Mirko Meissner, Marco Reiser, Thimo Hugger, Jurgen Hennig, Dominik von Elverfeldt, Jochen Leupold , (2015), Revealing Signal from Noisy 19F MR Images by Chemical Shift Artifact Correction , *Magnetic Resonance in Medicine* , 73 , pp 2225–2233
- [38] Nazanin Farshchiana, Saghar Tamaria, Negin Farshchiana, Hamid Madanib, Mansour Rezaie, Hamid-Reza Mohammadi-Motlagh , (2011) , Diagnostic value of chemical shift artifact in distinguishing benign lymphadenopathy , *European Journal of Radiology* , 80 , pp 594–597
- [39] Matthew J. Muckley, Benjamin Ades-Aron, Antonios Papaioannou, Gregory Lemberskiy, Eddy Solomon, Yvonne W. Lui, Daniel K. Sodickson, Els Fieremans, Dmitry S. Novikov, Florian Knoll ,

- (2021), Training a neural network for Gibbs and noise removal in diffusion MRI , Magn Reson Med., 85 ,(1),pp 413–428
- [40] Elias Kellner, Bibek Dhital, Valerij G. Kiselev, Marco Reiser , (2016) , Gibbs-Ringing Artifact Removal Based on Local Subvoxel-Shifts , Magnetic Resonance in Medicine , 76 , pp 1574–1581
- [41] WANG Zhengce, ZHAO Kaixuan, XU Zhongbiao, FENG Yanqiu , (2019), Elimination of Gibbs artifact based on local subpixel shift and interlaced local variation , J South Med Univ, 39 , (5) , pp 603-608
- [42] M. Jarraya, D. Hayashi, A. Guermazi, C.K. Kwok, M.J. Hannon, C.E. Moore, J.M. Jakicic, S.M. Green, F.W. Roemer , (2014) , Susceptibility artifacts detected on 3T MRI of the knee: frequency, change over time and associations with radiographic findings: data from the Joints on Glucosamine Study , Osteoarthritis and Cartilage , 22 , pp 1499-1503
- [43] Felix Blankenstein , Buu Tai Truong, Andreas Thomas, Nadine Thieme, Christine Zachriat , (2015) , Predictability of magnetic susceptibility artifacts from metallic orthodontic appliances in magnetic resonance imaging , J Orofac Orthop , 76 , pp 14-29
- [44] Simon Reiss, Ali Caglar Özen , Thomas Lottner ,(2020), Magnetic Resonance Imaging of Venous Stents at 1.5 T Susceptibility Artifacts and Radiofrequency Shielding , Invest Radiol , 55 , pp 741–746
- [45] M.I. Vargas, J. Delavelle, R. Kohler, C.D. Becker, K. Lovblad , (2009), Brain and spine MRI artifacts at 3Tesla , Journal of Neuroradiology , 36, pp 74—81
- [46] Ye Tian , Yongwan Lim, Ziwei Zhao , Dani Byrd , Shrikanth Narayanan , Krishna S. Nayak , (2021), Aliasing artifact reduction in spiral real-time MRI, Magn Reson Med. , 86 , pp 916–925.
- [47] Xiaoxi Liu, Edward S. Hui, Hing-Chiu Chang, (2020), Elimination of Residual Aliasing Artifact That Resembles Brain Lesion on Multi-Oblique Diffusion-Weighted Echo-Planar Imaging With Parallel Imaging using Virtual Coil Acquisition , J. MAGN. RESON. IMAGING , 51 , pp 1442–1453
- [48] Yang Yang, Feng Liu, Zhaoyang Jin, Stuart Crozier , (2015), Aliasing Artefact Suppression in Compressed Sensing MRI for Random Phase-Encode Undersampling , IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, 62, 9, pp 2015-2023
- [49] Sidi Mohammed, Muhammad Abubakar , (2020), Evaluation of MRI Artifact in some selected centers in Kano Metropolis, Nigeria , Afri Health Sci., 20, (4) , pp 1831-9
- [50] Ioannis Delakis, Krystallia Petala, Janet P. De Wilde, (2005), MRI Receiver Frequency Response As a Contributor to Nyquist Ghosting in Echo Planar Imaging , JOURNAL OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING , 22, pp 324–328
- [51] Wietske van der Zwaag, Jose P. Marques, Hongxia Lei, Nathalie Just, Tobias Kober, MSc, Rolf Gruetter, (2009), Minimization of Nyquist Ghosting for Echo-Planar Imaging at Ultra-High Fields

Based on a “NegativeReadout Gradient” Strategy , JOURNAL OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING, 30, pp 1171–1178

[52] Stuart M. Grieve, Andrew M. Blamire, Peter Style , (2002), Elimination of Nyquist Ghosting Caused by Read-Out toPhase-Encode Gradient Cross-Terms in EPI , Magnetic Resonance in Medicine , 47 , pp 337–343

[53] U. Yarach, M.H. In , I. Chatnuntaweck , B. Bilgic , F. Godenschweger<sup>1</sup>, H. Mattern , A. Sciarra , O. Speck , (2017), Model-based Iterative Reconstruction for Single-shot EPI at 7T , Magn Reson Med. , 78 , (6) , pp 2250–2264

[54] Lynn J Frohwein , Varena Hoerr , Cornelius Faber , Klaus P Schafers , (2015), Correction of MRI-induced geometric distortions in whole-body small animal PET-MRI , Med. Phys. , 42 , (7) , pp 3848 -3860

[55] Eleftherios P. Pappas, Mukhtar Alshantay , Argyris Moutsatsos, Hani Lababidi, Khalid Alsafi, Konstantinos Georgiou , Pantelis Karaiskos, PhD<sup>1</sup>, and Evangelos Georgiou , (2017) , MRI-Related Geometric Distortions in Stereotactic Radiotherapy Treatment Planning: Evaluation and Dosimetric Impact , Technology in Cancer Research & Treatment , 16, (6) , pp 1120–1129

[56] Shanshan Shan Gary P. , Liney Fangfang Tang , Mingyan Li Yaohui Wang et al , (2020) , Geometric distortion characterization and correction for the 1.0 T Australian MRI-linac system using an inverse electromagnetic method , Med. Phys. 47 , (3) , pp 1125 -1139

[57] Signe Winther Hasler, Uffe Bernchou, Anders Bertelsen, Elisabeth van Veldhuizen, Tine Schytte, Vibeke Nordmark Hansen, Carsten Brink, Faisal Mahmood , (2020) , Tumor-site specific geometric distortions in high field integrated magnetic resonance linear accelerator radiotherapy , Physics and Imaging in Radiation Oncology , 15 , pp 100–104

[58] Iman Khodarahmi , Sunder Rajan , Robert Sterling , Kevin Koch , John Kirsch , Jan Fritz , ( ) , Heating of Hip Arthroplasty Implants During Metal Artifact Reduction MRI at 1.5- and 3.0-T Field Strengths , Invest Radiol . , 56 , (4) , pp 232-243

[59] Benedikt J Schwaiger , Florian T Gassert , Christian Suren et al , (2020) , Diagnostic accuracy of MRI with metal artifact reduction for the detection of periprosthetic joint infection and aseptic loosening of total hip arthroplasty , European Journal of Radiology , 131

[60] Andrea Lazik , Stefan Landgraeber , Patrick Schulte , Oliver Kraff, Thomas C. Lauenstein , Jens M. Theysohn , (2015) , Usefulness of metal artifact reduction with WARP technique at 1.5 and 3T MRI in imaging metal-on-metal hip resurfacings , Skeletal Radiol 44 , pp 941–951

[61] Dingke Wen, Xuyang Liu, Hao Li , LuMa, Lingxiao Huang, Xinrui Yang, Nicholas W. Kieran, Chao You , Mu Yang , (2020) , Intracranial Aneurysm Presenting Robust Metal Artifact , Citation: World Neurosurg. , 138 , pp 120-124

[62] Theresa J. Bachschmidt, Michael Kohler, Jurgen Nistler, Christian Geppert, Peter M. Jakob, Mathias Nittka , (2016), Polarized Multichannel Transmit MRI to Reduce Shading near Metal Implants , Magnetic Resonance in Medicine , 75 , pp 217–226



[63] Chi-Ming Tsai,\*Lai-Chee Man, and Dwight G. Nishimura , (2000) , Off-Centered Spiral Trajectories , Magnetic Resonance in Medicine , 43 , pp 446 – 451

## ΠΗΓΕΣ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα [1] Wikipedia , MRI . [Online] Available at «[https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic\\_resonance\\_imaging#/media/File:Mri\\_scanner\\_schematic\\_labeled.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_resonance_imaging#/media/File:Mri_scanner_schematic_labeled.svg) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [2] SIEMENS , MAGNETOM Aera . [Online] Available at « <https://www.siemens-healthineers.com/magnetic-resonance-imaging/0-35-to-1-5t-mri-scanner/magnetom-aera> » [Accessed 17 January 2022 ]

Εικόνα [3] GE , Magnetic Resonance Imaging . [Online] Available at « <https://www.gehealthcare.co.uk/products/magnetic-resonance-imaging/7-0t> » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [4], Faizad Ullah et al , (2021) , Brain MR Image Enhancement for Tumor Segmentation Using 3D U-Net , MDPI , pp 1-14

Εικόνα [5] Wikipedia , MRI Artifacts . [Online] Available at « [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MRI\\_with\\_motion\\_artifacts.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MRI_with_motion_artifacts.jpg) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [6] Wikipedia , Cardiac MRI. [Online] Available at «[https://en.wikipedia.org/wiki/Cardiac\\_magnetic\\_resonance\\_imaging](https://en.wikipedia.org/wiki/Cardiac_magnetic_resonance_imaging) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [7] Wikipedia , MRI Artifacts . [Online] Available at «[https://en.wikipedia.org/wiki/MRI\\_artifact#/media/File:MRI\\_with\\_flow-related\\_signal\\_loss.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/MRI_artifact#/media/File:MRI_with_flow-related_signal_loss.jpg) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [8] Wikipedia , MRI Artifacts . [Online] Available at «[https://en.wikipedia.org/wiki/MRI\\_artifact#/media/File:MRI\\_with\\_chemical\\_shift\\_artifact.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/MRI_artifact#/media/File:MRI_with_chemical_shift_artifact.jpg) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [9] Wikipedia , MRI Artifacts . [Online] Available at «[https://en.wikipedia.org/wiki/MRI\\_artifact#/media/File:MRI\\_with\\_Gibbs\\_artifacts.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/MRI_artifact#/media/File:MRI_with_Gibbs_artifacts.jpg) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [10] Wikipedia , MRI Artifacts . [Online] Available at « [https://en.wikipedia.org/wiki/MRI\\_artifact#/media/File:MRI\\_with\\_B0\\_inhomogeneity.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/MRI_artifact#/media/File:MRI_with_B0_inhomogeneity.jpg) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [11] Wikipedia , MRI Artifacts . [Online] Available at « [https://en.wikipedia.org/wiki/MRI\\_artifact#/media/File:Head\\_MRI\\_with\\_wrap\\_around\\_artifacts.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/MRI_artifact#/media/File:Head_MRI_with_wrap_around_artifacts.jpg) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [12] Wikipedia , MRI Artifacts . [Online] Available at « [https://en.wikipedia.org/wiki/MRI\\_artifact#/media/File:MRI\\_with\\_wrap\\_around\\_artifacts.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/MRI_artifact#/media/File:MRI_with_wrap_around_artifacts.jpg) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [13] Wikipedia , MRI Artifacts . [Online] Available at « [https://en.wikipedia.org/wiki/MRI\\_artifact#/media/File:MRI\\_with\\_slice-to-slice\\_interference.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/MRI_artifact#/media/File:MRI_with_slice-to-slice_interference.jpg) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [14] Wikipedia , MRI Artifacts . [Online] Available at « [https://en.wikipedia.org/wiki/MRI\\_artifact#/media/File:MRI\\_with\\_metal\\_artifacts.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/MRI_artifact#/media/File:MRI_with_metal_artifacts.jpg) » [Accessed 17 January 2022]

Εικόνα [15] Wikipedia , MRI Artifacts . [Online] Available at « [https://en.wikipedia.org/wiki/MRI\\_artifact#/media/File:Head\\_MRI\\_with\\_metal\\_artifacts.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/MRI_artifact#/media/File:Head_MRI_with_metal_artifacts.jpg) » [Accessed 17 January 2022]