



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

**Μελέτη Ομοιωμάτων για την
Αξιολόγηση Εικόνας Απεικονιστικών
Συστημάτων Απεικόνισης Μαστού**

ΜΑΡΙΑ ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΑΡΝΑΟΥΤΟΓΛΟΥ

Αριθμός Μητρώου: 48014011

**Επιβλέπων Καθηγητής
Νεκτάριος Καλύβας, Αναπληρωτής Καθηγητής**

Αθήνα 4/3/2022

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Νεκτάριος Καλύβας

Γεώργιος Φούντος

Παναγιώτης Λιαπαρίνος

Αναπληρωτής Καθηγητής

Καθηγητής

Αναπληρωτής Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η υπογράφουσα Μαρία Διονυσία Αρναούτογλου του Σπυρίδων, με αριθμό μητρώου 48014011 φοιτήτρια του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

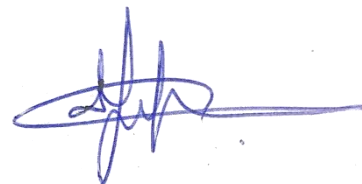
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, 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

4/3/2022

Ο/Η Δηλών/ούσα



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει θέμα την αναζήτηση και την μελέτη ομοιωμάτων για την αξιολόγηση εικόνας απεικονιστικών συστημάτων απεικόνισης μαστού. Σκοπός της εργασίας είναι, μέσα από την έρευνα και την μελέτη ομοιωμάτων μαστογραφίας που κυκλοφορούν, να γίνουν κατανοητοί οι τρόποι λειτουργίας των συστημάτων απεικόνισης μαστού και στη συνέχεια η αξιολόγηση της εικόνας των συστημάτων αυτών.

Η εργασία χωρίζεται σε τρία κεφάλαια, καθένα από τα οποία αποτελείται από υπό ενότητες. Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια γενική ανάλυση της ανατομίας του μαστού και περιγράφεται ο μαστός, οι ανωμαλίες διάπλασης του, οι παθήσεις που τυχόν μπορεί να αποκτήσει ο μαστός, η έννοια και ο τρόπος λειτουργίας της απεικονιστικής και διαγνωστικής μαστογραφίας καθώς και οι διαφορές τους, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μαστογραφίας και τι είδους περιορισμοί υπάρχουν στην απεικόνιση του μαστού. Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας, αναλύονται οι τρόποι απεικόνισης του μαστού και συγκεκριμένα η κλασική μαστογραφία - ψηφιακή απεικόνιση, τρισδιάστατη τομοσύνθεση και μαγνητική τομογραφική απεικόνιση - η μαστογραφία υπερήχου, η μαστογραφία μαγνητικού συντονισμού/μαγνητική τομογραφία και η μαστογραφία υπολογιστικής τομογραφίας/αξονική τομοσύνθεση. Στο τρίτο, και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, αναφέρονται και αναλύονται διάφορα ομοιώματα μαστογραφίας που κυκλοφορούν, τα οποία βρίσκουν εφαρμογή στους τρόπους απεικόνισης μαστού, οι οποίοι αναλύθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας.

Τέλος, παρατίθενται τα συμπεράσματα, τα οποία πηγάζουν από την έρευνα και τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας και τα παραρτήματα. Επίσης, θα κατατεθούν και οι βιβλιογραφικές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και οι πηγές των εικόνων που χρησιμοποιήθηκαν.

Λέξεις – Κλειδιά:

μαστός, απεικόνιση, ομοίωμα, μαστογραφία, ψηφιακή απεικόνιση, τομοσύνθεση, μαγνητικός συντονισμός, υπέρηχος, υπολογιστική τομογραφία

Study of Phantoms for Image Evaluation of Breast Imaging Systems

ABSTRACT

The present thesis studies the research of phantoms for the evaluation of breast imaging systems. The main purpose of the thesis is, through the research and the study of mammography phantoms, to understand the operating ways of breast imaging systems and to evaluate the image of these systems.

The dissertation is divided into three chapters, which consist of sub-sections. The first chapter explains the general analysis of the anatomy of the breast; moreover, it describes the breast, its abnormalities, diseases that the breast can acquire, the meaning and the operating way of imaging and diagnostic mammography, as well as the differences between them. Moving on, the chapter will demonstrate the advantages and disadvantages of mammography and what kind of limitations are there in breast imaging. In the second chapter of this dissertation, the multiple ways of breast imaging are analyzed, more specifically mammography - digital, 3D tomosynthesis and magnetic resonance imaging - ultrasound mammography, magnetic resonance mammography and computerized tomography. The third and final chapter will delineate the application of various phantoms in breast imaging, which are described and analyzed in the imaging ways as shown in the second chapter.

The conclusions stemming from the research and the study that was carried out for the fixation of this dissertation are presented at the end, as well as the appendices. Finally, the bibliographic sources, as well as the picture sources that were used for the writing of this dissertation will also be submitted.

Key – Words:

Breast, imaging, phantom, mammography, digital imaging, tomosynthesis, magnetic resonance, ultrasound, computerized tomography

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στο Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Πριν ξεκινήσει η ανάλυση του θέματος της διπλωματικής εργασίας, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που βοήθησαν και στάθηκαν δίπλα μου για την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά τον επιβλέπων καθηγητή μου, κο Νεκτάριο Καλύβα, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, για την συνεχή επιστημονική και συμβουλευτική καθοδήγηση, υπομονή, επιμονή και στήριξη που προσέφερε από την αρχή μέχρι το τέλος της εκπόνησής της εργασίας.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την συμπαράσταση, άλλα και την υπομονή που μου έδειξαν, όχι μόνο για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, αλλά καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	12
Κεφάλαιο 1 ^ο Ανατομία Μαστού.....	13
1.1 Μαστός.....	13
1.2 Ανωμαλίες Διάπλασης Μαστού.....	14
1.3 Διαγνωστική Μαστογραφία.....	17
1.4 Απεικονιστική Μαστογραφία.....	21
1.5 Διαφορές Διαγνωστικής-Απεικονιστικής.....	24
1.6 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Μαστογραφίας.....	28
1.7 Περιορισμοί.....	30
Κεφάλαιο 2 ^ο Τρόποι Απεικόνισης Μαστού.....	33
2.1 Μαστογραφία.....	33
2.1.1 Ψηφιακή Μαστογραφία.....	34
2.1.2 Τρισδιάστατη Τομοσύνθεση.....	36
2.1.3 Απεικόνιση Μαγνητικής Τομογραφίας.....	38
2.2 Μαστογραφία Υπέρηχου.....	41
2.3 Μαστογραφία Μαγνητικής Τομογραφίας.....	44
2.4 Μαστογραφία Υπολογιστικής Τομογραφίας.....	48
Κεφάλαιο 3 ^ο Ομοιώματα - Phantoms Απεικόνισης Μαστού.....	51
3.1 Μαστογραφία / Mammography.....	53
3.1.1 Mammographic Accreditation Phantom Model 015 – CIRS.....	53
3.1.2 Digital Breast Tomosynthesis QC Phantom Model 021 – CIRS.....	57
3.1.3 ACR Digital Mammography Phantom Model 086 – CIRS.....	62
3.1.4 ACR Accreditation Mammo FFDM™ Phantom – Gammex.....	66
3.1.5 Stereotactic Breast Biopsy Phantom Model 164A – Gammex.....	70
3.1.6 Stereotactic Mammographic Accreditation Phantom Model 156D – Gammex.....	73
3.1.7 DIGIMAM Phantom – Artinis.....	76
3.1.8 CDMAM 4.0 Phantom – Artinis.....	79

3.1.9 Geometric Distortion Phantom – Artinis.....	83
3.1.10 mam/digi EPQC Phantom – QUART.....	85
3.1.11 Biopsy Phantom – QUART.....	89
3.1.12 MamFS Phantom – QUART.....	92
3.1.13 Mammography Pro-Res MAM Bar Type 1 – QUART.....	94
3.2 Μαστογραφία Υπέρηχου / Ultrasound Mammography.....	97
3.2.1 US-4 Breast Ultrasound QA Phantom – Kyoto Kagaku.....	97
3.2.2 Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN" US-6 – Kyoto Kagaku.....	103
3.2.3 US-9 Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom – Kyoto Kagaku.....	108
3.2.4 Breast Elastography Phantom Model 059 – CIRS.....	112
3.2.5 Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M – CIRS.....	116
3.3 Μαστογραφία Μαγνητικού Συντονισμού / Magnetic Resonance Mammography.....	121
3.4 Μαστογραφία Υπολογιστικής Τομογραφίας / Computerized Tomography Mammography.....	121
Συμπεράσματα.....	122
Παραρτήματα.....	123
Βιβλιογραφία.....	141
Βιβλιογραφία Εικόνων.....	151

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Mammographic Accreditation Phantom Model 015 – CIRS	
Εικόνα 1. Ομοίωμα.....	53
Εικόνα 2. Σχεδιάγραμμα του ομοιώματος.....	55
Εικόνα 3. Περιοχές των δομών του Πίνακα 2, στο ομοίωμα.....	56
Digital Breast Tomosynthesis QC Phantom Model 021 – CIRS	
Εικόνα 4. Ομοίωμα.....	57
Εικόνα 5. Παράδειγμα 1, πλάκας στόχου (πάνω και μπροστινή όψη).....	59
Εικόνα 6. Παράδειγμα 2, πλάκας στόχου (πάνω και μπροστινή όψη).....	60
Εικόνα 7. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed Digital Breast Tomosynthesis Phantom.....	61
ACR Digital Mammography Phantom Model 086 – CIRS	
Εικόνα 8. Ομοίωμα.....	62
Εικόνα 9. Σχηματική απεικόνιση ομοιώματος.....	64
Εικόνα 10. Δομή ένθετων κεριού ομοιώματος.....	65
ACR Accreditation Mammo FFDM™ Phantom – Gammex	
Εικόνα 11. Ομοίωμα.....	66
Εικόνα 12. Διάγραμμα ένθετου κεριών ομοιώματος.....	68
Εικόνα 13. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed ACR accreditation phantom Mammography.....	69
Stereotactic Breast Biopsy Phantom Model 164A – Gammex	
Εικόνα 14. Ομοίωμα.....	70
Εικόνα 15. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed Stereotactic Breast Biopsy Phantom.....	71
Stereotactic Mammographic Accreditation Phantom Model 156D – Gammex	
Εικόνα 16. Ομοίωμα.....	73
Εικόνα 17. Διάγραμμα στόχων ομοιώματος.....	75
DIGIMAM Phantom – Artinis	
Εικόνα 18. Ομοίωμα.....	76
Εικόνα 19. Δομή του ομοιώματος.....	77
Εικόνα 20. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed Artinis Breast Phantom.....	78
CDMAM 4.0 Phantom – Artinis	
Εικόνα 21. Ομοίωμα.....	79
Εικόνα 22. Λογισμικό Ανάλυσης.....	81
Εικόνα 23. Ονομαστικά πάχη των δίσκων χρυσού του CDMAM 4.0 (1/2). Πάχος: 0.012μm - 2.8μm. Διάμετρος: 0.08mm – 2.0mm.....	81
Εικόνα 24. Ονομαστικά πάχη των δίσκων χρυσού του CDMAM 4.0 (2/2).....	82
Geometric Distortion Phantom – Artinis	
Εικόνα 25. Ομοίωμα.....	83
Εικόνα 26. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed Geometric Distortion Breast Phantom.....	84
mam/digi EPQC Phantom – QUART	
Εικόνα 27. Ομοίωμα.....	85
Εικόνα 28. Δομή του ομοιώματος.....	86

Εικόνα 29. Λογισμικό MammoPRO QUART.....	87
Εικόνα 30. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed EPQC Breast Phantom.....	88
Biopsy Phantom – QUART	
Εικόνα 31. Ομοίωμα.....	89
Εικόνα 32. Δομή του ομοιώματος.....	90
MamFS Phantom – QUART	
Εικόνα 33. Ομοίωμα.....	92
Mammography Pro-Res MAM Bar Type 1 – QUART	
Εικόνα 34. Ομοίωμα.....	94
Εικόνα 35. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed Bar Pattern Mammography.....	95
US-4 Breast Ultrasound QA Phantom – Kyoto Kagaku	
Εικόνα 36. Ομοίωμα.....	97
Εικόνα 37. Διαδικασία αξιολόγησης.....	99
Εικόνα 38. Έλεγχος θερμοκρασίας, ζεύκτης δεξιάς γωνίας.....	99
Εικόνα 39. Διάγραμμα μπλοκ μαζικού στόχου, παράδειγμα απεικόνισης στόχου κλίμακας του γκρι και στόχου κυστών.....	100
Εικόνα 40. Διάγραμμα μπλοκ σημειακών στόχων, παράδειγμα απεικόνισης στόχου γραμμής 45 μοιρών και στόχου σημείου.....	101
Εικόνα 41. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed Breast Ultrasound QA Phantom.....	102
Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN" US-6–Kyoto Kagaku	
Εικόνα 42. Ομοίωμα.....	103
Εικόνα 43. Διαδικασία αξιολόγησης.....	104
Εικόνα 44. Δομή του ομοιώματος.....	105
Εικόνα 45. Παράδειγμα εξέτασης. Λεμφαδένες, κύστες.....	105
Εικόνα 46. Παράδειγμα εξέτασης. Εκτασία γαλακτοφόρου αδένου, καλοήθους όγκος.....	106
Εικόνα 47. Παράδειγμα εξέτασης. Κακοήθους όγκος.....	106
Εικόνα 48. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed Breast Ultrasound Phantom.....	107
US-9 Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom – Kyoto Kagaku	
Εικόνα 49. Ομοίωμα.....	108
Εικόνα 50. Διαδικασία αξιολόγησης.....	109
Εικόνα 51. Διάφανο ομοίωμα.....	110
Εικόνα 52. Αδιάφανο ομοίωμα.....	110
Εικόνα 53. Παράδειγμα απεικόνισης βελόνας και υπερηχητικού στόχου.....	110
Εικόνα 54. Παράδειγμα απεικόνισης υπερηχητικών και υποηχητικών στόχων.....	111
Εικόνα 55. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed Breast Ultrasound Biopsy Phantom.....	111
Breast Elastography Phantom Model 059 – CIRS	
Εικόνα 56. Ομοίωμα.....	112
Εικόνα 57. Ομοίωμα.....	114
Εικόνα 58. Παράδειγμα λήψης εικόνας.....	114
Εικόνα 59. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed Breast Elastography Phantom.....	115
Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M – CIRS	
Εικόνα 60. Ομοίωμα.....	116
Εικόνα 61. Σχεδιάγραμμα του ομοιώματος.....	118
Εικόνα 62. Κατανομή δημοσιεύσεων PubMed ABUS Phantom.....	120

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά ομοιώματος Mammographic Accreditation Phantom Model 015 – CIRS.....	54
Πίνακας 2. Δομές σε υλικό από κεριά του ομοιώματος Mammographic Accreditation Phantom Model 015 – CIRS.....	55
Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά του ομοιώματος Digital Breast Tomosynthesis QC Phantom Model 021 – CIRS.....	58
Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά πλάκας στόχου παραδείγματος 1, Εικόνα 5.....	59
Πίνακας 5. Χαρακτηριστικά πλάκας στόχου παραδείγματος 2, Εικόνα 6.....	60
Πίνακας 6. Χαρακτηριστικά δομών του ομοιώματος ACR Digital Mammography Phantom Model 086 – CIRS.....	63
Πίνακας 7. Χαρακτηριστικά του ομοιώματος ACR Accreditation Mammo FFDM™ Phantom – Gammex.....	67
Πίνακας 8. Χαρακτηριστικά δομών του ομοιώματος ACR Accreditation Mammo FFDM™ Phantom – Gammex.....	68
Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά του ομοιώματος Stereotactic Breast Biopsy Phantom Model 164A – Gammex.....	71
Πίνακας 10. Χαρακτηριστικά στόχων του ομοιώματος Mammographic Accreditation Phantom Model 015 – CIRS.....	74
Πίνακας 11. Χαρακτηριστικά των μπλοκ του ομοιώματος US-4 Breast Ultrasound QA Phantom – Kyoto Kagaku.....	100
Πίνακας 12. Χαρακτηριστικά ομοιώματος Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN" US-6 – Kyoto Kagaku.....	104
Πίνακας 13. Χαρακτηριστικά διάφανων και αδιάφανων ομοιωμάτων US-9 Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom – Kyoto Kagaku.....	109
Πίνακας 14. Χαρακτηριστικά των στόχων του ομοιώματος Breast Elastography Phantom Model 059 – CIRS.....	113
Πίνακας 15. Χαρακτηριστικά του ομοιώματος Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M – CIRS.....	117
Πίνακας 16. Χαρακτηριστικά δομών του ομοιώματος της Εικόνας 61 Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M – CIRS.....	118
Πίνακας 17. Χαρακτηριστικά δομών του ομοιώματος της Εικόνας 61 Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M – CIRS.....	119
Πίνακας 18. Χαρακτηριστικά δομών του ομοιώματος της Εικόνας 61 Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M – CIRS.....	119

Εισαγωγή

Με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και τη σχέση μεταξύ της φυσικής και των υπολογιστικών τεχνολογιών, η βιοϊατρική απεικόνιση έχει αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό που βοηθάει ουσιαστικά πλέον τους γιατρούς στη διάγνωση διαφόρων ασθενειών. Στην περίπτωση της απεικόνισης του μαστού, εκτός από τη βασική διάγνωση, αυτά τα συστήματα απεικόνισης βοηθούν επίσης στον εντοπισμό των μη φυσιολογικών ιστών για βιοψία, προσδιορίζοντας τα ακριβή περιθώρια της βλάβης για καλύτερα αποτελέσματα λομεκτομής, σταδιοποίηση και αποκατάσταση του καρκίνου, ανίχνευση τοποθεσιών μεταστάσεων και προγραμματισμός και παρακολούθηση διάφορων πρωτοκόλλων θεραπείας. Χωρίς τέτοια συστήματα απεικόνισης, θα ήταν δύσκολο για τους γιατρούς να προσδιορίσουν τη φύση και την έκταση της νόσου με απλές φυσικές εξετάσεις και βιοψίες. (1)

Τα τελευταία χρόνια, εντοπίζεται μια σημαντική αύξηση στην έρευνα για την ανακάλυψη διαγνωστικών και θεραπευτικών τεχνολογιών για την αντιμετώπιση των ασθενειών του στήθους. Ο καρκίνος του μαστού είναι πλέον η ασθένεια που ταλαιπωρεί πολλές γυναίκες, έτσι, η ανάγκη για την αντιμετώπισή του έχει ωθήσει τους επιστήμονες να ανακαλύψουν καινοτόμες, ελπιδοφόρες και χαμηλού κόστους τεχνολογίες μικροκυμάτων. Τα ομοιώματα μαστού είναι αποτέλεσμα υπολογιστικών και πειραματικών σε δοκιμαστικό στάδιο κλινών, που έχουν ως σκοπό να αξιολογούν την απόδοση των αλγόριθμων και συστημάτων, τα οποία σχετίζονται με την ανίχνευση και τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού. (2)

Τα ομοιώματα έχουν την τάση να μιμούνται ακριβώς τη χωρική κατανομή των διαφόρων τύπων ιστών στο στήθος και τις φυσικές τους ιδιότητες, οι οποίες σχετίζονται με τις αλληλεπιδράσεις των μικροκυμάτων με το ομοίωμα. (3)

Κεφάλαιο 1^ο

Ανατομία Μαστού

1.1 Μαστός

Μαστός ή διαφορετικά στήθος, είναι ο ιστός που βρίσκεται πάνω από τους θωρακικούς μύες. Τα γυναικεία στήθη αποτελούνται από εξειδικευμένο ιστό, ο οποίος παράγει γάλα, αδενικός ιστός, καθώς και λιπώδη ιστό. Η ποσότητα του λίπους καθορίζει το μέγεθος του μαστού. Το τμήμα του μαστού που είναι υπεύθυνο για την παραγωγή γάλακτος οργανώνεται σε 15 έως 20 τμήματα, τα οποία ονομάζονται λοβοί. Το γάλα ταξιδεύει μέσα από ένα δίκτυο μικροσκοπικών σωληνίων, οι οποίοι ονομάζονται αγωγοί. Οι αγωγοί συνδέονται και ενώνονται σε μεγαλύτερους αγωγούς, οι οποίοι τελικά βγαίνουν από το δέρμα στη θηλή. Η σκούρα περιοχή του δέρματος που περιβάλλει τη θηλή ονομάζεται "areola". Ο συνδετικός ιστός και οι σύνδεσμοι παρέχουν στήριξη στο στήθος και του δίνουν το σχήμα του. Το στήθος περιέχει επίσης αιμοφόρα αγγεία, λεμφικά αγγεία και λεμφαδένες. Οι λεμφαδένες είναι μικρά όργανα, τα οποία καταπολεμούν τυχόν λοιμώξεις και περιέχονται σε ολόκληρο το σώμα. Παράγουν και φιλτράρουν ένα άχρωμο υγρό που λέγεται λέμφος, το οποίο περιέχει λευκά αιμοσφαίρια γνωστά και ως λεμφοκύτταρα. Η λειτουργία των λεμφικών αγγείων είναι το φιλτράρισμα και η μεταφορά του λεμφικού υγρού από το στήθος στους λεμφαδένες. Οι μη λιπαροί ιστοί, χαρακτηρίζονται ως ινωδογενητικοί ιστοί. Υπάρχουν επίσης ζώνες υποστηρικτικού, εύκαμπτου συνδετικού ιστού που ονομάζονται σύνδεσμοι, οι οποίοι εκτείνονται από το δέρμα στο θωρακικό τοίχωμα, και έχουν ως ρόλο την στήριξη του ιστού του μαστού. Ο μυς παίζει επίσης σημαντικό ρόλο. Ο θωρακικός μυς βρίσκεται στο θωρακικό τοίχωμα κάτω από τα δύο στήθη, δίνοντάς τους την απαραίτητη υποστήριξη. Τα αιμοφόρα αγγεία παρέχουν οξυγόνο στον ιστό του μαστού και μεταφέρουν απόβλητα. (4)

Είναι πολύ κοινό για τις γυναίκες να λένε ότι έχουν πυκνά στήθη, έπειτα από μια μαστογραφία. Τα πυκνά στήθη είναι εντελώς φυσιολογικά και τείνουν να είναι πιο συνηθισμένα σε νεότερες γυναίκες και σε γυναίκες με μικρότερα στήθη. Αλλά οποιοσδήποτε, ανεξάρτητα από την ηλικία ή το μέγεθος του μαστού, μπορεί να έχει πυκνά στήθη. (5)

Ένας γιατρός, θα αναγνωρίσει ότι ένα στήθος είναι πυκνό εάν το μεγαλύτερο μέρος του ιστού που εμφανίζεται στη μαστογραφία είναι ινώδης ή αδενικός ιστός. Αυτοί οι τύποι ιστών εμφανίζονται παχύτεροι και πυκνότεροι από τους λιπαρούς ιστούς και θα εμφανίζονται λευκοί σε μια μαστογραφία. Επειδή τα καρκινικά κύτταρα εμφανίζονται επίσης λευκά στην απεικόνιση, μπορεί να είναι πιο δύσκολο για τους ακτινολόγους να εντοπίσουν ασθένειες σε γυναίκες με πυκνά στήθη. Για να γίνουν εμφανείς καρκίνοι οι οποίοι σε μια τυπική μαστογραφία υπάρχει η πιθανότητα να μην εμφανιστούν, οι γυναίκες με πυκνό στήθος, μπορεί να κριθεί απαραίτητο να υποβληθούν σε επιπρόσθετες εξετάσεις απεικόνισης, όπως υπερηχογράφημα ή μαγνητική τομογραφία. (6)

1.2 Ανωμαλίες Διάπλασης Μαστού

Συνήθως, νεότερες γυναίκες φαίνεται να έχουν καλοήθεις παθολογίες. Αυτό δε σημαίνει ότι οι νεότερες γυναίκες δε νοσούν, απλώς οι γυναίκες που φέρουν μεταλλάξεις σε κληρονομικά γονίδια και άλλα σύνδρομα γενετικά, σχετίζονται σε μεγάλο ποσοστό κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του μαστού. Σε αντίθεση με τις γυναίκες ηλικίας άνω των 40 ετών, οι οποίες έχουν μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κάποιας ανωμαλίας ή ασθένειας του στήθους. Η καλοήθης νόσος του μαστού σχετίζεται συνήθως με ινοκυστικές αλλοιώσεις του μαστού, οι οποίες είναι εντονότερες σε γυναίκες, οι οποίες βρίσκονται σε αναπαραγωγική ηλικία. (7)

Οι ανωμαλίες μαστού ποικίλουν και είναι οι ακόλουθες:

- Καρκίνος του μαστού: Κακοήθη, καρκινικά, κύτταρα τα οποία πολλαπλασιάζονται ανώμαλα στο στήθος και τελικά εξαπλώνονται στο υπόλοιπο σώμα εάν δεν υποβληθούν σε άμεση θεραπεία.
- Δερματικό καρκίνωμα "in situ" (DCIS): Είναι ο καρκίνος του μαστού ο οποίος εμφανίζεται στα κύτταρα των αγωγών που δεν έχουν εισβάλει βαθύτερα, αλλά εξαπλώνεται μέσω του σώματος. Οι γυναίκες που έχουν διαγνωστεί με DCIS έχουν μεγάλη πιθανότητα να θεραπευτούν.
- Λοβοειδές καρκίνωμα "in situ" (LCIS): Εμφανίζεται στα κύτταρα του λοβού που παράγει γάλα, δεν εισχωρεί, δεν εξαπλώνεται και δεν είναι πραγματικός καρκίνος. Ωστόσο, οι γυναίκες με LCIS έχουν αυξημένη πιθανότητα να αναπτύξουν διηθητικό καρκίνο του μαστού στο μέλλον.

- Επεμβατικό καρκίνωμα του πόρου: Αρχίζει από τα κύτταρα των αγωγών, αργότερα εισχωρεί βαθύτερα στο στήθος και μπορεί ακόμη να κάνει και μετάσταση. Το διηθητικό καρκίνωμα του πόρου είναι ο συνηθέστερος τύπος καρκίνου του μαστού.
- Επεμβατικό λοβικό καρκίνωμα: Αρχίζει από τα κύτταρα του λοβού που παράγει το γάλα και στη συνέχεια εισχωρεί πιο βαθιά και μπορεί να οδηγήσει σε μετάσταση. Το επεμβατικό λοβικό καρκίνωμα είναι μια ασυνήθιστη μορφή καρκίνου του μαστού.
- Απλή κύστη: Ένας καλοήθης, μη καρκινικός, γεμισμένος με υγρά σάκος, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό και μπορεί να αποστραγγιστεί.
- Ινομύωμα του στήθους: Ένας μη καρκινικός, συμπαγής όγκος του μαστού. Ένα τυπικό ινοαδένωμα δημιουργεί ένα ανώδυνο, κινητό κομμάτι στο στήθος και παρουσιάζεται συχνότερα σε γυναίκες της δεκαετίας του '20 ή του '30.
- Ινοκυστική νόσος: Είναι μη καρκινικά εξογκώματα του μαστού τα οποία ωστόσο, μπορεί να γίνουν άβολα και να αλλάξουν το μέγεθος καθ' όλη τη διάρκεια του εμμηνορροϊκού κύκλου.
- Συνήθης υπερπλασία του μαστού: Μια βιοψία του μαστού μπορεί να εμφανίσει φυσιολογικά, μη καρκινικά κύτταρα του πόρου που πολλαπλασιάζονται ανώμαλα. Η παρουσία συνηθισμένης υπερπλασίας μπορεί να αυξήσει ελαφρώς τον κίνδυνο καρκίνου του μαστού σε όλη τη ζωή της γυναίκας.
- Άτυπη υπερπλασία του στήθους: Στη περίπτωση αυτή, κάποια κύτταρα εμφανίζονται και πολλαπλασιάζονται είτε στους αγωγούς του μαστού, είτε σε λοβούς και πολλές φορές γίνονται αντιληπτά από μια βιοψία. Η υπερπλασία δεν είναι καρκίνος, αλλά μπορεί να είναι ένα σημάδι εμφάνισης καρκίνου από τις γυναίκες οι οποίες δεν εμφανίζουν καμία ανωμαλία στο στήθος τους.
- Ενδοκολπικό θήλωμα: Μια μη καρκινική μάζα μαστού που μοιάζει με κονδυλώματα και αναπτύσσεται μέσα στους αγωγούς του μαστού. Τα θηλώματα παρατηρούνται και εμφανίζονται ως σβώλοι και μπορούν να προκαλέσουν διαρροή διαυγών ή αιματηρών υγρών από τη θηλή.
- Αδένωμα: Αποτελεί μη καρκινική διόγκωση των λοβών του μαστού, η οποία μοιάζει με καρκίνο του μαστού σε μαστογραφίες, αλλά για να αποκλειστεί ο καρκίνος του μαστού είναι απαραίτητη η πραγματοποίηση βιοψίας.

- Όγκος "Phyllodes": Ένας σπάνιος, συνήθως μεγάλος, ταχέως αναπτυσσόμενος όγκος του μαστού που μοιάζει με ένα ινομύδης στο υπέρηχο. Οι όγκοι "Phyllodes" μπορεί να είναι καλοήθεις ή κακοήθεις και συνήθως αναπτύσσονται σε γυναίκες στα 40 τους.
- Νέκρωση λίπους: Σε απόκριση σε τραυματισμό στο λιπαρό τμήμα του μαστού, μπορεί να αναπτυχθεί ένα κομμάτι ουλώδους ιστού. Αυτή η μάζα μπορεί να μοιάζει με καρκίνο του μαστού κατά την εξέταση ή σε μαστογραφίες.
- Μαστίτιδα: Φλεγμονή του μαστού, που προκαλεί ερυθρότητα, πόνο και πρήξιμο. Οι θηλάζουσες μητέρες διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο μαστίτιδας, η οποία είναι συνήθως αποτέλεσμα μόλυνσης.
- Ασβέστωση: Οι εναποθέσεις ασβεστίου στο στήθος είναι ένα συνηθισμένο εύρημα στις μαστογραφίες. Το πρότυπο ασβεστίου μπορεί να υποδηλώνει καρκίνο, οδηγώντας σε περαιτέρω εξετάσεις ή βιοψία.
- Γυναικομαστία: Υπερανάπτυξη αρσενικών μαστών. Η γυναικομαστία μπορεί να επηρεάσει νεογέννητα, αγόρια και άνδρες.

Σε κλινική εξέταση ή απεικόνιση όπου μια ανωμαλία στο στήθος δε φαίνεται καλά, είναι πλέον να ληφθεί ιστός ή να γίνει μια κυτταρολογική διάγνωση. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει να ληφθεί υγρό με αναρρόφηση μέσω μιας λεπτής βελόνας. Σε αυτό το τύπο κυτταρολογικής αξιολόγησης εξυπηρετείται και η διάγνωση και η διαχείριση των συμπτωμάτων. Η βιοψία σε γενικές γραμμές είναι προτιμότερη από την εκτομή, εκτός και αν η ανωμαλία είναι καλοήθης ή υπάρχει μεγαλύτερο πρόβλημα το οποίο είναι αδύνατο να δεχθεί αυτή την διαδικασία. (8)

Η θεραπεία απευθύνεται στον έλεγχο των συμπτωμάτων και στην πρόληψη των πιο σοβαρών προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν από τη βλάβη εάν αφεθούν χωρίς θεραπεία. (9)

Ο σωστός τρόπος ζωής μπορεί να ανακουφίσει και να περιορίσει τα συμπτώματα που σχετίζονται με μια νόσο. Η διαίτα κατανάλωσης τροφών χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά και η αποφυγή της καφεΐνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία της ινοκυστικής αλλαγής, ιδιαίτερα εάν εκδηλωθεί πόνος. Η διακοπή του καπνίσματος και η άσκηση επίσης βοηθούν πολύ στην ανακούφιση από τα συμπτώματα. (10)

Η μαστίτιδα ή το απόστημα αντιμετωπίζεται συνήθως με αντιβιοτικά. Η οξεία μαστίτιδα αντιμετωπίζεται επίσης με θερμές κομπρέσες. Στη γαλακτική μαστίτιδα, ο

θηλασμός πρέπει να συνεχιστεί, ενώ οι γυναίκες πρέπει να κάνουν θεραπεία ειδικά για μαστίτιδα. Μια σύντομη πορεία μπορεί να είναι πολύ χρήσιμη για τη διαχείριση του πόνου που σχετίζεται με τις ινοκυστικές αλλαγές, καθώς και άλλες ανωμαλίες του μαστού. (11)

Οι περισσότερες ασθένειες εξαρτώνται από ορμονικές αλλαγές και για το λόγο αυτό πολλές φορές τα αντισυλληπτικά χάπια είναι μια χρήσιμη θεραπεία, καθώς έχουν την ικανότητα να ανακουφίζουν από πόνο και από συμπτώματα. Σε γυναίκες που θεωρούνται πως έχουν ενδιάμεσο έως υψηλό κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του μαστού, οι στρατηγικές μείωσης του κινδύνου χημειοπροληπτικής συμπεριφοράς περιλαμβάνουν την ταμοξιφαίνη - είτε για γυναίκες πριν ή μετά την εμμηνόπαυση ή τη ραλοξιφαίνη - μόνο για μετεμμηνόπαυσιακές γυναίκες. Όταν υπάρχει απόστημα, η χειρουργική αποστράγγιση του πραγματοποιείται για την πρόληψη της εξάπλωσης της λοίμωξης και για τη συμπτωματική ανακούφιση από δυσφορία και από πόνο. Εάν ένας ασθενής είναι κάτω των 35 ετών και η μάζα του μαστού δεν διαταράσσει την ποιότητα ζωής, μπορεί να πραγματοποιηθεί μια βασική βιοψία, κυρίως για να διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχει μια δυσοίωνη παθολογία, η οποία είναι ανησυχητική και έτσι η θεραπεία μπορεί να είναι συντηρητική. (10)

1.3 Διαγνωστική Μαστογραφία

Η διαγνωστική μαστογραφία είναι μια εξέταση ακτινογραφίας του στήθους. Πραγματοποιείται όταν η ασθενής, ο γιατρός ή άλλος επαγγελματίας υγείας ανακαλύπτει ασυνήθιστα σημεία ή συμπτώματα σε ένα ή και στα δύο στήθη, δηλαδή ένα κομμάτι, μια ευαισθησία, ή εκκένωση θηλής ή αλλαγή στο δέρμα. Η μαστογραφία επιβεβαιώνει εάν οι αλλαγές είναι καλοήθειες, μη καρκινικές και δεν απαιτείται θεραπεία ή εάν οι αλλαγές υποδεικνύουν πιθανό καρκίνο του μαστού και ενδέχεται να χρειαστεί να γίνουν περαιτέρω δοκιμές και να αντιμετωπιστεί με τη κατάλληλη θεραπεία. Ο γιατρός είναι αυτός που θα παραπέμψει την ασθενή για αυτήν τη διαδικασία, καθώς η μαστογραφία είναι μια ευαίσθητη δοκιμή. Εάν υπάρχουν προηγούμενες μαστογραφίες είναι απαραίτητο να έχουνε μαζί τους οι ασθενείς τα αποτελέσματα, ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τη νέα διαγνωστική μαστογραφία.

Η διαδικασία της μαστογραφίας έχει ως εξής, τα στήθη τοποθετούνται ένα κάθε φορά, στον ανιχνευτή και συμπιέζονται με κατάλληλο πίεστρο. Η ακτινοβολήση κρατά από κάποια χιλιοστά του δευτερολέπτου ως ελάχιστα δευτερόλεπτα. Λαμβάνονται τουλάχιστον δύο προβολές για κάθε στήθος. Οι συνέπειες ή τα συμπτώματα μετά την μαστογραφία είναι σπάνια. Πολλές φορές παρατηρείται ευαισθησία στο στήθος, μώλωπες ή, πολύ περιστασιακά, μικρό σχίσιμο του δέρματος εάν το δέρμα είναι εύθραυστο. Είναι σημαντικό να ενημερώνεται ο ακτινολόγος ή ο τεχνολόγος ακτινολόγος εάν υπάρχει ευαισθησία στο δέρμα για να μπορέσει να γίνει η εξέταση όσο πιο ανώδυνη γίνεται.

Ο χρόνος διάρκειας μίας τυπικής εξέτασης διαγνωστικής μαστογραφίας είναι 10 με 15 λεπτά. Ο χρόνος περιλαμβάνει την σωστή τοποθέτηση του μαστού και όλες τις προβολές. Εάν ληφθούν περισσότερες προβολές, ενδέχεται να χρειαστεί και επιπλέον χρόνος για να περαιωθεί. Σε περίπτωση που τα στήθη έχουν εμφυτεύματα, για να έχει πληρέστερη εικόνα ο ακτινολόγος, η μαστογραφία διαρκεί περισσότερο. Σύμφωνα με την επιστημονική κοινότητα, η πιθανότητα μία μαστογραφία να προκαλέσει καρκίνο είναι λιγότερο από 1 στις 25.000. Γίνεται αντιληπτό πως ο κίνδυνος αυτός είναι πολύ μικρός σχετικά με την ωφέλεια της έγκυρης ανίχνευσης του καρκίνου του μαστού, που οδηγεί στην σημαντική μείωση του ποσοστού θανάτου και στην παροχή καλύτερων επιλογών θεραπείας. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, ο Οργανισμός Προστασίας της Υγείας έχει εκτιμήσει πως ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου σε έναν άνθρωπο έπειτα από μόνο μία εξέταση μαστογραφίας είναι περίπου 1 στα 50.000 και δεν είναι μεγαλύτερος από την εμφάνιση καρκίνου μετά από την έκθεση σε ακτινοβολία που συσσωρεύεται σε ένα φυσιολογικό περιβάλλον σε διάστημα ενός έτους. Στα εμφυτεύματα στήθους, ο κίνδυνος να προκληθεί βλάβη είναι απειροελάχιστος. Επίσης, είναι ύψιστης σημασίας να επισημανθεί πως η μαστογραφία δεν ανιχνεύει όλους τους καρκίνους του μαστού που μπορεί να παρουσιασθούν σε μια γυναίκα, ακόμα και αν αυτοί είναι εμφανείς με ένα εξόγκωμα. Στην προκειμένη περίπτωση, είναι απαραίτητο να γίνουν περαιτέρω διαγνωστικές εξετάσεις, όπως το υπερηχογράφημα μαστού με βιοψία βελόνας. (12)

Γίνεται αντιληπτό πως η μαστογραφία παρουσιάζει πολλά οφέλη που υπερτερούν κατά πολύ των ενδεχόμενων κινδύνων. Η έγκαιρη διάγνωση οδηγεί στην θεραπεία του καρκίνου του μαστού, το οποίο μπορεί να σώσει πολλές ζωές σύμφωνα με πολλαπλές επιστημονικές μελέτες. Ένας εξειδικευμένος, με ειδική εκπαίδευση στον

τομέα της μαστογραφίας, ακτινογράφος λαμβάνει τις ακτινογραφίες. Στην συνέχεια, δίνονται προς εκτίμηση και ερμηνεία από έναν ακτινολόγο, ο οποίος συντάσσει μία έκθεση της εξέτασης και την παραπέμπει στον αρμόδιο ιατρό. Η διαγνωστική μαστογραφία μπορεί να γίνει σε ιδιωτικές κλινικές μαστού και σε νοσοκομειακά τμήματα ακτινολογίας.

Ακτίνες-x χρησιμοποιούνται στην μαστογραφία, οι οποίες είναι χαμηλής δόσης και τα φίλτρα τα οποία χρησιμοποιούνται είναι από αλουμίνιο, βηρύλλιο, ρόδιο ή άργυρο με σκοπό να μην δέχεται ο ασθενής μεγάλο ποσοστό ακτινοβολίας. Η συμπίεση του μαστού κατά τη διάρκεια της μαστογραφίας είναι απαραίτητη για τη σωστή απεικόνιση και τη διασπορά των ακτίνων-x. Η συμπίεση μπορεί να προκαλέσει κάποια δυσφορία, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, χωρίς όμως να προκαλεί πόνο. (13)

Το 2005, το American College of Radiology Imaging Network (ACRIN) δημοσίευσε τα αποτελέσματα μιας πολυκεντρικής δοκιμής που συνέκρινε τη διαγνωστική απόδοση της οθόνης φιλμ με την ψηφιακή μαστογραφία, τα οποία έδειξαν ισοδύναμη συνολική απόδοση και με τους δυο τρόπους. Ωστόσο, στην ανάλυση υποομάδων, η ψηφιακή μαστογραφία είχε καλύτερη απόδοση για γυναίκες με πυκνά στήθη, προεμμηνοπαυσιακές γυναίκες και γυναίκες κάτω των 50 ετών. Έκτοτε, έγινε μια σταδιακή εθνική και διεθνής μετάβαση από την οθόνη στην ψηφιακή μαστογραφία.

Είναι πολύ σημαντικό οι γυναίκες να υποβάλλονται στη διαδικασία της μαστογραφίας, καθώς παίζει σημαντικό ρόλο στην έγκαιρη ανίχνευση καρκίνων του μαστού. Η μαστογραφία χρησιμοποιεί ιοντίζουσα ακτινοβολία χαμηλής δόσης. Οι ασθενείς λαμβάνουν λιγότερη ακτινοβολία από μια μαστογραφία, σε σχέση με τις περιβαλλοντικές πηγές του περιβάλλοντος κάθε χρόνο. Η σημαντική μείωση της θνησιμότητας από καρκίνο του μαστού υπερτερεί κατά πολύ των κινδύνων και της ταλαιπωρίας της μαστογραφίας. (14)

Η διαγνωστική μαστογραφία αποτελείται από συμπληρωματικές προβολές προσαρμοσμένες στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Αυτές οι συμπληρωματικές προβολές μπορούν να περιλαμβάνουν "latero-medial" (LM) και "medio-lateral" (ML), μεγέθυνση, συμπίεση σημείου και άλλα. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται ειδικοί δείκτες δέρματος για τον εντοπισμό ορισμένων βλαβών, ανωμαλιών του δέρματος, της θηλής και άλλων περιοχών. (15)

Επαναλαμβανόμενη εξέταση μαστογραφίας είναι απαραίτητο να ζητηθεί μόνο όταν η ίδια η μαστογραφία δεν είναι βέλτιστη και δεν έχει καλή ανάλυση εικόνας. Πρέπει να υπάρχει ο κατάλληλος φωτισμός, να είναι ομοιογενής και οι συνθήκες θέασης να είναι επαρκείς για να μπορεί να γίνει σωστή αξιολόγηση. Για το λόγο αυτό, πρέπει να ελέγχονται οι μαστογραφίες πάρα πολύ προσεκτικά. Αυτό που ενδιαφέρει το γιατρό για να κάνει σωστή διάγνωση και αυτό που απαιτείται από τον ακτινολόγο είναι να γίνει σωστός προσδιορισμός των ευρημάτων της μαστογραφίας, εάν είναι φυσιολογικά, καλοήγη ή κακοήγη, έτσι ώστε να δικαιολογείται η δειγματοληψία των ιστών. (16)

Αυτό που παρατηρείται αρχικά, είναι η συμμετρία των μαστών, η αδενική τους κατανομή, το μέγεθός τους και η πυκνότητά τους. Σε δεύτερο στάδιο, αναζητείται εάν υπάρχουν παραμορφώσεις, μάζες, ασβεστώσεις ή πυκνότητες και άλλα ευρήματα. Οι καλοήθεις μάζες έχουν στρογγυλό σχήμα με περιγραφικά περιθώρια, ενώ οι κακοήθεις μπορεί να έχουν επίσης περιγραφικά περιθώρια διαφέρουν όμως, ως προς το σχήμα και πολλές φορές είναι ακανόνιστα, καθώς η πυκνότητά τους είναι μεγαλύτερη από το φυσιολογικό στήθος. Πολλές φορές παρατηρείται χαμηλής πυκνότητας λίπος, το οποίο συνήθως είναι καλοήθες και παραπέμπει σε κάποια κύστη ή κάποιο λίπωμα.

Όταν παρατηρούνται ασβεστώσεις, δεν είναι απαραίτητο ότι προιδεάζει τον ακτινολόγο και το γιατρό για εμφάνιση καρκίνου, μπορεί να είναι και ακίνδυνες. Συνήθως, οι ασβεστώσεις είναι καλοήθεις. Οι καλοήθεις ασβεστώσεις τείνουν να έχουν συγκεκριμένα σχήματα - ασβεστώσεις κελύφους αυγών σε κυστοειδή τοιχώματα, τραμ σε αρτηριακά τοιχώματα, ποπ-κορν σε ινοαδενώματα, μεγάλα και ραβδωτά με πιθανή διακλάδωση στους εκκεντρικούς αγωγούς και μικρές ασβεστώσεις με ένα λαμπρό κέντρο στο δέρμα. Σε περίπτωση κακοήθειας, οι ασβεστώσεις είναι συνήθως μικρότερες από 0,5 μμ και απαιτείται υψηλότερη ανάλυση απεικόνισης με ψηφιακό ζουμ για να γίνει ακριβέστερη η αξιολόγηση. Το σχήμα τους είναι συνήθως πλειομορφικό, ετερογενές ή κοκκώδες, λεπτό, γραμμικό ή διακλαδισμένο. (17)

Σε δεύτερο στάδιο, λαμβάνονται υπόψη τα ευρήματα της απεικόνισης. Ο ρόλος των διαγνωστικών προβολών είναι να προσδιορίζουν σε ποιο σημείο βρίσκεται ακριβώς η κάθε βλάβη στο στήθος. Το βάθος της βλάβης αποδίδεται στο πρόσθιο, μεσαίο ή οπίσθιο τρίτο του μαστού. (18)

Εάν κάποιος ασθενής έχει υποβληθεί σε χειρουργική επέμβαση εξαιτίας του καρκίνου του μαστού, αυτό δε σημαίνει ότι δε θα ξανακάνει μαστογραφία, αντιθέτως, απαιτείται η μαστογραφία για τον έλεγχο επανεμφάνισης του καρκίνου, είτε άλλων πιθανών αλλοιώσεων του μαστού. Εάν μια γυναίκα έχει υποστεί ολική μαστεκτομή, πρέπει να γίνεται ετήσια εξέταση του μαστού, σε περίπτωση επανεμφάνισης της νόσου. Μετά από χειρουργική επέμβαση, η πρώτη μαστογραφία θα γίνει μετά από έξι μήνες και στη συνέχεια κάθε έξι με δώδεκα μήνες για διαρκή έλεγχο και παρακολούθηση. (15)

1.4 Απεικονιστική Μαστογραφία

Η απεικονιστική μαστογραφία πραγματοποιείται σε γυναίκες που δεν έχουν συμπτώματα, με σκοπό τον εντοπισμό τυχόν ανωμαλιών σε πρώτο στάδιο, έτσι ώστε να χορηγηθεί θεραπεία εγκαίρως και να προλάβει ο γιατρός κάποια νόσο. Ανεξάρτητα από τα συγκεκριμένα στατιστικά στοιχεία σε απλές δημοσιεύσεις, εάν ο πρώιμος καρκίνος του μαστού λαμβάνεται καθώς όλοι οι άλλοι παράγοντες είναι ίσοι, τόσο καλύτερο είναι το ποσοστό επιβίωσης. Η εξέταση μαστογραφίας πραγματοποιείται σε πελάτες και όχι σε ασθενείς. Η μαστογραφία μπορεί να εντοπίσει τον καρκίνο του μαστού σε αρχικό στάδιο και οδηγεί σε μια γρηγορότερη θεραπεία. Μπορεί να αποκαλύψει μικρούς όγκους έως και δύο χρόνια πριν ο γιατρός ή η ασθενής τα αισθάνεται κατά τη διάρκεια μιας εξέτασης μαστού. Εάν εντοπιστεί όγκος ή άλλο πρόβλημα, μπορεί επίσης να χρειαστεί διαγνωστική μαστογραφία ή άλλη απεικόνιση μαστού για να εντοπιστούν τα αίτια. (19)

Οι μελέτες διαλογής διεξάγονται με προσοχή από εκπαιδευμένο προσωπικό, σε περιβάλλοντα που δεν βρίσκονται απαραίτητα σε νοσοκομειακούς χώρους. Τα κέντρα διαλογής λειτουργούν πολύ καλά ως αυτόνομες τοποθεσίες, χωρίς ιατρό επί τόπου. Οι μελέτες διαβάζονται συνήθως από ακτινολόγους ή και γιατρούς σε απομονωμένο περιβάλλον. Σε αντίθεση με την υπόλοιπη ακτινολογία, αυτές οι μελέτες διαβάζονται σε παρτίδες, πίνακες και σε μεγάλους όγκους και η σύγκριση με προηγούμενες μαστογραφίες είναι ζωτικής σημασίας. Όταν διαβάζονται μελέτες διαλογής σε περιβάλλοντα όπου υπάρχουν διακοπές, τηλέφωνα και περισπασμοί, ο κίνδυνος λαθών είναι μεγαλύτερος. Σε πολλές χώρες, τα προγράμματα διαλογής καρκίνου του μαστού απαιτούν την εξέταση διπλού διαγνωστικού μαστογραφίας - δύο ανεξάρτητοι

απεικονιστές μαστού διαβάζουν τη μαστογραφία, με οποιαδήποτε ασυμφωνία να αναφέρεται σε έναν τρίτο ανεξάρτητο αναγνώστη. Οι τυπικές προβολές που εκτελούνται είναι η κεφαλοουραία (CC) και η μεσοπλευρική πλάγια (MLO) κάθε μαστού. (20)

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται πλέον νέοι τύποι δοκιμών για την απεικόνιση του μαστού. Μια από τις διασημότερες και χρηστικότερες απεικονίσεις, είναι η τομοσύνθεση, η οποία είναι ουσιαστικά μια τρισδιάστατη μαστογραφία και είναι διαδεδομένη σε πολλά διαγνωστικά κέντρα. Κάποιες άλλες απεικονίσεις είναι σε δοκιμαστικό στάδιο, χωρίς να είναι σίγουρο ότι είναι καλύτερες ή αποδοτικότερες από αυτές που χρησιμοποιούνται ήδη μέχρι και σήμερα. (21)

Ένας άλλος τύπος μοριακής απεικόνισης μαστού είναι η σιδηρογραφία ή αλλιώς ειδική απεικόνιση γάμμα. Αποτελεί ένα τύπο δοκιμής απεικόνισης πυρηνικής ιατρικής, όπου εισχωρεί στο αίμα μια χημική ραδιενεργή ουσία και χρησιμοποιείται μια ειδική κάμερα για να παρακολουθήσει το στήθος. Η σπινθηρογραφία χρησιμοποιείται, κυρίως, για να παρακολουθεί μια ανωμαλία που υπάρχει ήδη στο στήθος ή ένα καρκίνο ο οποίος έχει ήδη διαγνωστεί. Ένα από τα μειονεκτήματα της είναι πως ο ασθενής υπόκειται σε μεγάλο ποσοστό ακτινοβολίας και αυτό σημαίνει πως δε γίνεται ένας ασθενής να πραγματοποιεί αυτή την εξέταση διαρκώς. Η σπινθηρογραφία με τεχνητό τετροφοσμήνη παρέχει καλύτερη ακρίβεια στη διάγνωση γυναικών με πυκνό στήθος και με εμφυτεύματα. (22)

Ένα άλλο τεστ απεικόνισης του μαστού, το οποίο είναι νεότερης γενιάς, αποτελεί η μαστογραφία εκπομπής ποζιτρονίων, η οποία είναι παρόμοια με τη σάρωση. Στη μαστογραφία αυτή, εισχωρεί στο αίμα ένα ραδιενεργό σωματίδιο το οποίο έχει την ικανότητα να ανιχνεύει καρκινικά κύτταρα. Αυτή τη στιγμή μελετάται κυρίως σε γυναίκες με καρκίνο του μαστού για να αποδειχθεί αν μπορεί να βοηθήσει στον προσδιορισμό της έκτασης του καρκίνου.

Η φασματική μαστογραφία αυξημένης αντίθεσης, είναι μια μαστογραφία κατά την οποία μια χρωστική αντίθεση με ιώδιο, σκιαγραφικό, εισχωρεί στο αίμα λίγα λεπτά πριν από τη μαστογραφία και χρησιμοποιεί διαφορετικά επίπεδα ενέργειας. Είναι μια νεότερη δοκιμή η οποία βοηθάει τις ακτινογραφίες να εμφανίσουν τις ανωμαλίες του μαστού. Ο ρόλος της φασματικής μαστογραφίας, είναι να εισχωρήσει βαθύτερα στην εμφάνιση μη φυσιολογικών ευρημάτων, τα οποία πιθανώς να μη φανούν σε μια τυπική μαστογραφία αλλά και να εκτιμήσει την έκταση κάποιων όγκων σε ασθενείς

που έχουν καρκίνο του μαστού. Πολλές έρευνες, συγκρίνουν την αποδοτικότητα της φασματικής μαστογραφίας με τη μαγνητική, καθώς είναι και γρηγορότερη αλλά και λιγότερο ακριβή από έναν τομογράφο. (23)

Κατά τη διαδικασία της οπτικής απεικόνισης, το φως που περνάει στο στήθος και μετά επιστρέφει ή διέρχεται μέσα από τον ιστό μετρίεται και έτσι, βάση αυτής της τεχνικής, δεν χρησιμοποιείται μεγάλο ποσοστό ακτινοβολίας και δεν συμπιέζεται ο μαστός. Μελέτες που διεξάγονται τώρα, εξετάζουν το συνδυασμό οπτικής απεικόνισης με άλλες εξετάσεις, όπως, το υπερηχογράφημα ή η τρισδιάστατη μαστογραφία για να βοηθήσουν στην αναζήτηση καρκίνου του μαστού. Η οπτική απεικόνιση χρησιμοποιεί φως μήκους κύματος, κοντά στο υπέρυθρο, για την ανίχνευση βλαβών μέσα στο στήθος. Για την ανίχνευση αλλοιώσεων του μαστού χρησιμοποιείται, επίσης, και η διάχυτη οπτική απεικόνιση και οπτική τομογραφία-μαστογραφία, τα οποία αποτελούν διαφορετικά είδη οπτικής απεικόνισης και χρησιμοποιούν και διαφορετικά μήκη κύματος. (24)

Κατά τη διάχυτη οπτική απεικόνιση, χρησιμοποιείται το φως για να φανούν οι ιδιότητες των παχέων ιστών, επομένως δεν είναι επεμβατική τεχνική. Κάποιοι παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την απόδοσή του, είναι οι μηχανισμοί αντίθεσης και ο προσδιορισμός και σχηματισμός των βιοχημικών και συστατικών, καθώς και η οπτικοποίηση της εικόνας. Επί του παρόντος, η νέα κατεύθυνση είναι να αναπτυχθούν τυποποιημένες πλατφόρμες διάχυτης οπτικής απεικόνισης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτόνομες συσκευές ή σε συνδυασμό με μαγνητική τομογραφία, μαστογραφία ή υπερηχογράφημα, οι οποίες θα μπορούν να παρέχουν νέες πληροφορίες για την ανίχνευση νόσων σε μαστογραφικά πυκνό ιστό, διακρίνοντας μεταξύ κακοήθων και καλοήθων βλαβών, και την κατανόηση του αντίκτυπου των νεοπροσθετικών χημειοθεραπειών. Αυτό που προσφέρει η οπτική απεικόνιση είναι πως συμπληρώνει την ακτινολογική και την ποσοτική απεικόνιση με μεγάλη ευαισθησία. Αυτή η μέθοδος μπορεί, επίσης, να χαρακτηριστεί και ως αγγείωση, διαπερατότητα και πληθώρα παραγόντων αντίθεσης με υψηλή ευαισθησία, χωρίς χρήση επιβλαβούς ακτινοβολίας, και πιθανώς με μικρότερο κόστος. (25)

Κατά τη διαδικασία της ηλεκτρικής απεικόνισης, σαρώνεται το στήθος και μεταφέρονται τα καρκινικά κύτταρα με ηλεκτρισμό διαφορετικά από ότι τα κανονικά. Ένα μικρό ποσοστό ηλεκτρικού ρεύματος διαπερνάει το στήθος και το ανιχνεύει στο δέρμα του μαστού. Η ηλεκτρική απεικόνιση δεν χρησιμοποιεί ακτινοβολία, ούτε

συμπιέζει τα στήθη. Αυτό το τεστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στην ταξινόμηση των όγκων που βρίσκονται σε μαστογραφίες. Ωστόσο, αυτή τη στιγμή δεν έχουν υπάρξει αρκετές κλινικές δοκιμές, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο του καρκίνου του μαστού. (26)

Μια μορφή υπερήχου είναι και η ελαστογραφία. Κατά τη διαδικασία της ελαστογραφίας, το στήθος συμπιέζεται και με τη βοήθεια του υπερήχου μπορεί να γίνει μια ύποπτη περιοχή σταθερότερη, με αποτέλεσμα να αποδειχθεί εάν είναι κάποιος καρκίνος ή κάποια καλοήθεια, όπως ένας μη καρκινικός όγκος. (27)

Ο καρκίνος του μαστού παραμένει μια σύνθετη, ετερογενής ασθένεια. Αν και η πολιτική και τα οικονομικά ενδέχεται να εμποδίσουν διάφορα οργανωμένα προγράμματα ελέγχου μαστογραφίας σε πολλές χώρες, η συνετή χρήση της ικανής κλινικής εξέτασης και της αυτοεξέτασης μπορεί επίσης να εντοπίσει μικρούς όγκους που οδηγούν σε μειωμένη νοσηρότητα. Ο στόχος του διαγνωστικού ελέγχου είναι να ανιχνεύσει έναν καρκίνο του μαστού, όταν εξακολουθεί ακόμα να είναι θεραπεύσιμος, για να μειώσει τη συγκεκριμένη θνησιμότητα από καρκίνο του μαστού. (28)

Δυστυχώς, όταν οι ασθενείς υποβάλλονται σε μαστογραφίες, οι οποίες δεν είναι για τον τυπικό ετήσιο έλεγχο, έχει επιπτώσεις στις γυναίκες καθώς δεν θα επωφεληθούν οι ίδιες, διότι οι περισσότερες δε θα έχουν καρκίνο του μαστού. Για το λόγο αυτό, οι μαστογραφίες είναι περιοριστικού ελέγχου και η ηλικία ξεκινάει άνω των τριάντα ετών, εκτός βέβαια και αν υπάρχει προδιάθεση ή κληρονομικότητα από νεότερη ηλικία.

Οι συνηθέστεροι κίνδυνοι αφορούν ψευδώς θετικά αποτελέσματα από μια βιοψία και υπερδιάγνωση. Οι ανακλήσεις συμβαίνουν συνήθως, όταν μια απεικονιστική μαστογραφία μπορεί να δείξει κάποιο εύρημα το οποίο θα πρέπει να εξετασθεί με επιπρόσθετες διαγνωστικές μαστογραφίες και υπερήχους. Τα ψευδώς θετικά αποτελέσματα από την άλλη, συνήθως οδηγούν σε κάποιο παθολογικό καλοήθες αποτέλεσμα. (29)

1.5 Διαφορές Διαγνωστικής-Απεικονιστικής

Όσον αφορά την απεικόνιση, το στήθος τοποθετείται ανάμεσα σε δύο πλάκες που ισιώνονται απαλά και απλώνουν τον ιστό. Με μια δισδιάστατη μαστογραφία, η

απεικόνιση θα εξετάσει το στήθος από το μπροστινό και το πλάι, το οποίο μπορεί να εντοπίσει τυχόν ύπαρξη σβώλων. (30)

Η ψηφιακή τομοσύνθεση είναι μια νεότερη διαδικασία που συλλαμβάνει πολλές εικόνες του μαστού και τις συγκεντρώνει σε μια σύνθετη τρισδιάστατη εικόνα. Η τρισδιάστατη μαστογραφία παρέχει μια σαφέστερη εικόνα του ιστού του μαστού και η ακρίβειά του μπορεί να μειώσει τον ρυθμό με τον οποίο ένας ασθενής χρειάζεται να προγραμματίσει μια επίσκεψη παρακολούθησης. (31)

Μεταξύ αυτών των δύο διαδικασιών, η εξέταση μαστογραφιών είναι συνήθως το πρώτο βήμα, που χορηγείται για την ανίχνευση καρκίνου του μαστού σε ασθενείς που δεν έχουν συμπτώματα. Εάν ένα μαστογράφημα διαλογής επιστρέψει με ανωμαλίες, συνιστάται να υποβληθεί ο ασθενής σε διαγνωστική μαστογραφία για να εξερευνηθεί περαιτέρω τον ιστό. (32)

Ο τυπικός ασθενής που υποβάλλεται σε μαστογραφία προσυμπτωματικού ελέγχου δεν έχει συμπτώματα και μέσο κίνδυνο καρκίνου του μαστού, για παράδειγμα, δεν εμφανίζει κανένα οικογενειακό ιστορικό της νόσου και κανένα κομμάτι δεν μπορεί να γίνει αισθητό. Σε αυτήν την περίπτωση, η μαστογραφία ελέγχου εξυπηρετεί δύο σκοπούς, να εξετάσει τον ιστό για τυχόν ανωμαλίες και να δημιουργήσει ένα θεμέλιο για μελλοντικές διαδικασίες για την παρακολούθηση των αλλαγών στον ιστό του μαστού. (33)

Αυτός ο ασθενής, είναι επίσης κάποιος που περνά από το τυπικό πρόγραμμα ελέγχου καρκίνου του μαστού. Κάποιος που δεν έχει οικογενειακό ιστορικό καρκίνου του μαστού, πρέπει να αρχίσει να εξετάζεται μία φορά το χρόνο όταν φτάσει την ηλικία των 40 ετών. Για ασθενείς με οικογενειακό ιστορικό - ιδιαίτερα, συγγενής πρώτου βαθμού που είχε καρκίνο του μαστού - συνιστάται να αρχίσει να εξετάζεται κάποιος 10 χρόνια πριν από τη ηλικία διάγνωσης του συγγενή του. Επιπλέον, οι ασθενείς άνω των 30 ετών που έχουν γενετικό κίνδυνο θα πρέπει να εξετάζονται κάθε χρόνο. Η τυπική μαστογραφία διαλογής διαρκεί από 10 έως 15 λεπτά και ο εποπτικός ιατρός συνήθως δεν είναι παρών στον χώρο της εξέτασης. Για ασφαλιστικούς σκοπούς, ο νόμος για την προσιτή φροντίδα έχει ορίσει ότι ο μαστογραφικός έλεγχος θα πρέπει να είναι δωρεάν, χωρίς κόστος εκτός τσέπης για ασθενείς ηλικίας 40 ετών και άνω.

Πέρα από αυτήν την τυπική διαδικασία, μπορεί να ζητηθούν πρόσθετες προβολές για μαστογραφία διαλογής, ειδικά εάν ένας ασθενής έχει εμφυτεύματα μαστού, αντιμετωπίζει πόνο ή έχει άλλες δυσκολίες στη θέση του. Εάν εντοπιστούν ανωμαλίες

κατά τη διάρκεια της εξέτασης, θα ζητηθεί διαγνωστική μαστογραφία. Αυτή η διαδικασία δείχνει εάν τα σημεία εμφανίζουν καρκίνο του μαστού, ιδιαίτερα εάν ένας ασθενής έχει παρατηρήσει ή εντοπιστεί στη μαστογραφία διαλογής ένα από τα ακόλουθα. Εξόγκωμα, όγκους που είναι πολύ μικροί για να γίνουν αισθητοί, καρκίνωμα αγωγού "in situ" (DCIS), πηγές πόνου στο στήθος, εκκένωση θηλών ή πάχυνση δέρματος, αλλαγή στο μέγεθος ή στο σχήμα του στήθους. (34)

Για ασθενείς που έχουν ήδη υποβληθεί σε διαγνωστική εξέταση ή έχουν υποστεί καρκίνο του μαστού, αυτή η διαδικασία θα ζητηθεί ως συνέχεια για την τακτική αξιολόγηση του ιστού του μαστού.

Ως διαδικασία απεικόνισης, οι διαγνωστικές μαστογραφίες παρέχουν μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας μέσω επιπρόσθετων εικόνων ή προβολών, συμπεριλαμβανομένης της συμπίεσης σημείου ή της συμπίεσης σημείου με μεγέθυνση και μπορούν να παρέχουν περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τις ανωμαλίες που εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια ενός ελέγχου. Με τη σειρά τους, αυτές οι πτυχές μπορούν να συμβάλουν σε μια πιο ακριβή διάγνωση ή να βοηθήσουν στη σύσταση πρόσθετων διαγνωστικών διαδικασιών, όπως μια βιοψία ή ένα υπερηχογράφημα.

Λόγω αυτών των παραγόντων, οι διαγνωστικές μαστογραφίες διαρκούν περισσότερο από τον έλεγχο, αλλά συνήθως διαρκούν όχι περισσότερο από 30 λεπτά. Ένας διαγνωστικός ακτινολόγος εξετάζει τις εικόνες κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, ενώ ο ασθενής βρίσκεται ακόμα στο γραφείο και μπορεί να ζητήσει πρόσθετες εικόνες με μεγέθυνση εάν η διαδικασία εντοπίσει ορισμένες ανωμαλίες ή άλλους τομείς που προκαλούν ανησυχία. (35)

Με το επίπεδο λεπτομέρειας που παρέχεται, μια μαστογραφία μπορεί να αποκαλύψει περαιτέρω, εάν μια ανωμαλία που εντοπίστηκε κατά τη διάρκεια της εξέτασης είναι στην πραγματικότητα ένας φυσιολογικός ιστός. Εάν μια περιοχή εμφανίζεται ανώμαλη, αλλά δεν είναι καρκινική, ο ακτινολόγος μπορεί να συστήσει τακτική παρακολούθηση της περιοχής. Ο ασθενής μπορεί να χρειαστεί να προγραμματίσει την παρακολούθηση κάθε τέσσερις έως έξι μήνες. Είναι σημαντικό για γυναίκες ηλικίας άνω των 40 ετών να υποβάλλονται σε μαστογραφία κάθε χρόνο. (36)

Στη μαστογραφία τρισδιάστατης διαλογής, το δυνατότερο όπλο της είναι η δυνατότητα να ανιχνεύει αλλαγές στους ιστούς του στήθους. Συνήθως, την εξέταση αυτή τη κάνουν γυναίκες οι οποίες δεν παρουσιάζουν συμπτώματα. Επίσης, η

μαστογραφία τρισδιάστατης διαλογής, έχει την ικανότητα να ανιχνεύει και καρκίνους σε πολύ πρώιμο στάδιο. Όταν ένας καρκίνος ανιχνεύεται σε πολύ αρχικό στάδιο είναι δυνατή η απόλυτη απαλειψη του με εφαρμογή της σωστής θεραπείας. Σε περίπτωση που τα ευρήματα είναι σε προχωρημένο στάδιο ή υπάρχουν ανωμαλίες που δε μπορούν να προσδιοριστούν, τότε οι ασθενείς παραπέμπονται σε διαγνωστική μαστογραφία. Για παράδειγμα, μια γυναίκα με κάποιο πρόβλημα του μαστού, όπως οίδημα, πόνος στο στήθος, εκκένωση θηλής ή μη φυσιολογική περιοχή που βρέθηκε σε μια ρουτίνα μαστογράφου διαλογής, θα πρέπει να λάβει διαγνωστική μαστογραφία. (37)

Οι διαγνωστικές μαστογραφίες είναι κατάλληλες για γυναίκες, οι οποίες πρέπει να εξετάζονται διαρκώς, λόγω παλαιότερων διαγνωστικών εξετάσεων με κακοήθη ευρήματα. Εικόνες ή προβολές, ακόμα και μεγεθυντικοί φακοί, χρησιμοποιούνται για να αξιολογηθούν τα ευρήματα των συγκεκριμένων περιοχών. Μπορεί, επίσης, να χρειαστεί να πραγματοποιηθεί εκτός από την λήψη εικόνων μαστογραφίας, και υπερηχογράφημα μαστού.

Η ερμηνεία ενός διαγνωστικού μαστογραφήματος ερμηνεύεται όπως φαίνεται παρακάτω:

- Υπάρχει περίπτωση να ανιχνεύσει μια περιοχή που φαίνεται να παρουσιάζει ανωμαλία, ενώ στη πραγματικότητα να είναι απολύτως φυσιολογική.
- Σε περιπτώσεις που φαίνεται κάποια ανωμαλία ενώ δεν υπάρχει κάτι, ο γιατρός θα συνεχίσει να τη παρακολουθεί για κάθε ενδεχόμενο. Συνήθως, όταν συμβαίνει αυτό, ζητείται από τον ασθενή να κάνει μια διαγνωστική εξέταση μέσα τους επόμενους τέσσερις ή έξι μήνες.
- Τέλος, υπάρχει η πιθανότητα να ζητηθεί από τον ασθενή να κάνει μια βιοψία, έτσι ώστε να σιγουρευτεί ο γιατρός πως η ανώμαλη περιοχή ή το εύρημα που φαίνεται δεν είναι καρκίνος. Στη περίπτωση της βιοψίας βέβαια, δε σημαίνει πως ο ασθενής σίγουρα έχει καρκίνο. Είναι πολύ σημαντικό να επισημανθεί αυτό στον ασθενή, διότι δε θα πρέπει να συντρέχει λόγος ανησυχίας.

Ακτίνες χαμηλής δόσης χρησιμοποιούνται και από τους δύο τύπους μαστογραφιών για να εξετάσουν τους μαστούς. Και η τυπική τρισδιάστατη ψηφιακή μαστογραφία, αλλά και η ψηφιακή μαστογραφία μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η τεχνολογία που χρησιμοποιούν και οι δυο είναι βασικά η ίδια, παρόλα αυτά οι διαφορές τους είναι οι εξής:

- Στο διαγνωστικό έλεγχο η εξέταση διαρκεί περισσότερο, διότι ο ακτινολόγος έχει τη δυνατότητα να εστιάσει σε περιοχές που παρουσιάζουν περίεργα ευρήματα, σε αντίθεση με τις απεικονιστικές μαστογραφίες οι οποίες δεν διαρκούν παραπάνω από δέκα με δεκαπέντε λεπτά.
- Ο επιβλέπων ιατρός δεν χρειάζεται να είναι παρών για απεικονιστική μαστογραφία, ενώ ο ιατρός διερμηνείας παρακολουθεί τη διαγνωστική έκδοση. (38)

Ο μαστογραφικός έλεγχος αναζητά καρκίνο του μαστού σε ασθενείς που δεν έχουν συμπτώματα, ως προληπτικό μέτρο. Δεν χρειάζεται γραπτή παραπομπή από γιατρό για να λάβει κανείς μια μαστογραφία διαλογής, αλλά στον πάροχο υγειονομικής περίθαλψης, θα σταλεί μια τελική αναφορά με τα αποτελέσματα των εξετάσεών. Τα διαγνωστικά μαστογραφήματα είναι μια δεύτερη, βαθύτερη ματιά στα στήθη ενός ασθενούς, με σκοπό τον προσδιορισμό εάν ο ασθενής έχει συμπτώματα ή αν έχει παρατηρηθεί κάποια αλλαγή. Ο ακτινολόγος φαίνεται να αξιολογεί προβλήματα ή ανησυχίες όπως η μάζα, το ψηλαφητό κομμάτι, την εκκένωση της θηλής, τον ασυνήθιστο πόνο στο στήθος ή διάφορες αλλαγές στο δέρμα που μπορεί να έχουν εντοπιστεί σε μια μαστογραφία διαλογής. (30)

1.6 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Μαστογραφίας

Η αξία της μαστογραφίας αμφισβητήθηκε τον Νοέμβριο του 2009, όταν η Ειδική Ομάδα Προληπτικών Υπηρεσιών των ΗΠΑ συνέστησε ότι οι μαστογραφίες για γυναίκες με μέσο κίνδυνο καρκίνου του μαστού θα πρέπει να ξεκινούν στην ηλικία των 50 και όχι στην ηλικία των 40 ετών. Οι αλλαγές στις μαστογραφίες υπήρξαν πάντοτε αμφιλεγόμενες. Όταν όμως ινστιτούτα διεθνούς φήμης και εταιρείες ανήγγειλαν πως όλες οι γυναίκες θα πρέπει να υποβάλλονται σε έλεγχο για το καρκίνο του μαστού με μαστογραφίες από την ηλικία των σαράντα ετών και άνω τα πράγματα ήρθαν στη σωστή σειρά, καθώς η εξέλιξη της τεχνολογίας και της ιατρικής έδωσε σε γυναίκες, που υποβλήθηκαν σε επεμβάσεις, τη δυνατότητα να διατηρήσουν το στήθος τους μετά από τις θεραπείες. Όταν οι ασθενείς διαγνωσθούν νωρίς, οι τοπικοί καρκίνοι μπορούν να αφαιρεθούν χωρίς να καταστραφεί η δομή του μαστού. (39)

Οι μαστογραφίες, φυσικά και δεν είναι τέλειες, καθώς ο ιστός του μαστού έχει τη δυνατότητα να μην εμφανίζει στο μαστογράφημα ευρήματα καρκίνου, δηλαδή να εμφανίζει ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα. Όπως, επίσης, μια μαστογραφία μπορεί να ανιχνεύσει περίεργα ευρήματα, τα οποία παραπέμπουν σε καρκίνο, αλλά στη πραγματικότητα να είναι φυσιολογικό. Αυτό το αποτέλεσμα ονομάζεται ψευδώς θετικό. Για το λόγο αυτό, καλό θα είναι οι γυναίκες να κάνουν αυτοεξέταση μαστού, τακτικές επισκέψεις για εξετάσεις μαστού από έναν έμπειρο επαγγελματία υγείας και φυσικά να πραγματοποιούν τη καθιερωμένη μαστογραφία κάθε χρόνο ή όποτε είναι απαραίτητο, ανάλογα με την κατάσταση του κάθε ασθενούς. Πολύ ανησυχητικό για τις γυναίκες είναι η έκθεση στην ακτινοβολία όταν πραγματοποιείται μια μαστογραφία. Σύμφωνα με έρευνες, η μαστογραφία έχει λιγότερη ποσότητα ακτινοβολίας από μια τυπική ακτινογραφία θώρακος. Η τεχνολογία έχει μεριμνήσει και για αυτό, με αποτέλεσμα ο κίνδυνος από την έκθεση σε ακτινοβολία κάθε χρόνο όλο και μειώνεται. Εάν μια γυναίκα υποβληθεί σε εξαμηνιαία εξέταση μαστογραφίας από την ηλικία των 50 έως 69 ετών, αυτός ο κίνδυνος μπορεί να αυξηθεί στο 8,9%. (40)

Οι γυναίκες θα πρέπει κάθε δύο χρόνια να ελέγχονται για καρκίνο του μαστού, με σκοπό να μειώνεται και ο κίνδυνος από τις χημειοθεραπείες που πρέπει να πραγματοποιήσει ο ασθενής στην περίπτωση που εμφανιστεί κάποια κακοήθεια. Σε περίπτωση εμφάνισης κάποιας ανωμαλίας ή καρκίνου σε αρχικό στάδιο, η θεραπεία μπορεί να πραγματοποιηθεί και χωρίς χημειοθεραπείες. Μεγάλος αριθμός γυναικών που δεν πραγματοποιούσαν την ετήσια ή εξαμηνιαία μαστογραφία έχουν διαγνωσθεί με καρκίνο του μαστού, κάτι που μπορεί να αλλάξει εάν υπάρχει σωστή ενημέρωση και έγκαιρη διάγνωση. (41)

Ο έλεγχος του καρκίνου του μαστού κάθε 2 χρόνια για διάστημα 20 ετών, μπορεί να οδηγήσει σε περίοδο αναμονής και άγχους όταν απαιτούνται πρόσθετες εξετάσεις. Από μελέτες έχει φανεί ότι σχεδόν οι μισές γυναίκες που συμμετέχουν στον έλεγχο για 20 χρόνια, 453 στις 1.000, έχουν τουλάχιστον μία επιπλέον εξέταση να πραγματοποιήσουν. (42)

Όταν γίνεται λόγος περί υπεδιάγνωσης, εννοείται η ανίχνευση μιας νόσου η οποία δεν θα είχε ανιχνευθεί ποτέ, εάν δεν είχε γίνει ο απαραίτητος έλεγχος. Η έγκαιρη διάγνωση μιας νόσου, σημαίνει πως υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό στο να αποφευχθεί η εξάπλωση της νόσου και να ξεκινήσει η θεραπεία άμεσα, για την αποτροπή της

εξάπλωσης. Οι μαστογραφίες είναι απαραίτητες και αποτελεσματικές για τον εντοπισμό του καρκίνου σε αρχικό στάδιο. Σύμφωνα με μελέτες, έχει αποδειχθεί πως οι γυναίκες που εξετάζονται τακτικά, δεν αναπτύσσουν κάποια νόσο, αλλά και αν παρατηρηθεί αντιμετωπίζεται καθώς είναι σε πρώιμο στάδιο. Οι καρκίνοι του μαστού παρατηρούνται κυρίως σε γυναίκες οι οποίες έχουν ξεπεράσει το πεντηκοστό έτος της ηλικίας τους. Στα μαστογράμματα, δεν εμφανίζονται πάντοτε όλοι οι καρκίνοι. (43) Για τις ασυμπτωματικές γυναίκες, οι μαστογραφίες είναι η καταλληλότερη μέθοδος για έλεγχο τυχών ανωμαλιών ή καρκίνων του μαστού. Το θέμα της ακτινοβολίας έχει απασχολήσει πολλούς μελετητές και μάλιστα έχει χρησιμοποιηθεί και ως επιχείρημα κατά του προσυμπτωματικού ελέγχου. (44)

Ο μαστογραφικός έλεγχος έχει ως βασικό του στόχο την μείωση της θνησιμότητας. Ο θάνατος από καρκίνο του μαστού ή από άλλες ανωμαλίες εμφανίζεται πολύ αργότερα από τη διάγνωσή του, με αποτέλεσμα κατά τη διάρκεια αυτού του διαστήματος πολλοί παράγοντες να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. (45)

Τέλος, η υπερβολική διάγνωση του καρκίνου του μαστού σε ένα πρόγραμμα διαλογής, περιγράφει το γεγονός ότι σε έναν πληθυσμό που έχει υποβληθεί σε διαλογή εντοπίζονται περισσότεροι καρκίνοι του μαστού από ότι σε έναν συγκρίσιμο πληθυσμό χωρίς οθόνη που έχει την ίδια ηλικία και σύνθεση. Μέρος των επιπρόσθετων καρκίνων που εντοπίζονται στην ομάδα διαλογής δεν θα γινόταν ποτέ εμφανής χωρίς τον έλεγχο και την ανίχνευσή τους και έτσι δεν θα συνέβαλλε στη μείωση της θνησιμότητας. Ο λόγος για αυτό είναι ότι ο υπερβολικά διαγνωσμένος καρκίνος, ο οποίος ιστοπαθολογικά αντιπροσωπεύει μια πραγματική κακοήθεια, δεν αποτελεί απειλή για τη ζωή αυτής της γυναίκας, δεδομένου ότι θα είχε πεθάνει από μια διαφορετική αιτία πριν ο καρκίνος, χωρίς έλεγχο, γίνει εμφανής. (46)

1.7 Περιορισμοί

Η μαστογραφία είναι πιθανώς η πιο έντονα συζητημένη ιατρική εξέταση της εποχής μας, καθώς, όπως εφαρμόζεται σήμερα, η μαστογραφία θα μπορούσε να είναι πιο βελτιωμένη. (47)

Η χρησιμότητα της μαστογραφίας έχει διττή σημασία. Πρώτον, τον έλεγχο και δεύτερον, τη διάγνωση. Η μαστογραφία διεξάγεται σε γυναίκες που δεν έχουν συμπτώματα ή ευρήματα ανωμαλιών και πραγματοποιείται για την έγκαιρη

ανίχνευση τυχόν ευρημάτων. Αντιθέτως, ο στόχος του διαγνωστικού ελέγχου είναι να σώσει ζωές και όχι να ανιχνεύσει απλώς μια νόσο. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα της διαλογής είναι ότι, οι μικροί όγκοι που ανιχνεύονται στην οθόνη μπορούν να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά με λιγότερο επιθετικά και σκληρά σχήματα από τους μεγαλύτερους όγκους. Από την άλλη, η διαγνωστική μαστογραφία πραγματοποιείται για να ανιχνεύσει και να εντοπίσει συγκεκριμένα σημεία, τα οποία φαίνονται ύποπτα μετά από κάποια πιθανή βιοψία.

Ο έλεγχος είναι απαραίτητος, είτε εμφανίζονται συμπτώματα στον ασθενή, είτε όχι, για οποιαδήποτε νόσο που επιτρέπει προληπτικό έλεγχο. Αυτό συμβαίνει, διότι η διάγνωση κάποιας νόσου σε αρχικό στάδιο μπορεί να αποτρέψει την εξάπλωσή της με τη εφαρμογή μιας κατάλληλης και έγκαιρης θεραπείας. Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, οι οδηγίες διαλογής αποτελούνται από πέντε βασικές αρχές οι οποίες ισχύουν για τις μαστογραφίες, αλλά και για τον καρκίνο του μαστού και αναφέρονται στις νόσους που είναι σοβαρές και πλήττουν πολύ κόσμο. Τα τεστ που πραγματοποιούνται είναι πολύ συγκεκριμένα και μπορούν να αλλάξουν τη θεραπεία και το αποτέλεσμα και τέλος, η δοκιμή είναι ανεκτή και προσιτή οικονομικά. Οι συνέπειες αυτών των αρχών είναι ότι, η ασθένεια πρέπει να είναι αρκετά διαδεδομένη στον πληθυσμό ή ο υποπληθυσμός να ελέγχεται, έτσι ώστε να δικαιολογεί τη δοκιμή ατόμων, τα οποία δεν εμφανίζουν σημάδια ή συμπτώματα των ασθενειών. (48)

Ο ρόλος και η χρησιμότητα, αλλά και η αποτελεσματικότητα της μαστογραφίας έχει αμφισβητηθεί ανά τα χρόνια με το επιχείρημα πως μπορεί να προκαλέσει βλάβη, όπως σωματική, συναισθηματική, κοινωνική και ψυχολογική. Ο λόγος για οικονομική βλάβη, αναφέρεται στο κόστος των εξετάσεων που απαιτούνται για τη διάγνωση μετά από μια μαστογραφία, όπου έχουν παρατηρηθεί ήδη ανωμαλίες. Η βλάβη μεταξύ των γενεών, αναφέρεται στην πιθανότητα αύξησης των ασφαλιστικών τελών για τις κόρες των γυναικών που είχαν διαγνωστεί με μια πάθηση, που δεν οδήγησε σε δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία και εντοπίστηκε μόνο κατά τη διάρκεια μιας μαστογραφίας διαλογής. (49)

Φυσικά, στους περιορισμούς συμπεριλαμβάνεται και η υπερδιάγνωση, η έκθεση στην ακτινοβολία και τα λανθασμένα συμπεράσματα. Η αξία ενός μαστογραφικού ελέγχου εξαρτάται από τη συνολική υγεία μιας γυναίκας. Οι κατευθυντήριες γραμμές για τον έλεγχο του καρκίνου του μαστού της Αμερικανικής Εταιρείας Καρκίνου τονίζουν ότι, οι γυναίκες με σοβαρά προβλήματα υγείας ή με σύντομο προσδόκιμο ζωής πρέπει να

συζητήσουν με τους γιατρούς τους εάν είναι ωφέλιμο να συνεχίσουν να πραγματοποιούν μαστογραφίες. Ο παράγοντας της ηλικίας δεν είναι λόγος για να σταματήσει ο έλεγχος δια της μαστογραφίας, αντιθέτως θα πρέπει να είναι απαραίτητος για συμπτωματικές και μη γυναίκες. (50)

Κεφάλαιο 2^ο

Τρόποι Απεικόνισης Μαστού

2.1 Μαστογραφία

Στο πρώτο κεφάλαιο, έγινε η ανάλυση της μαστογραφίας, η οποία είναι μια εικόνα ακτινογραφίας του μαστού. Η μαστογραφία παραπέμπεται από τους γιατρούς, αφενός για προληπτικούς λόγους, αφετέρου για να ανιχνεύουν καρκίνους και ανωμαλίες σε αρχικά στάδια, με σκοπό να επέλθει άμεση θεραπεία για την αντιμετώπισή τους. Σύμφωνα με διάφορες μελέτες, ο τακτικός έλεγχος μέσω της μαστογραφίας, μπορεί να ανιχνεύσει ευρήματα έως και τρία χρόνια πριν αυτά γίνουν αισθητά. Μια μαστογραφία είναι μια μη επεμβατική εξέταση του μαστού, η οποία μπορεί να ανιχνεύσει καρκίνο του μαστού και λοιπές άλλες ασθένειες του μαστού, όταν είναι ευκολότερα στη θεραπεία. Κατά τη διάρκεια μιας μαστογραφίας, ένας τεχνικός θα χρησιμοποιήσει μια ειδική μηχανή για τη λήψη ακτινογραφιών των μαστών του ασθενή. Το μηχάνημα, συμπιέζει το στήθος μεταξύ δύο πλακών για να παρέχει μια σαφέστερη εικόνα του ιστού του μαστού. Στη συνέχεια, ένας ακτινολόγος εξετάζει τις εικόνες που τραβήχτηκαν κατά τη διάρκεια της μαστογραφίας για να εντοπίσει τυχόν περιοχές ανωμαλίας. Οι γιατροί θεωρούν μια μαστογραφία ως "εξέταση διαλογής", επειδή η εξέταση μπορεί να εντοπίσει μάζες ή άλλες ανωμαλίες στο στήθος, αλλά δεν μπορεί να προσδιορίσει εάν αυτές οι ανωμαλίες είναι κακοήθεις, καρκίνος. Ο γιατρός θα χρησιμοποιήσει τα αποτελέσματα της μαστογραφίας του ασθενή για να καθορίσει εάν απαιτείται πρόσθετη δοκιμή. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι μαστογραφίας, η συμβατική/ψηφιακή, η τρισδιάστατη τομοσύνθεση και η απεικόνιση μαγνητικής τομογραφίας, οι οποίες θα αναλυθούν στις παρακάτω ενότητες.

Πολλά κέντρα απεικόνισης, βρίσκονται τώρα στη διαδικασία μετάβασης από την παραδοσιακή μαστογραφία φιλμ, στην ψηφιακή μαστογραφία. Καθώς οι ακτινολόγοι συνηθίζουν να διαβάζουν τις ψηφιακές, μπορεί να είναι πιο πιθανό να καλέσουν μια γυναίκα να επιστρέψει για να γίνει λήψη περισσότερων απόψεων πιθανώς ύποπτων περιοχών. Ένα εργαλείο που χρησιμοποιούν οι γιατροί για την έγκαιρη ανίχνευση καρκίνου του μαστού είναι το μαστογράφημα. Μια μαστογραφία περιλαμβάνει τη λήψη εικόνων ιστού μέσα στο στήθος για την ανίχνευση τυχόν ανώμαλου ιστού που

μπορεί να είναι καρκινικός. Οι γιατροί συνιστούν στις γυναίκες να λαμβάνουν ετήσια μαστογραφία για να ελέγχουν για καρκίνο του μαστού, συνήθως ξεκινώντας μεταξύ των ηλικιών 40 και 50 ετών.

2.1.1 Ψηφιακή Μαστογραφία

Ο σκοπός της ψηφιακής μαστογραφίας είναι να καταγράψει ακτινογραφικά την εικόνα, όχι σε ταινία, αλλά ηλεκτρονικά, σε ψηφιακή μορφή. Οι εικόνες έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύονται είτε ψηφιακά σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, αλλά και να εμφανίζονται σε οθόνες φθορισμού, είτε να αποθηκεύονται μεταφέροντάς τες σε έντυπα αντίγραφα. Στόχος της χρήσης της ψηφιακής μαστογραφίας είναι να περιορίσει την αντίθεση, να αποτρέψει την αποθήκευση των ταινιών και να λύσει γενικότερα πολλά προβλήματα που προκύπτουν στη μαστογραφία ταινιών. (51)

Η ψηφιακή μαστογραφία είναι μια προηγμένη μορφή διαλογής που προσφέρει ανίχνευση της νόσου του μαστού δευτεροβάθμια στη βελτιωμένη αποτελεσματικότητα της απορρόφησης των φωτονίων ακτίνων-x, μεγαλύτερη ανάλυση αντίθεσης σε μεγαλύτερο δυναμικό εύρος. Όταν πραγματοποιείται μια μαστογραφία, μέσω διέγερσης πλακών φωτοδιεγερόμενου φωσφόρου χωρίς τη χρήση ενεργού μήτρας, η εικόνα αποτυπώνεται σε ένα φιλμ, διότι τα φωτόνια των ακτίνων-x εκπέμπουν φως από μια οθόνη φωσφόρου. Σε δεύτερο στάδιο, γίνεται μια φωτογραφική επεξεργασία μέσα από την οποία παράγεται μια εικόνα φιλμ, η οποία είναι η αυθεντική μαστογραφία. Σε αντίθεση με την ψηφιακή μαστογραφία, τα φωτόνια των ακτίνων-x απορροφώνται από ένα υλικό φτιαγμένο από φώσφορο, το οποίο προσβάλλει τον ψηφιακό ανιχνευτή και δημιουργείται στη συνέχεια σε ηλεκτρονική μορφή. Όταν πραγματοποιούνται οι μαστογραφίες, οι ακτινολόγοι έχουν την δυνατότητα να επεξεργάζονται τις εικόνες αλλάζοντας είτε τη φωτεινότητα, είτε την αντίθεση των χρωμάτων και τις σκιάσεις, καθώς και να μεγεθύνουν και να εστιάζουν σε περιοχές που παρουσιάζονται ευρήματα, τα οποία χρήζουν περαιτέρω παρακολούθησης. Εδώ, λοιπόν, βρίσκεται και η σημαντικότερη διαφορά της ψηφιακής έναντι της μαστογραφίας μεμβράνης καθώς η πρώτη παρέχει πληροφορίες στον ασθενή χωρίς να δέχεται μεγάλο ποσοστό ακτινοβολίας και συμπίεσης του μαστού. (52)

Οι ψηφιακές μελέτες δίνουν τη δυνατότητα απεριόριστης ανάλυσης αντιθέσεων, καθώς και τη διάγνωση με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, την ικανότητα να μεταδίδει με γρήγορο ρυθμό τις εικόνες, όπως επίσης, και τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης για την εύρεση μιας κακοήθειας. (53)

Οι περισσότερες μονάδες υγείας πλέον χρησιμοποιούν τις ψηφιακές μαστογραφίες, οι οποίες έχουν αποκτήσει τα τελευταία χρόνια μεγάλη δημοτικότητα. Η συμβατική μαστογραφία διαλογής επίσης, έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται. (51)

Σε αντίθεση με τη μαστογραφία που βασίζεται σε φιλμ, η ψηφιακή μαστογραφία χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς αγωγούς, οι οποίοι συνδέονται σε υπολογιστή, έτσι ώστε να εμφανίσει μια εικόνα του εσωτερικού του μαστού για τις πιο καθαρές, ακριβέστερες εικόνες και για να οδηγήσει στη συνέχεια σε μια σωστή διάγνωση. Οι ακτινολόγοι, εξετάζουν τις εικόνες και συζητούν μαζί με τους ασθενείς τα αποτελέσματα. Εάν ο γιατρός αισθάνεται ότι ένας ασθενής χρειάζεται επιπλέον αξιολόγηση, θεραπεία ή βιοψία, προσπαθεί να προγραμματίσει τον επανέλεγχο την ίδια ημέρα ή μέσα σε μια εβδομάδα. Ο εξοπλισμός υπερήχων και μαγνητικής τομογραφίας είναι επίσης διαθέσιμος για την αξιολόγηση των ύποπτων μαζών. (52)

Ένας μεγάλος αριθμός ηλεκτρονικών εικόνων μεταδίδονται, μέσω της ψηφιακής απεικόνισης, σε τρισδιάστατες προβολές, οι οποίες αφαιρούνται μεταξύ τους. Οι τομείς της ενεργού έρευνας περιλαμβάνουν τομοσύνθεση, στερεομαστογραφία, μαστογραφία αφαίρεσης διπλής ενέργειας και μαστογραφία μέσου αντίθεσης. Αυτού του είδους τα συστήματα έχουν την ικανότητα να προσδιορίζουν μια ακριβή διάγνωση, αποτρέποντας τα ψευδώς θετικά αποτελέσματα και βοηθώντας στις επεμβάσεις. Τα οφέλη της ψηφιακής μαστογραφίας έναντι της παραδοσιακής μαστογραφίας φιλμ, αφορούν την απόκτηση εικόνας και τη διευκόλυνση της αποθήκευσης. Η επεξεργασία της ψηφιακής εικόνας μπορεί να διαχειρίζεται την αντίθεση της εικόνας και να ενισχύει τις λεπτές διαφορές αντίθεσης. Από την εισαγωγή της, έχουν πραγματοποιηθεί δοκιμές διαλογής με βάση τον πληθυσμό που συγκρίνουν μεμβράνη οθόνης και ψηφιακή μαστογραφία πλήρους πεδίου. Στο Όσλο της Νορβηγίας είχε γίνει μια μελέτη, κατά την οποία τρεις χιλιάδες εξακόσιες ογδόντα τρεις γυναίκες ετών από πενήντα έως εξήντα εννέα, υποβλήθηκαν σε μαστογραφία πλήρους πεδίου ψηφιακής μαστογραφίας και μαστογραφίας μέσω φιλμ. Στα αποτελέσματα των ερευνητών δε βρέθηκαν ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές στα ποσοστά ανίχνευσης του καρκίνου ανάμεσα στις δυο μαστογραφίες. Σε μια άλλη

έρευνα που έγινε στις Ηνωμένες Πολιτείες στον Καναδά, αντίστοιχα, εξετάστηκαν δοκιμαστικά γυναίκες με ψηφιακή μαστογραφία και απεικόνιση με φιλμ. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η ψηφιακή μαστογραφία ήταν ακριβέστερη σε γυναίκες κάτω των πενήντα ετών, σε γυναίκες που ήταν σε προεμμηνοπαυσιακή περίοδο, αλλά και σε γυναίκες με πυκνά στήθη. (54)

Η ψηφιακή μαστογραφία, πρέπει να μπορεί να απεικονίζει μέχρι και τις λεπτότερες διαφορές στην πρόσληψη αντίθεσης από τους όγκους, σε σύγκριση με τον ιστορικό ιστό. Επίσης, έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει όγκους και ανωμαλίες σε μικρότερο μέγεθος από εκείνους που ανιχνεύονται στη συμβατική μαστογραφία μεμβράνης. (55)

Η διαγνωστική δοκιμή μαστογραφίας, θα βοηθήσει σημαντικά στον καθορισμό της πραγματικής αποτελεσματικότητας αυτής της εξελισσόμενης τεχνολογίας. Όπως συμβαίνει με όλες τις ερευνητικές μελέτες, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή, γιατί τα προκαταρκτικά αποτελέσματα βασίζονται μόνο σε έναν περιορισμένο αριθμό δεδομένων. (56)

2.1.2 Τρισδιάστατη Τομοσύνθεση

Η τρισδιάστατη μαστογραφία, η οποία ονομάζεται και τομοσύνθεση μαστού, αποτελεί έναν τύπο ψηφιακής μαστογραφίας όπου χρησιμοποιούνται ακτίνες-x, με στόχο τη λήψη αρκετών φωτογραφιών του μαστού με αποτέλεσμα την δημιουργία τρισδιάστατων εικόνων. Η τομοσύνθεση αποτελεί ένα καινοτόμο τύπο ψηφιακής μαστογραφίας, που μπορεί να δημιουργήσει τρισδιάστατες εικόνες του μαστού. Ο κύριος σκοπός του είναι να ανιχνεύει ανωμαλίες και κακοήθειες, καρκίνους σε αρχικό στάδιο, καθώς βελτιώνει γενικότερα τις ικανότητες της μαστογραφίας. (57)

Η διαδικασία της εξέτασης με τομοσύνθεση έχει ως εξής, ένας βραχίονας ακτίνων-x σαρώνεται από ένα ελαφρύ υλικό σαν τόξο πάνω στους μαστούς και έτσι μπορεί να παράγει πολλές εικόνες χαμηλής δόσης, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία τρισδιάστατων ηλεκτρονικών απεικονίσεων. Οι εικόνες περιλαμβάνουν λεπτές φέτες ενός χιλιοστού, επιτρέποντας στον ακτινολόγο να κάνει κύλιση σε εικόνες ολόκληρου του μαστού, όπως να γυρίζει σε σελίδες ενός βιβλίου και να παρέχει περισσότερες λεπτομέρειες από ότι ήταν δυνατόν στο παρελθόν. Οι τρισδιάστατες εικόνες μειώνουν την αλληλοεπικάλυψη του ιστού του μαστού και

επιτρέπουν σε έναν ακτινολόγο να δει καλύτερα μέσω του μαστού στο μαστογράφημα. (58)

Πολλές φορές, στην συμβατική/ψηφιακή μαστογραφία, ο ακτινολόγος βλέπει τους ιστούς να επικαλύπτονται σε επίπεδες εικόνες με αποτέλεσμα, λόγω αυτής της επικάλυψης, να γίνεται δύσκολο να ανιχνευθούν οι καρκίνοι που τυχόν υπάρχουν. Ακόμη, η επικάλυψη μπορεί μερικές φορές να δημιουργήσει περιοχές που παρουσιάζονται ανώμαλες, αλλά απαιτούν πρόσθετες εξετάσεις για να διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχει τελικά καρκίνος, τα λεγόμενα ψευδώς θετικά. (59)

Η ψηφιακή μαστογραφία έχει ανοίξει το δρόμο σε προηγμένες εφαρμογές, χωρίς αυτό να σημαίνει πως είναι ανώτερη από τη μαστογραφία με φιλμ. Σε αρκετές έρευνες φαίνεται πως η τομοσύνθεση του μαστού είναι ο καταλληλότερος έλεγχος για την ανίχνευση των ανωμαλιών του μαστού, καθώς αντιμετωπίζει τους περιορισμούς της ψηφιακής μαστογραφίας. Από μελέτες έχει φανεί ότι, η τομοσύνθεση αυξάνει κατά μεγάλο ποσοστό την ανίχνευση καρκίνου του μαστού, ενώ παράλληλα μειώνει τον αριθμό των ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων. (60)

Μέχρι το έτος 2019, στην Αμερική βρίσκονταν σε εξέλιξη τρεις μονάδες τομοσύνθεσης από τουλάχιστον τρεις κατασκευαστές, αλλά καμία συσκευή δεν έχει εγκριθεί ακόμη για κλινική χρήση. Πρέπει να πραγματοποιηθούν τροποποιήσεις όπως την εισαγωγή νέου λογισμικού για την απόκτηση, επεξεργασία και προβολή εικόνων. (61)

Τα πλεονεκτήματα της τομοσύνθεσης είναι πως προσφέρει βελτιωμένη ακρίβεια διάγνωσης και διαλογής και δίνει μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στον ακτινολόγο ως προς την ακριβέστερη διάγνωση και εμφάνιση τυχόν ευρημάτων. (62)

Οι ανακατασκευασμένες φέτες τομοσύνθεσης μειώνουν ή εξαλείφουν τα προβλήματα που προκαλούνται από την επικάλυψη ιστών και τον θόρυβο της δομής μιας μονοδιάστατης απεικόνισης διαστάσεων μαστογραφίας. (63)

Ο τρόπος που απεικονίζει η τομοσύνθεση, είναι φτιαγμένος από χαμηλές δόσεις με ανοίγματα, κάθε απόκτηση έχει πέντε έως δέκα φορές περισσότερο της φυσιολογικής μαστογραφίας μιας προβολής. Ο υποδοχέας της εικόνας έχει υψηλό κβαντικό αριθμό αποδοτικότητας και δεν κάνει θόρυβο, έτσι οι εικόνες αποκτώνται με γρήγορο ρυθμό. Η τρισδιάστατη απεικόνιση έχει φυσικά καλύτερη ορατότητα και δυνατότητες ανάγνωσης. (64)

Το σύστημα τομοσύνθεσης πρέπει να είναι ικανό να λειτουργεί σε όλες τις υπάρχουσες 2D ψηφιακές μαστογραφικές εξετάσεις και επιπλέον, στις εξαγορές τομοσύνθεσης. Εικόνες τομοσύνθεσης, πρέπει να μπορούν να ληφθούν σε όλους τους τυπικούς προσανατολισμούς. Το σύστημα πρέπει, επίσης, να είναι σε θέση να πάρει μια κανονική 2D μαστογραφία και η εξέταση τομοσύνθεσης να έχει την ίδια συμπίεση. Για να διευκολυνθεί αυτό, απαιτείται η αυτόματη ανάκληση πλέγματος, έτσι ώστε το σύστημα να μπορεί γρήγορα και αυτόματα να εναλλάσσεται μεταξύ τρόπων απεικόνισης δισδιάστατης και τρισδιάστατης. (61)

2.1.3 Απεικόνιση Μαγνητικής Τομογραφίας

Η μαγνητική τομογραφία ή διαφορετικά μαγνητικός συντονισμός (MRI) του μαστού, αποτελεί μια εξειδικευμένη διαγνωστική τεχνική, η οποία χρησιμοποιεί ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο, ραδιοκύματα και έναν υπολογιστή για την παραγωγή λεπτομερών εικόνων των δομών που υπάρχουν μέσα στον μαστό. Έχει ως κύριο ρόλο να συμπληρώνει τον έλεγχο του μαστού, έπειτα από μια μαστογραφία ή ένα υπερηχογράφημα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο γυναικών υψηλού κινδύνου για καρκίνο του μαστού, για την αξιολόγηση της έκτασης του καρκίνου μετά τη διάγνωση ή για περαιτέρω αξιολόγηση ανωμαλιών που παρατηρούνται στη μαστογραφία. Ο μαγνητικός συντονισμός μαστού δεν χρησιμοποιεί ιοντίζουσα ακτινοβολία και αποτελεί την καλύτερη μέθοδο για να διαπιστωθεί εάν έχουν σπάσει τα εμφυτεύματα στήθους σιλικόνης. Σε γενικές γραμμές, η μαγνητική τομογραφία μαστού δεν πρέπει να πραγματοποιείται χωρίς πρώτα να γίνει συμβατική απεικόνιση. (65)

Κατά την διαδικασία του MRI πρέπει απαραίτητα να χορηγηθεί στον ασθενή ενδοφλέβια σκιαγραφική ουσία, η οποία έχει ως βάση το γαδολίνιο, οπότε θα πρέπει προηγουμένως να διαπιστωθεί μήπως ο ασθενής εμφανίζει αντένδειξη στη συγκεκριμένη ουσία. Το καλύτερο περιβάλλον για πραγματοποίηση μαγνητικής τομογραφίας είναι ένα πολυεπιστημονικό, στο οποίο θα δίνεται η δυνατότητα πρόσβασης σε επιπλέον μορφές απεικόνισης μαστού. Οι ακτινολόγοι που έχουν εμπειρία στη μαγνητική τομογραφία, αλλά χωρίς ισχυρή γνώση της νόσου και της διάγνωσης του μαστού, έχουν συχνά μεγάλες δυσκολίες με την ερμηνεία των μελετών μαγνητικής τομογραφίας μαστού. Ο ακτινολόγος που ερμηνεύει τη μαγνητική

τομογραφία μαστού, πρέπει να έχει πλήρη κατανόηση της παθολογίας του μαστού και της διαγνωστικής λειτουργίας των παθήσεων του μαστού, να συνεργάζεται στενά με έναν χειρουργό μαστού και έναν παθολόγο, να έχει εμπειρία στην ερμηνεία μαστογραφιών και υπερηχογραφήματων μαστού και να είναι έμπειρος σε τεχνικές βιοψίας μαστού με καθοδήγηση εικόνας. (66)

Η μαγνητική τομογραφία μαστού βασίζεται στην ανίχνευση μη φυσιολογικής ενίσχυσης που προκαλείται από νεοαγγειογένεση, η οποία σχετίζεται με κακοήθεια. Η χρήση της μαγνητικής τομογραφίας αυξήθηκε σε μεγάλο βαθμό, με αποτέλεσμα να υπάρχει και αύξηση της ανίχνευσης τυχαίων ανωμαλιών, οι οποίες μπορεί να είναι ορμονικές αλλαγές, καλοήθεις ή κακοήθεις όγκοι και είτε φυσιολογικοί, είτε δυσπλαστικοί ιστοί. Η προέλευση των ανωμαλιών που ανιχνεύονται θα πρέπει να γίνει γνωστή, έτσι ώστε να μην γίνει παράλειψη πιθανού καρκίνου. (67)

Τρεις στρατηγικές χρησιμοποιούνται συνήθως για τη διάγνωση αυτών των βλαβών, η εκτέλεση επαναλαμβανόμενης μαγνητικής τομογραφίας - υπερηχογράφημα δεύτερης εμφάνισης - η επανάληψη της μαγνητικής τομογραφίας μαστού σε άλλη κατάλληλη στιγμή ή η πραγματοποίηση βιοψίας με βελόνα, με καθοδήγηση μαγνητικής τομογραφίας. Μειονεκτήματα του MRI είναι πως αποτελεί μια όχι και τόσο διαδεδομένη, δαπανηρή διαδικασία και πως μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερο αριθμό ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων, τα οποία θα οδηγήσουν με τη σειρά τους στη πραγματοποίηση περιττών βιοψιών. Ακόμη, δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία, τα οποία να συστήνουν κατά, αλλά ούτε και υπέρ, της ετήσιας εξέτασης μαγνητικού συντονισμού για γυναίκες, οι οποίες έχουν μέτρια αυξημένο κίνδυνο καρκίνου του μαστού ή για γυναίκες οι οποίες ενδέχεται να διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο καρκίνου του μαστού με βάση ορισμένους παράγοντες, όπως να έχουν προσωπικό ιστορικό καρκίνου του μαστού, δερματικό καρκίνωμα "in situ" (DCIS) ή να έχουν πυκνό στήθος. (68)

Εάν χρησιμοποιείται μαγνητική τομογραφία, θα πρέπει να είναι επιπλέον, όχι στη θέση μιας μαστογραφίας ελέγχου, γιατί παρότι αποτελεί πιο ευαίσθητη εξέταση, μπορεί να εξακολουθεί να μην ανιχνεύει κάποιες κατηγορίες καρκίνων, οι οποίοι μπορούν να ανιχνευθούν από την ψηφιακή μαστογραφία. Η προτιμότερη ηλικία ελέγχου με MRI για υψηλού κινδύνου γυναίκες, είναι τα 30 έτη. (69)

Ένα σύστημα MRI αποτελείται από ένα κυλινδρικό μηχάνημα, μεγάλου μεγέθους, το οποίο δημιουργεί ισχυρό μαγνητικό πεδίο γύρω από τον ασθενή, το οποίο σε

συνδυασμό με τα ραδιοκύματα που αποστέλλονται από ένα σαρωτή, μεταβάλλει την φυσική ευθυγράμμιση των ατόμων υδρογόνου που βρίσκονται στο σώμα. Το σύστημα αυτό, αντίθετα από την ακτινογραφία και την αξονική τομογραφία, δεν κάνει χρήση ακτίνων-x και έτσι δεν προκαλούνται χημικές αλλαγές στους ιστούς. Αντιθέτως, τα ραδιοκύματα ευθυγραμμίζουν ξανά τα άτομα υδρογόνου που υπάρχουν φυσικά στο σώμα. Καθώς οι πυρήνες των ατόμων που λαμβάνουν τα ραδιοκύματα, επανευθυγραμμίζονται στη σωστή τους θέση, στέλνουν ραδιοσήματα. Είναι δυνατή η απόκτηση επιπλέον διατομών, με σκοπό την αποκάλυψη περισσότερων λεπτομερειών. Στη συνέχεια, μέσω υπολογιστών, οι οποίοι επεξεργάζονται τις πληροφορίες, δημιουργείται μια σειρά δισδιάστατων εικόνων της δομής του μαστού, καθένα από τις οποίες δείχνει μια λεπτή φέτα του σώματος. Ο ακτινολόγος είναι αυτός που θα μελετήσει τις εικόνες αυτές από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Η μαγνητική τομογραφία είναι σε θέση να διακρίνει τη διαφορά μεταξύ άρρωστου ιστού και φυσιολογικού ιστού καλύτερα από την ακτινογραφία, την αξονική τομογραφία και τον υπέρηχο. Ορισμένα μηχανήματα μαγνητικής τομογραφίας μοιάζουν με στενά τούνελ, ενώ άλλα είναι πιο ευρύχωρα ή ευρύτερα. (70)

Για την διεκπεραίωση μιας μαγνητικής τομογραφίας μαστού, η γυναίκα συνήθως ξαπλώνει μπρούμυτα πάνω στο τραπέζι της εξέτασης, με το στήθος της τοποθετημένο μέσα από ανοίγματα που υπάρχουν. Για να ελέγξει τη θέση του μαστού, ο τεχνολόγος παρακολουθεί την μαγνητική τομογραφία μέσω ενός παραθύρου, ενώ παρακολουθεί τυχόν πιθανές κινήσεις. Πριν ή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας MRI εγχέεται σε φλέβα αντίθεση, βαφή, η οποία συνδράμει στη καλύτερη περιγραφή των ανωμαλιών στις εικόνες. Από μια πρόσφατη έρευνα, διαπιστώθηκε ότι βλάβες μικρού μεγέθους, που πολλές φορές δεν αναγνωρίζει η τυπική μαστογραφία, μπορούν να εντοπιστούν από την μαγνητική τομογραφία. Επιπρόσθετα, οι νεότερες γυναίκες με πυκνά στήθη και οι γυναίκες με εμφυτεύματα θα πρέπει να προτιμούν τη μέθοδο αυτή. (71)

Ωστόσο, υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί στην εφαρμογή της μαγνητικής τομογραφίας. Μέχρι στιγμής, δεν έχει καταφέρει να αναγνωρίσει ασβεστώσεις που μπορεί να υποδηλώνουν καρκίνο του μαστού και μπορεί να εμφανίζει ψευδώς θετικά αποτελέσματα, τα οποία οδηγούν σε περιττές βιοψίες, πράγμα το οποίο μπορεί να αντιμετωπιστεί με την χρήση εμπορικά διαθέσιμων προγραμμάτων λογισμικού. (72)

2.2 Μαστογραφία Υπέρηχου

Στις μέρες μας, υπάρχει μεγάλη ανάγκη του έγκαιρου προσδιορισμού της παθολογίας του μαστού, καθώς ο καρκίνος του μαστού εξακολουθεί να χαρακτηρίζεται από υψηλή θνησιμότητα. Είναι ακόμα μια πρόκληση για ερευνητικές μελέτες, αφού υπάρχει η ανάγκη νέων συσκευών για την αύξηση της ταυτοποίησης όγκων σε πρώιμα στάδια. Είναι γνωστό ότι, σε γυναίκες με πυκνό στήθος, η μαστογραφία είναι λιγότερο ακριβής στην ανίχνευση καρκίνου και ο κίνδυνος διαλογής αποτυγχάνει στον εντοπισμό δυνητικά θανατηφόρων νεοπλασιών. Με την πάροδο των ετών, εντάχθηκε η χρήση του υπερηχογραφήματος χειρός (HHUS) στην καθημερινή κλινική πρακτική και στον έλεγχο για ορισμένα πρωτόκολλα μελέτης, οδήγησε σε εξαιρετικά αποτελέσματα και σε καλύτερη ανίχνευση όγκων του μαστού. Παρά τα επιτεύγματα αυτά, παρουσιάζονται και ορισμένα ελαττώματα από τη χρήση του HHUS, τα οποία είναι συχνά δύσκολο να επιλυθούν. Τέτοια ελαττώματα είναι η έλλειψη τυποποίησης, το υψηλό επίπεδο μη αναπαραγωγιμότητας δεξιοτήτων, το μικρό οπτικό πεδίο (FOV) και η υψηλή δέσμευση χρόνου του γιατρού. Σε αυτό το σενάριο, η εφεύρεση μιας νέας συσκευής, όπως ο αυτοματοποιημένος υπέρηχος μαστού (ABUS), ο οποίος εισήχθη το έτος 1980, προσπάθησε να ξεπεράσει αυτού του είδους τα προβλήματα προσφέροντας έναν μικρό χρόνο απόκτησης, μεγαλύτερο FOV, απεικόνιση υψηλής ανάλυσης, πολυεπίπεδες μεταρρυθμίσεις και ανιχνευτές που έχουν σχεδιαστεί με στόχο να ταιριάζουν στην κανονική καμπυλότητα του μαστού, ελαχιστοποιώντας τα επαγόμενα τεχνουργήματα της περιφέρειας. Επιπλέον, το ABUS επιτρέπει την αξιολόγηση των εικόνων σε ξεχωριστό χρόνο μετά την απόκτηση, βελτιστοποιώντας το χρόνο του ιατρού. Το ABUS έχει αποδειχθεί, μέσα από πολλές μελέτες, ότι είναι μια εξαιρετική, μη ιοντίζουσα εναλλακτική λύση σε άλλες συμπληρωματικές επιλογές ελέγχου για γυναίκες με πυκνό ιστό στήθους. Πιο αμφιλεγόμενη είναι η δυνατότητα χρήσης του ABUS στην καθημερινή κλινική πρακτική. Υπάρχουν αρκετές μελέτες που δείχνουν ότι, σε σύγκριση με το συμβατικό HHUS, το ABUS φέρει αρκετά πλεονεκτήματα, ωστόσο είναι κατά πολύ μεγαλύτερος ο αριθμός των ασθενών, στους οποίους πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του ABUS. (73)

Ο αυτοματοποιημένος υπέρηχος μαστού αποτελεί ένα υπολογιστικό σύστημα αξιολόγησης ολόκληρου του μαστού. Κάθε στήθος απεικονίζεται πρόσθια, μεσαία και πλάγια, με αυτοματοποιημένο μορφοτροπέα γραμμικής συστοιχίας 6 έως 14

MHz, προσαρτημένο σε άκαμπτη πλάκα συμπίεσης. Αυτό το σύστημα έλαβε την άδεια του Οργανισμού Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) ως πρόσθετο στη μαστογραφική εξέταση το έτος 2008. Ο μορφοτροπέας μετακινείται αυτόματα πάνω από το στήθος, με τρόπο παρόμοιο με αυτόν του HHUS, αποκτώντας εγκάρσιες εικόνες σε κраниοκαύτιες γραμμικές επικαλυπτόμενες σειρές. Κάθε μία από τις τρεις προβολές αποκτά έως περίπου 300 εικόνες δυσδιάστατης απεικόνισης και, από όλες, είναι δυνατή η λήψη πολυπληθών ανακατασκευών ολόκληρου του μαστού, από το δέρμα στο θωρακικό τοίχωμα. Πιο συγκεκριμένα, το στεφανιαίο επίπεδο, γνωστό και ως η "χειρουργική άποψη", είναι απαραίτητο για τη φάση της επανεξέτασης. Σήμερα, διατίθενται διάφοροι τύποι συστημάτων ABUS, συμπεριλαμβανομένων δύο κύριων κατηγοριών, τους σαρωτές με πρηνή και ύπτια θέση. Σε κλινική πράξη αυτή τη στιγμή χρησιμοποιούνται οι σαρωτές σε ύπτια θέση, ενώ οι σαρωτές τύπου πρηνής είναι ακόμη υπό ανάπτυξη. Στην ύπτια θέση, το σύστημα αποτελείται από έναν αρθρωτό βραχίονα με μακρύ μορφοτροπέα, μια οθόνη αφής και έναν ειδικό σταθμό εργασίας για την ερμηνεία της εικόνας. Κατά την διαδικασία του υπερηχογραφήματος, τοποθετείται μια πετσέτα σφουγγαριού κάτω από τον ώμο του ασθενή - αυτό βοηθά στην ομοιόμορφη εξάπλωση του ιστού του στήθους - με τη θηλή να δείχνει προς την οροφή. Μια υποαλλεργική λοσιόν τοποθετείται ομοιόμορφα στο στήθος με μια επιπλέον ποσότητα στην περιοχή της θηλής, έτσι ώστε να επιτρέψει επαρκή επαφή μεταξύ του καθετήρα και του δέρματος. Η σάρωση με αυτοματοποιημένο υπέρηχο μαστού είναι αυτοματοποιημένη και συνεχής. Οι ασθενείς, κατά τη διάρκεια της σάρωσης, καλούνται να αναπνέουν ομαλά και να μένουν ακίνητοι. Ξεκινώντας από το κάτω μέρος του μαστού με στεφανιαία και οβελιαία αναδόμηση, λαμβάνονται στο αξονικό επίπεδο σαρώσεις όγκου. Τα δεδομένα εικόνας αποκτούν αυτόματα όγκο 15,4 cm επί 17,0 cm από το δέρμα στο θωρακικό τοίχωμα βάθους έως 5 cm με πάχος 0,2 mm κάθε φέτα. Για κάθε στήθος λαμβάνονται τρεις διαφορετικοί όγκοι, ο κεντρικός, προσθιοπίσθιος όγκος, με τη θηλή στο κέντρο του αποτυπώματος, σχήμα ντόνατς, ο πλευρικός όγκος που περιλαμβάνει το άνω εξωτερικό τμήμα του ιστού του μαστού με τη θηλή που βρίσκεται στη κατώτερη-έσω γωνία και ο έσω όγκος που περιλαμβάνει το εσωτερικό και κατώτερο τμήμα του ιστού του μαστού. Σε κάθε εξέταση τοποθετείται δείκτης θηλών για τον ακριβή εντοπισμό διαφορετικού τεταρτημορίου του μαστού. Για να διασφαλιστεί ότι οι περιφερειακοί ιστοί και οι περιοχές με βάθος περιλαμβάνονται

στα πεδία της εικόνας, πραγματοποιείται αξιολόγηση του βάθους της σάρωσης. Για βέλτιστη ποιότητα εικόνας, σε γυναίκες με μεγαλύτερο στήθος, λαμβάνονται επιπλέον προβολές, ανώτερες και κατώτερες, με σκοπό να αποφευχθεί ο αποκλεισμός του άνω και βαθύ κεντρικού ιστού. Συμβατικά, για την σάρωση ολόκληρου του μαστού πέρα από τη μασχάλη, αρκούν τρεις σαρώσεις διάρκειας ενός λεπτού. Ωστόσο, υπάρχει η πιθανότητα να πρέπει να πραγματοποιηθεί παραπάνω από μία σάρωση, στην περίπτωση που το στήθος είναι μεγαλύτερου μεγέθους. Συνολικά η διαδικασία διαρκεί περίπου δεκαπέντε λεπτά. Μετά την απόκτηση της εικόνας από τους τεχνικούς, τα δεδομένα αποθηκεύονται και μεταφέρονται σε ειδικούς σταθμούς εργασίας όπου οι ακτινολόγοι, σε ξεχωριστό χρόνο, μπορούν να τα αναθεωρήσουν χρησιμοποιώντας τόσο εγγενείς όσο και ανακατασκευασμένες σαρώσεις. Ως εκ τούτου, το ABUS βοηθάει τους γιατρούς χρονικά, καθώς μπορούν ετεροχρονισμένα να επεξεργαστούν τις εικόνες, αυξάνει την αναπαραγωγιμότητα και προσθέτει νέες διαγνωστικές πληροφορίες με πολυεπίπεδες ανακατασκευές. Από την άλλη πλευρά, μπορούν να προκύψουν και ορισμένοι βασικοί περιορισμοί, όπως το ότι δεν υπάρχουν εργαλεία για την αξιολόγηση της ελαστικότητας και της αγγείωσης των ιστών και ο αποκλεισμός των μασχαλαίων περιοχών από το οπτικό πεδίο. (74)

Υπάρχει ένα λογισμικό, το οποίο συνιστάται καθώς επιτρέπει βελτιστοποιημένες εικόνες ποιότητας με υψηλή ανάλυση και ομοιομορφία. Αυτό οφείλεται σε κάποιους αλγόριθμους όπως είναι η συχνότητα, η σκία θηλών, η αντιστάθμιση κέρδους χρόνου και η απεικόνιση μείωσης κηλίδων. Σε ένα τυπικό πρωτόκολλο ABUS γίνεται σάρωση κάθε στήθους ξεχωριστά, σε τρία επίπεδα, πρόσθια-οπίσθια, πλάγια και έσω, με αποτέλεσμα την απεικόνιση έξι εικόνων και για τους δύο μαστούς. Σε μεγαλύτερα στήθη, υπάρχει περίπτωση να απαιτούνται πρόσθετες προβολές. Σημαντικό ρόλο για την σωστή λήψη εικόνων υψηλής εξέτασης έχει, η τοποθέτηση του μορφοτροπέα, το βάθος, η συμπίεση και η θέση του ασθενή. Θα πρέπει να πραγματοποιούνται τακτικές δοκιμές διασφάλισης ποιότητας για τον εξοπλισμό υπερήχων. Τα δεδομένα όγκου υποβάλλονται μετέπειτα σε αυτόματη επεξεργασία σε πολλαπλή ανακατασκευή, στεφανιαίο και οβελιαίο επίπεδο, και μεταφέρονται σε ειδικό σταθμό εργασίας για ερμηνεία, καθώς τα πλήρη, ανακατασκευασμένα σύνολα εικόνων δεν μπορούν ακόμη να προβληθούν ως δεδομένα στους σταθμούς εργασίας αρχειοθέτησης και επικοινωνίας (PACS). (75)

Αυτή τη στιγμή, χρησιμοποιούνται τρία διαφορετικά συστήματα αυτοματοποιημένων υπερήχων μαστού. Ένα από αυτά είναι το σύστημα υπερήχων του SonoCiné's Adjunctive Breast Ultrasound. Το σύστημα αυτό, ενδείκνυται για χρήση ως πρόσθετο στη μαστογραφία για απεικόνιση B-mode του μαστού και έλαβε άδεια από την Αμερικανική Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) στις Ηνωμένες Πολιτείες το έτος 2008. Ο φορητός υπερηχογράφος στηρίζεται σε μια ρομποτική συσκευή και παράγει μεταξύ 2.000 και 5.000 αξονικών εικόνων της περιοχής που υποβλήθηκε σε έλεγχο. Με την χρήση της ρομποτικής συσκευής περιορίζεται η εξάρτηση από τον χειριστή και συντελεί στην πραγματοποίηση υπερηχογραφήματος μαστού, χωρίς την παρουσία κάποιου τεχνολόγου. Ένα ακόμη σύστημα είναι ο αυτοματοποιημένος σαρωτής όγκου μαστού (ABVS) της Siemens Healthcare. Αποτελεί ένα σύστημα αυτόνομο, το οποίο είναι εξοπλισμένο με αναφορά απεικόνισης μαστού, σύστημα δεδομένων (BI-RADS) για την αξιολόγηση των σαρώσεων και χρησιμοποιεί μορφοτροπέα υψηλής συχνότητας για να αποκτήσει τρισδιάστατη ογκομετρική απεικόνιση του μαστού. Τα συστήματα ABUS, σε συνδυασμό με τη μαστογραφία, αποτελούν ένα ευεργετικό εργαλείο ελέγχου για τον πληθυσμό των γυναικών με μεγάλο στήθος, καθώς έχουν ευαισθησία περίπου ίση με 97 τοις εκατό. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένοι τομείς, οι οποίοι θα πρέπει να αντιμετωπιστούν, καθώς είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία, η οποία ολοένα και αυξάνεται. Πλέον, οι ακτινολόγοι θα χρειάζονται επίσημη εκπαίδευση για την σωστή ερμηνεία των εικόνων, επειδή δεν είναι τόσο εξοικειωμένοι με τον υπέρηχο όσο με άλλες απεικονίσεις και επειδή οι σαρώσεις είναι ογκομετρικές τρισδιάστατες εικόνες. (76)

2.3 Μαστογραφία Μαγνητικής Τομογραφίας

Στην περίπτωση που υπάρχει συγγενικό ιστορικό καρκίνου του μαστού, η μαστογραφία θα πρέπει να αρχίζει πέντε χρόνια νωρίτερα από την ηλικία του προσβεβλημένου ατόμου. Η μαστογραφία μαγνητικής τομογραφίας ή διαφορετικά μαγνητικού συντονισμού (MRM) παρέχει τρισδιάστατες πληροφορίες σχετικά με τον καρκίνο των ιστών του μαστού και είναι πιο ευαίσθητη στην ανίχνευση βλαβών από την τυπική μαστογραφία. Για τον προσδιορισμό της διαγνωστικής ισχύος τόσο των μεθόδων μαγνητικής τομογραφίας, όσο και της τυπικής μαστογραφίας, έχουν διεξαχθεί διάφορες μελέτες παγκοσμίως, στις οποίες πραγματοποιείται σύγκριση

διάγνωσης βλαβών και ιστών καρκίνου του μαστού. Με την εύρεση πολυεστιακών και πολυκεντρικών περιπτώσεων, επιλέγεται η θεραπεία και η περίθαλψη του ασθενή πιο γρήγορα, με αποτέλεσμα η θεραπεία να διαρκέσει λιγότερο χρόνο και ίσως να μειωθεί και η χρήση φαρμάκων, άρα και οι παρενέργειες αυτών. Επίσης, με αυτό τον τρόπο μειώνεται και το κόστος της θεραπείας. Ο πολυεστιακός καρκίνος εμφανίζεται όταν σε ένα τεταρτημόριο ή σε απόσταση μικρότερη των 5 cm, υπάρχουν δύο ή ακόμη και περισσότερες βλάβες καρκίνου. Ο πολυκεντρικός καρκίνος εμφανίζεται όταν δύο ή περισσότερες βλάβες καρκίνου υπάρχουν σε ξεχωριστά τεταρτημόρια, ή σε απόσταση άνω των 5 cm σε ένα τεταρτημόριο. Στην περίπτωση που υπάρχουν βλάβες καρκινικές και στους δύο μαστούς, τότε είναι διμερής καρκίνος. Ένα χρήσιμο εργαλείο για μια καλύτερη διάγνωση και μια αποτελεσματική θεραπεία αποτελεί η διαγνωστική μαστογραφία και η μαστογραφία, με την λήψη των εξετάσεων, δείχνουν περισσότερες βλάβες καρκινικές, πραγματοποιούν εκτίμηση του ασθενή και δίνουν μια καλύτερη διάγνωση. Παγκοσμίως, είναι σε εφαρμογή η χρήση MRM και μαστογραφίας στη διάγνωση του καρκίνου του μαστού. Αυτές οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται επίσης στο Ιράν, αλλά παρόλα αυτά, δεν έχει διεξαχθεί μελέτη σύγκρισης αυτών των δύο μεθόδων για τον εντοπισμό βλαβών και η πραγματοποίηση μελετών σε αυτόν τον τομέα φαίνεται απαραίτητη. (77)

Έχει αναφερθεί για ένα πολύ μικρό ποσοστό, ότι υπάρχει η πιθανότητα υποτροπής των βλαβών του καρκίνου στην ουλή που έχει προκληθεί από το χειρουργείο. Σε τέτοια περίπτωση θα πρέπει οι ασθενείς να εξετάζονται περιοδικά, με μαστογραφία και υπερηχογράφημα. Η ανίχνευση υποτροπής στην προηγούμενη θέση ογκοπλαστικής εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση λόγω των αλλαγών στον ιστό του μαστού μετά από τη διαδικασία της θεραπείας. Θα πρέπει να πραγματοποιούνται πρόσθετες αξιολογήσεις, για να μην γίνει μια περιττή βιοψία ή ένα λανθασμένο χειρουργείο. Αρκετές πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει το σημαντικό ρόλο της απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού μαστού (MRI) για την ανίχνευση υποτροπιάζων βλαβών σε ασθενείς που υποβάλλονται σε θεραπεία με συντηρητική χειρουργική επέμβαση, τετραδεκτομή, και ακτινοθεραπεία. Η μαστογραφία μαγνητικού συντονισμού (MRM) έχει υψηλή ευαισθησία, υψηλή εξειδίκευση και υψηλή ακρίβεια στη διαφοροποίηση των φυσιολογικών αλλαγών της ουλής από τον όγκο του ιστού. Η πολυπαραγοντική αξιολόγηση του μαγνητικού συντονισμού, αποτελεί διαδικασία υψηλότερης ευαισθησίας και εξειδίκευσης. Δεν υπάρχουν

συγκεκριμένα δεδομένα σχετικά με την ακρίβεια του MRM για τη διαφοροποίηση των υποτροπιάζων βλαβών από τις φυσιολογικές αλλαγές της χειρουργικής ουλής στο σημείο της προηγούμενης ογκοεκτομής όταν χρησιμοποιείται ένα πολυπαραγοντικό πρωτόκολλο αξιολόγησης MRM για την ταξινόμηση των επαυξητικών βλαβών. (78)

Η ανάπτυξη της μαστογραφίας μαγνητικού συντονισμού ακολούθησε την πρόοδο απεικόνισης του μαστού και αποτέλεσε έναν νέο τρόπο απεικόνισης, με αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με την ψηφιακή μαστογραφία. Υπάρχουν ενδείξεις ότι, μια προηγούμενη επέμβαση, μπορεί να δημιουργήσει ουλές που θα αποτρέψουν την ανίχνευση των βλαβών, όπως επίσης και ένα πυκνό στήθος, άρα εμφανίζονται κάποια σημαντικά μειονεκτήματα στη χρήση της συμβατικής μαστογραφίας. (79)

Πέρα από το προτέρημα της μαγνητικής τομογραφίας που συντελεί στη μείωση των καρκίνων από την ακτινοβολία υπάρχει και ένας προβληματισμός, καθώς έπειτα από μελέτες αξιολόγησης της μαγνητικής τομογραφίας, αποδείχθηκε ότι η μαγνητική τομογραφία μπορεί να προσδιορίσει λιγότερες κακοήθειες από ότι η συμβατική. Αίτιο του μειονεκτήματος αυτού είναι η αδυναμία του μαγνητικού συντονισμού να ανιχνεύει τις μικροασβεστώσεις καθώς επίσης η εικόνα σχετικά φθηνής ποιότητας που χρησιμοποιεί. Η πρόοδος των τεχνικών σάρωσης, αλλά και η ανάπτυξη εξειδικευμένων σπειρών στήθους, οδήγησαν στην βελτίωση της μαγνητικής τομογραφίας και στην εξέλιξη της ως κλινικά χρήσιμης έρευνας.

Κατά την διαδικασία του μαγνητικού συντονισμού, παράγεται σήμα από τους πυρήνες του υδρογόνου, οι οποίοι είναι ευθυγραμμισμένοι σε μαγνητικό πεδίο και διεγερμένοι σε υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση, όταν αυτοί έρχονται σε επαφή με ραδιοκύματα, χαλαρώνουν ξανά στην κατάσταση ηρεμίας τους. Από αυτή τη διαδικασία προκύπτουν μαγνητικά πεδία και το ηλεκτρομαγνητικό σήμα μετατρέπεται σε εικόνα μέσω ενός μετασχηματισμού Fourier. Σε τελικό αποτέλεσμα, μπορούν να δημιουργηθούν δύο διαφορετικές εικόνες, με πραγματοποίηση αλλαγών του χρονικού διαστήματος. Η διαφορά στις δύο εικόνες είναι ότι στη μία περίπτωση είναι πιο φωτεινό το λίπος, ενώ στην άλλη είναι το νερό. Η ενίσχυση της αντίθεσης έγινε διαθέσιμη με την εισαγωγή σκιαγραφικών με βάση το γαδολίνιο στα μέσα του 1980. Για την βελτίωση της διαύγειας της εικόνας πρέπει να βελτιωθεί η ώσμωση και η διαλυτότητα του νερού και του λίπους και μειωθεί το υπερεντατικό σήμα που παράγεται, πράγμα το οποίο πραγματοποιείται με την χηλίωση του γαδολινίου σε διαιθυλενοτριαμίνη πενταοξικού οξέως (DTPA). Όταν πραγματοποιήθηκαν μελέτες,

μετά από την ενίσχυση της αντίθεσης με τη χρήση του σκιαγραφικού, φάνηκε ότι αυξήθηκε η ευαισθησία του μαγνητικού συντονισμού, αλλά ενισχύθηκαν επίσης και ορισμένες καλοήθειες ή ινοαδενώματα. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν τεχνικές γρήγορης σάρωσης όπως το turbo FLASH. Αυτές οι τεχνικές επιτρέπουν δυναμική MRM, η οποία χρησιμοποίησε μια ανάλυση της ταχύτητας και του προτύπου βελτίωσης για να παράσχει τη διάγνωση. Οι καλοήθειες βλάβες τείνουν να ενισχύονται σχετικά αργά και ομοιογενώς, ενώ οι κακοήθειες βλάβες ενισχύονται γρήγορα και ετερογενώς. Οι πρόσφατες εξελίξεις στη δυναμική σάρωση διευκόλυναν την ανάλυση όλου του όγκου και όχι συγκεκριμένων περιοχών ενδιαφέροντος. Έτσι, το MRM στις μέρες μας, μπορεί να πραγματοποιεί ένα πλήρες φάσμα διαγνωστικών διαδικασιών, καθώς και να επιτευχθούν ιδιαιτερότητες που πλησιάζουν το 99%, ενώ παράλληλα η ευαισθησία να παραμένει ίδια, περίπου στο 86%.

Υπάρχουν πλέον μη σιδηρομαγνητικές βελόνες και πυροβόλα βιοψίας για κυτταρολογία αναρρόφησης λεπτής βελόνας με καθοδήγηση μαγνητικού συντονισμού, βιοψία πυρήνα και προεγχειρητική σήμανση βλαβών που είναι ορατές μόνο σε MRM. Ωστόσο, στη βελόνα προεγχειρητικής σήμανσης βλαβών, μια ακτινογραφία μετά από εκτομή δεν διασφαλίζει ότι έχει αφαιρεθεί ο σωστός ιστός, αλλά απαιτείται περαιτέρω MRM σε μεταγενέστερο στάδιο για τέτοια επιβεβαίωση. Η MRM παρέχει σημαντικά περισσότερες διαγνωστικές πληροφορίες από τη συμβατική μαστογραφία. Ο ουλώδης ιστός που προκύπτει από την τοπική χειρουργική επέμβαση στο στήθος, συνήθως δεν ενισχύεται σημαντικά με το Gd-DTPA και έτσι διευκολύνεται η έγκαιρη ανίχνευση του καρκίνου, ενώ επίσης οι πυκνοί μαστοί, εξαιτίας της θεμελιωδώς διαφορετικής μεθόδου απόκτησης εικόνας της τελευταίας τεχνικής, δεν αποτελούν πλέον πρόβλημα στην μαγνητική τομογραφία. Στο MRM δεν είναι απαραίτητη η συμπίεση των μαστών, παρά μόνο εάν χρειαστεί χειρουργική επέμβαση, όπου τότε ο ασθενής έρχεται σε πρηνή θέση, χωρίς καμία σωματική δυσφορία και το στήθος εισέρχεται μέσα στο πηνίο. Το μόνο πρόβλημα που πιθανόν αντιμετωπιστεί είναι η κλειστοφοβία, όταν οι ασθενείς δεν μπορούν να εισέλθουν λόγω ψυχολογικής φοβίας στα όρια του σωλήνα σάρωσης. Οι πολλαπλές σαρώσεις με τη μέθοδο του μαγνητικού συντονισμού είναι ασφαλής διαδικασία, αφού δεν χρησιμοποιείται ιοντίζουσα ακτινοβολία, όπως επίσης το σκιαγραφικό Gd-DTPA έχει προκαλέσει αντιδράσεις εξαιρετικά σπάνια, σε αντίθεση με τα σκιαγραφικά των άλλων μεθόδων απεικόνισης μαστού. Ενώ μπορούν να

συλλεχθούν περισσότερες διαγνωστικές πληροφορίες από το MRM, όπως η συσσώρευση πληροφοριών, απαιτεί πολύ χρόνο και δεν είναι φθηνή διαδικασία. Μια συνηθισμένη διαδικασία σάρωσης διαρκεί συνήθως μεταξύ 30 και 40 λεπτών, και για επεμβατικές τεχνικές ο χρόνος της μπορεί να ξεπεράσει την μία ώρα. Δεν απαιτούνται σημαντικές αλλαγές στον σαρωτή μαγνητικής τομογραφίας για την εκτέλεση MRM, αλλά υπάρχει επιπλέον κόστος για την αγορά των πηνίων στήθους, του παρεμβατικού εξοπλισμού και του λογισμικού που απαιτείται για τις εξειδικευμένες ακολουθίες σάρωσης. Ακόμα και όταν έχει καλυφθεί η δαπάνη κεφαλαίου για το σαρωτή, το κόστος της μαγνητικής τομογραφίας με και χωρίς ενίσχυση αντίθεσης είναι περίπου 20 φορές μεγαλύτερο από τη συμβατική μαστογραφία. Η MRM δεν θα αντικαταστήσει την ακτινογραφική μαστογραφία ως έρευνα πρώτης γραμμής, λόγω του μεγαλύτερου κόστους και της περιορισμένης διαθεσιμότητας κατάλληλα εξοπλισμένων σαρωτών. Ωστόσο, τα στοιχεία δείχνουν ότι αυτή η τεχνική σάρωσης είναι χρήσιμη στους ασθενείς που η κλασική μαστογραφία είναι βλαβερή, όπως είναι νεαρές γυναίκες με γενετικό κίνδυνο, με κίνδυνο υποτροπής και γυναίκες με προσθετικά στήθους. Το MRM προσφέρει μια καθησυχαστική προοπτική ευαίσθητης και ειδικής απεικόνισης μαστού για τους ασθενείς, χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος έκθεσης σε επαναλαμβανόμενες δόσεις ιοντίζουσας ακτινοβολίας. (80)

2.4 Μαστογραφία Υπολογιστικής Τομογραφίας

Μόνο στην Αμερική έχει αποδειχθεί ότι ο καρκίνος του μαστού είναι μια σοβαρή ασθένεια που προκαλεί περίπου 40.000 θανάτους ετησίως. Δυστυχώς, δεν είναι γνωστά τα αίτια πρόκλησης καρκίνου του μαστού και επομένως ο καλύτερος τρόπος πρόληψης της θνησιμότητας είναι η έγκαιρη διάγνωση. Τα τελευταία 15 χρόνια, η θνησιμότητα από καρκίνο του μαστού έχει μειωθεί σημαντικά, κάτι που οφείλεται εν μέρει στην προβολή με μαστογραφία οθόνης. Παρ' όλα αυτά, για γυναίκες με πυκνά στήθη ή γυναίκες πριν την εμμηνόπαυση, η συμβατική μαστογραφία στερείται ευαισθησίας. Επιπλέον, η μαστογραφία έχει αποδειχθεί ότι έχει πολύ κακή θετική προγνωστική αξία για τη βιοψία. Βελτιώνοντας την οπτικοποίηση του ιστού του μαστού, η αφιερωμένη τρισδιάστατη αξονική τομογραφία (DBCT) του μαστού μπορεί δυνητικά να βελτιώσει τη διαγνωστική ακρίβεια σε σχέση με τη συμβατική

μαστογραφία, λαμβάνοντας εικόνες μαστού αξονικής τομογραφίας επίπεδης οθόνης.
(81)

Η ακτινογραφική μαστογραφία του συμπιεσμένου μαστού έχει ονομαστεί "χρυσό πρότυπο" για την έγκαιρη ανίχνευση του καρκίνου του μαστού. Ωστόσο, δεν έχει την ιδανική απόδοσή. Ένας περιορισμός της μαστογραφίας ελέγχου είναι η υπέρθεση ιστών, ιδιαίτερα για τους πυκνούς μαστούς. Έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα αξονικής τομογραφίας με τεχνολογία ψηφιακού ανιχνευτή για απεικόνιση ασυμπίεστων μαστών, από το 2001, από αρκετές ερευνητικές ομάδες στην Αμερική και στην Ευρώπη. Αυτή η τεχνολογία αξονικής τομογραφίας - ξεκινώντας από τις αρχικές μελέτες στη δεκαετία του 1970 - επιτρέπει να ξεπεραστούν ορισμένοι περιορισμοί της μαστογραφίας, διατηρώντας τα επίπεδα της δόσης ακτινοβολίας στον ραδιοευαίσθητο αδενικό ιστό του μαστού παρόμοιο με αυτό της μαστογραφίας δύο όψεων για το ίδιο μέγεθος και σύνθεση μαστού. (82)

Οι συμβατικοί αξονικοί τομογράφοι που χρησιμοποιούνται για ολόκληρο το σώμα του ασθενή, χρησιμοποιούν συστοιχίες ανιχνευτών, οι οποίες βρίσκονται σε ένα τόξο γύρω από τον ασθενή, και αποτελούνται από μικρές, επίπεδες και αρθρωτές μονάδες του ανιχνευτή, διατεταγμένες πάνω σε ένα στήριγμα, το οποίο έχει τοξοειδές σχηματισμό. Το τόξο αυτό έχει συνήθως γωνία περίπου 60°, και το πλάτος δέσμης στην κατεύθυνση του άξονα z εκτείνεται από 20 mm έως και 40 mm. Τα συστήματα αξονικής τομογραφίας και πιο συγκεκριμένα τα συστήματα αξονικής τομογραφίας αφοσιωμένα στον μαστό (DBCT) περιλαμβάνουν ανιχνευτές επίπεδης οθόνης φθοριοσκόπησης, οι οποίοι αντικαθιστούν ολόκληρο τον φθοριοσκοπικό ανιχνευτή απεικόνισης, συμπεριλαμβανομένου του ενισχυτή εικόνας, της οπτικής σύζευξης και της οπτικής κάμερας. Μέχρι στιγμής, οι ανιχνευτές αυτοί μπορούν, μέσα σε διάστημα ενός δευτερολέπτου, να αναγνωρίσουν τριάντα καρέ, όταν λειτουργούν σε χαμηλή ανάλυση.

Κατά την διαδικασία ενός DBCT, ο ασθενής τοποθετείται μέσα σε έναν σωλήνα ακτινοβολίας, με το στήθος προς τα κάτω, το οποίο τοποθετείτε μέσα σε δύο εσοχές που βρίσκονται στη κορυφή του τραπεζιού. Ο ανιχνευτής επίπεδης οθόνης περιστρέφεται σε οριζόντιο επίπεδο γύρω από το στήθος και πραγματοποιείται η λήψη της εικόνας. Τα πρωτότυπα συστήματα αξονικής τομογραφίας στήθους χρησιμοποιούν ανιχνευτές επίπεδης οθόνης, οι οποίοι δημιουργούν τη γεωμετρία της ημίσειας δέσμης, επειδή ο σωλήνας ακτίνων-x και ο ανιχνευτής πρέπει να

περιστρέφονται κάτω από το επίπεδο του πίνακα. Αυτή η γεωμετρία απαιτείται για να ληφθούν ακτινογραφικές προβολές αρκετά πίσω στο στήθος για τη λήψη αξονικών εικόνων του θωρακικού τοιχώματος. (83)

Η αποκλειστική αξονική τομογραφία μαστού (DBCT) είναι μια τεχνολογία αιχμής, πλήρως τομογραφικής απεικόνισης που αναπτύσσεται για την απεικόνιση καρκίνου του μαστού. Βελτιστοποιημένη για την ειδική αντίθεση, χωρική ανάλυση και απαιτήσεις κάλυψης ιστών της απεικόνισης μαστού, φέρνει τα πλεονεκτήματα της αξονικής τομογραφίας, όπως φαίνεται στην απεικόνιση σώματος, στην απεικόνιση μαστού, παρέχοντας πραγματικές τρισδιάστατες εικόνες του μαστού με χαμηλή δόση. Η αξονική τομογραφία του μαστού έχει δυνατότητες για πολλαπλές εφαρμογές στην απεικόνιση του μαστού, όπως διάγνωση, σταδιοποίηση, παρακολούθηση της ανταπόκρισης στη θεραπεία και δυνητικά για έλεγχο. Για να προωθηθεί η εισαγωγή της αξονικής τομογραφίας του μαστού στην κλινική, είναι σημαντικό να μεγιστοποιηθεί η ποιότητα της εικόνας του και να χαρακτηριστεί η κλινική του απόδοση. Αρκετές πτυχές της απόκτησης, ανακατασκευής και επεξεργασίας εικόνας που έχουν αντίκτυπο στην τελική ποιότητα της εικόνας, απομένουν να διερευνηθούν και να αναπτυχθούν. Επιπλέον, η ανάπτυξη ειδικών αλγορίθμων ανάλυσης εικόνας θα μπορούσε να παράσχει περαιτέρω πληροφορίες, σχετικά με την απόδοση της αξονικής τομογραφίας του μαστού για διαφορετικές κλινικές εφαρμογές και θα μπορούσε επίσης να βελτιώσει την ακρίβεια στη διάγνωση καρκίνου του μαστού, μέσω βιοδεικτών υψηλής ανάλυσης, τρισδιάστατης απεικόνισης. Τέλος, η επέκταση της τρισδιάστατης αξονικής τομογραφίας μαστού ως 4D λειτουργική απεικονιστική μέθοδο, υπόσχεται τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της θεραπείας του καρκίνου του μαστού. (84)

Κεφάλαιο 3^ο

Ομοιώματα - Phantoms Απεικόνισης Μαστού

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχει γίνει μεγάλη ανάπτυξη στην έρευνα για διαγνωστικές και θεραπευτικές τεχνολογίες που στοχεύουν το στήθος, καθώς υπάρχει κλινική ανάγκη για θρυμματισμό του καρκίνου του μαστού. Τα ομοιώματα του μαστού υψηλής πιστότητας, αποτελούν τα κύρια συστατικά των υπολογιστικών και πειραματικών δοκιμαστικών κλινών για την ακριβή αξιολόγηση και την διερεύνηση της απόδοσης νέων συσκευών, αλγορίθμων και συστημάτων. Ένα ιδανικό ομοίωμα μαστού μιμείται με ακρίβεια, όχι μόνο την χωρική κατανομή των διάφορων τύπων ιστών στο στήθος - δέρμα, λιπώδης, αδενικός, ινώδης, συνδετικός ιστός, αλλά και τις φυσικές ιδιότητες των ιστών που σχετίζονται με τις αλληλεπιδράσεις μικροκυμάτων με το ομοίωμα. Οι εικόνες μαγνητικού συντονισμού του μαστού παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την ανατομική του δομή. Το Πανεπιστήμιο του Ουάσινγκτον, Madison και το Πανεπιστήμιο Calgary, πραγματοποίησαν μια μεγάλη μελέτη της διηλεκτρικής φασματοσκοπίας μεγάλης κλίμακας από κακοήθη και υγιή ιστό του μαστού σε συχνότητες μικροκυμάτων. Αυτές οι πληροφορίες που λήφθηκαν από τη μελέτη καθοδηγούν την ανάπτυξη τόσο των αριθμητικών, όσο και των σωματικών ομοιωμάτων απεικόνισης μαστού υψηλής συχνότητας.

Τα αριθμητικά ομοιώματα του μαστού προσφέρουν αρκετά πολύτιμα χαρακτηριστικά, μπορούν να καταγράψουν το σύνθετο ετερογενές εσωτερικό του μαστού και να επιτρέψουν την δημιουργία ενός αριθμού δοκιμών, οι οποίες καλύπτουν το πλήρες φάσμα όγκων του μαστού, των σχημάτων, της πυκνότητας καθώς και το μέγεθος του όγκου, τη μορφολογία και τη τοποθεσία. Τα ομοιώματα αυτά αποτελούνται από ένα τρισδιάστατο πλέγμα voxel - ογκομετρικό εικονοστοιχείο που αντιπροσωπεύει μια τιμή σε ένα κανονικό πλέγμα σε τρισδιάστατο χώρο - κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί σε μια σχετική φυσική ιδιότητα με βάση τον τύπο ιστού που αντιπροσωπεύει.

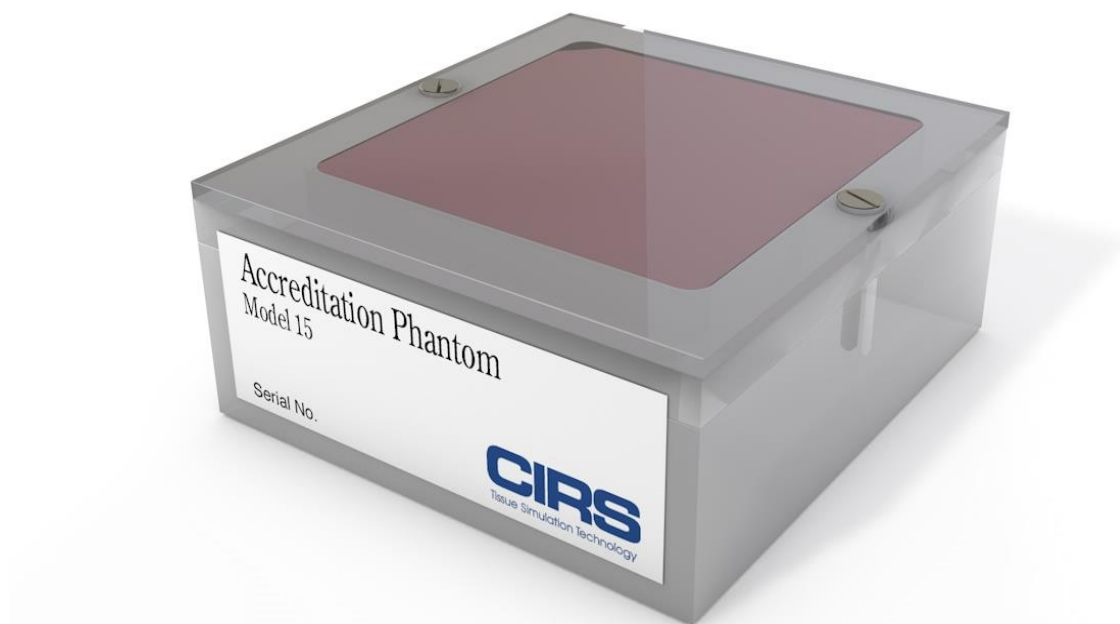
Οι κλινικές μελέτες με ανθρώπους ή ανθρώπινους ιστούς παρέχουν τον πιο αξιόπιστο κλάδο δοκιμών, οι αξιολογήσεις απόδοσης, όμως, περιορίζονται από περιορισμένες γνώσεις του ατόμου δοκιμής. Τα ομοιώματα σωματικού μαστού βρίσκουν χρησιμότητα ως μια γέφυρα μεταξύ των μελετών που αφορούν τα αριθμητικά

ομοιώματα, εικονικούς ασθενείς, και των μελετών που αφορούν τους ανθρώπους. Αυτά, δεν μπορούν να αντιγράψουν τον βαθμό του δομικού ρεαλισμού των αριθμητικών ομοιωμάτων, αλλά έχουν γνωστές διηλεκτρικές ιδιότητες, οι οποίες εύλογα μιμούνται πραγματικούς ιστούς. (85)

Παρακάτω, θα αναφερθούν ορισμένα από τα ομοιώματα τα οποία βρίσκουν εφαρμογή στις διαφορετικές μεθόδους απεικόνισης του μαστού, την μαστογραφία, την υπερηχογραφία, τον μαγνητικό συντονισμό και την υπολογιστική τομογραφία.

3.1 Μαστογραφία / Mammography

3.1.1 Mammographic Accreditation Phantom Model 015 – CIRS



Εικόνα 1.

Το ομοίωμα ανήκει στον κατασκευαστικό οίκο CIRS και σχεδιάστηκε για τον έλεγχο της απόδοσης ενός μαστογραφικού συστήματος με μια ποσοτική αξιολόγηση της ικανότητας του συστήματος να απεικονίζει σε μικρές δομές, παρόμοιες με τις κλινικές. Είναι εγκεκριμένο από την Αμερικάνικη Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA), καθώς επίσης έχει γίνει αποδεκτό από την ομάδα διαπίστευσης του Αμερικανικού Κολλεγίου Ακτινολογίας (MQSA). Το ομοίωμα είναι κατασκευασμένο με υλικά που προσομοιάζουν διάφορες ασθένειες, όπως ασβετώσεις και κακοήθεις όγκους. Έχει δημιουργηθεί με σκοπό τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας του εκάστοτε μαστογραφικού μηχανήματος και εξετάζει εάν μπορούν να ανιχνευθούν μικρές δομές που καθίστανται σημαντικές για την έγκαιρη διάγνωση κακοήθειας, καρκίνου του μαστού. Μέσα στο ομοίωμα τοποθετούνται είτε δοκιμαστικά αντικείμενα με μέγεθος τόσο όσο θα πρέπει να αναγνωρίζονται εύκολα από το σύστημα, είτε αντικείμενα τα οποία είναι δύσκολο να ανιχνευθούν ακόμα και με χρήση των καλύτερων μαστογραφικών συστημάτων. (86)

Χαρακτηριστικά:

- Είναι κατάλληλο για την παρακολούθηση της συνολικής λειτουργίας ενός μαστογραφικού συστήματος.
- Περιέχονται ίνες οξειδίου του αλουμινίου, έξι διαφορετικά είδη στιγμάτων και πέντε διαφορετικά μεγέθη μαζών, έτσι ώστε να προσομοιάζουν μικροσυστοιχίες, ινώδεις δομές και όγκους.
- Προσομοιώνει συμπιεσμένο στήθος μέσης σύνθεσης αδενικού/ λιπώδες ιστού μεγέθους 4.2 εκατοστών.
- Το ομοίωμα πάχους 4.4 εκατοστών περιέχει 7 χιλιοστά κεριού, μέσα στο οποίο περιέχονται 16 δοκιμαστικά αντικείμενα, μια ακρυλική βάση πάχους 3.4 εκατοστών και μια επικάλυψη πάχους τριών εκατοστών. (87)

Τρόπος Αξιολόγησης:

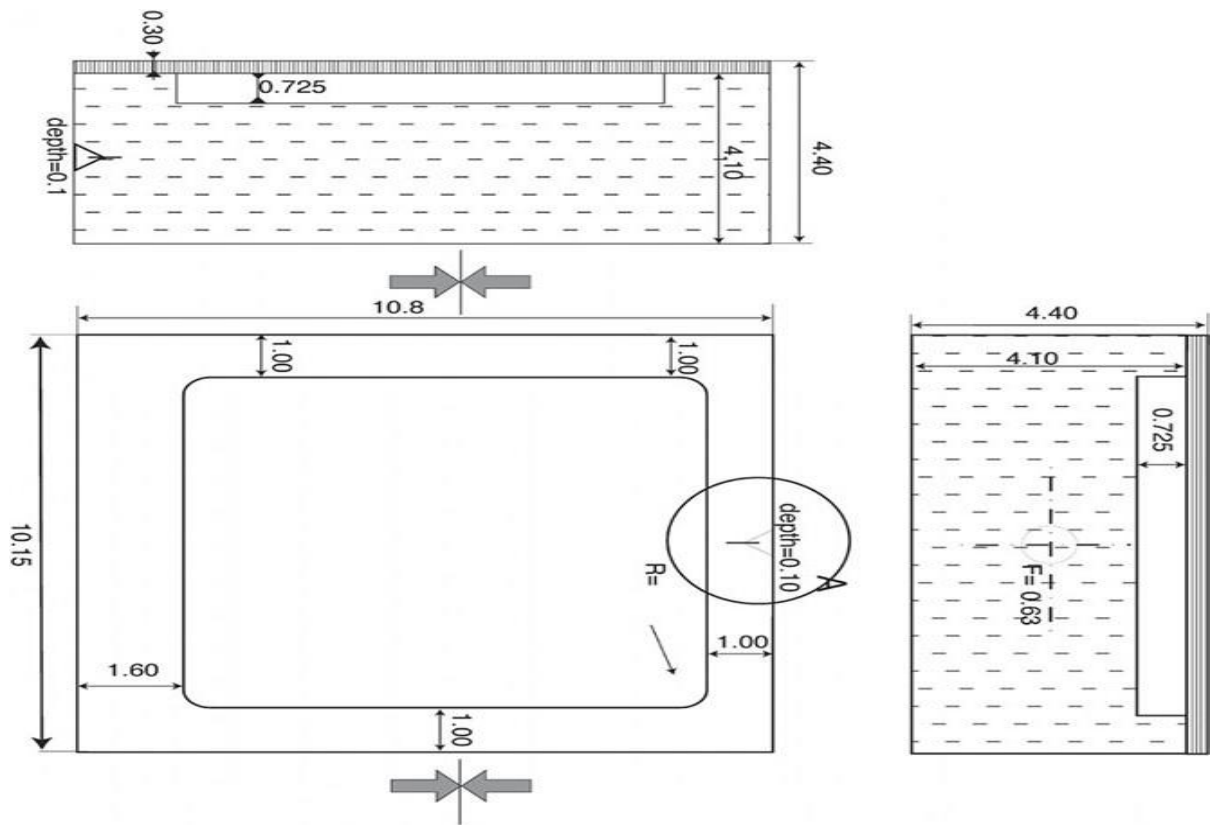
Το ομοίωμα τοποθετείται μέσα στη θήκη υποδοχής του μαστού, συμπιέζεται έτσι ώστε να εφαρμόζει όπως θα εφάρμοζε ένα κανονικό στήθος. Στη συνέχεια, γίνεται έκθεση του ομοιώματος με παράγοντες ισάξιους με αυτούς που χρησιμοποιούνται για ένα στήθος πυκνότητας ενός μέσου ιστού και καταγράφονται τα αποτελέσματα σε μία φόρμα αξιολόγησης της ποιότητας της απεικόνισης. Οι εικόνες που λήφθηκαν εμφανίζονται σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, εκτυπώνονται σε έντυπη μορφή, ή εμφανίζονται σε μια οθόνη φθορισμού. Με αυτό τον τρόπο γίνεται οπτικός έλεγχος των εικόνων που λήφθηκαν. (88)

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά ομοιώματος

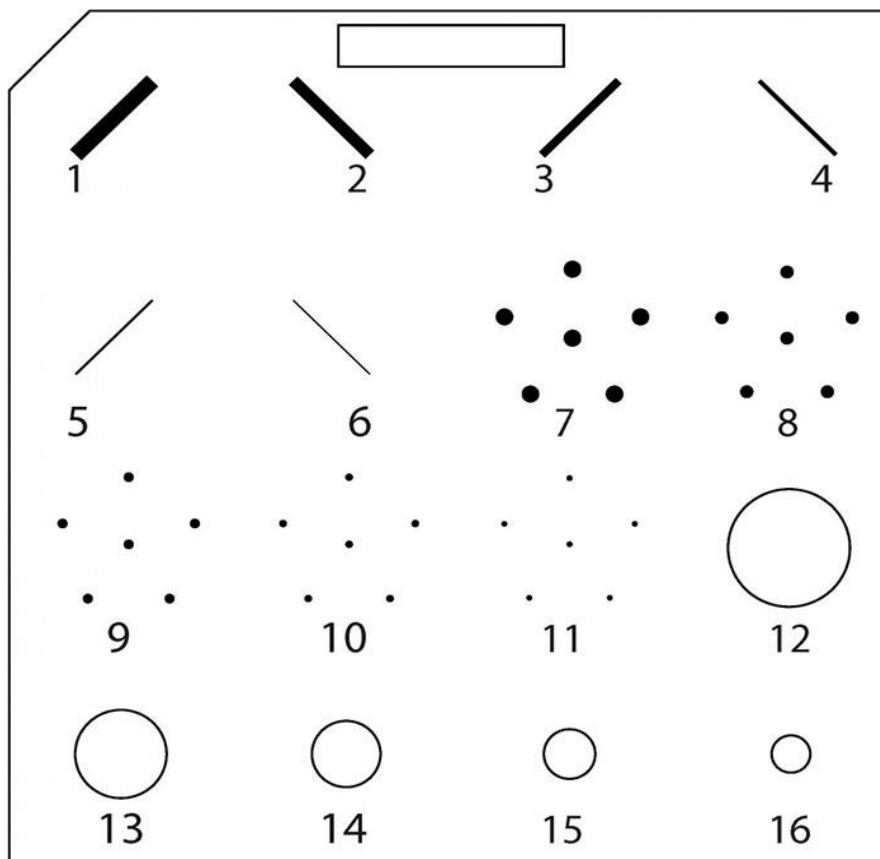
Διαστάσεις	10.8 cm x 10.2 cm x 4.4 cm
Βάρος	0.91 Kg
Υλικό	Πολύ(μεθακρυλικό μεθυλεστέρα), πλεξιγκλάς (PMMA)
Περιλαμβάνει	Περιοχή με τις δομές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 2. Δομές σε υλικό από κερί του ομοιώματος

Τύπος από νάylon (Fibers)	Στοιχεία προσομοίωσης μικροαποτιτανώσεων από Al ₂ O ₃ (Specks)	Μάζες
1. 1.56 mm	7. 0.54 mm	12. 2.00 mm
2. 1.23 mm	8. 0.40 mm	13. 1.00 mm
3. 0.89 mm	9. 0.32 mm	14. 0.75 mm
4. 0.75 mm	10. 0.24 mm	15. 0.50 mm
5. 0.54 mm	11. 0.16 mm	16. 0.25 mm



Εικόνα 2. Σχεδιάγραμμα του ομοιώματος

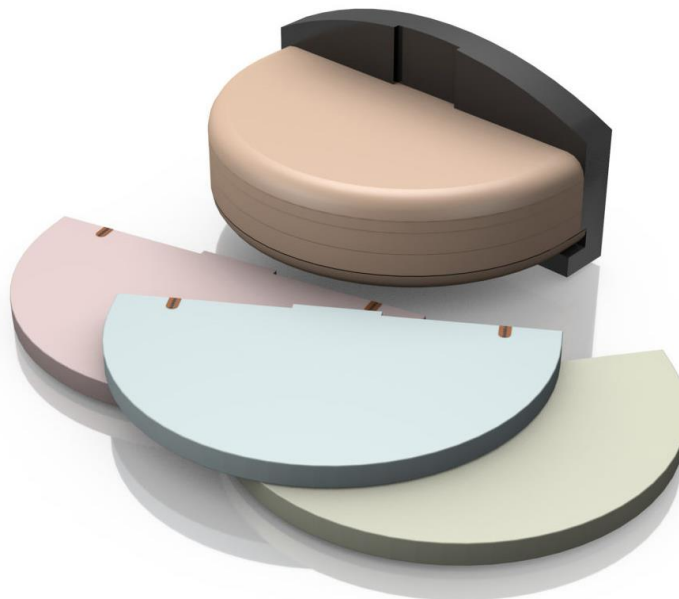


Εικόνα 3. Περιοχές των δομών του Πίνακα 2, στο ομοίωμα

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «CIRS phantom Model 015», προέκυψε η δημοσίευση των Khaled H. Al Khalifah et al., 2014, με τίτλο: «Quality of images acquired with and without grid in digital mammography», στο οποίο άρθρο το ομοίωμα χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο ποιότητας εικόνας ψηφιακής μαστογραφίας, με και χωρίς αντιδιαχτικό διάφραγμα. (89)

3.1.2 Digital Breast Tomosynthesis QC Phantom Model 021 – CIRS



Εικόνα 4.

Το ομοίωμα αυτό κατασκευάστηκε από τον οίκο CIRS και αφορά τον έλεγχο ποιότητας εικόνας και της σταθερότητας ψηφιακών συστημάτων τομοσύνθεσης μαστού (DBT). Έχει δημιουργηθεί έτσι ώστε να τηρεί τις απαιτήσεις του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Αναφοράς για την διακρίβωση ποιότητας και για διαγνωστικές υπηρεσίες (EUREF) και του Αμερικάνικου Συλλόγου Φυσικών στην Ιατρική (AAPM TG245). Χρησιμοποιείται είτε για ανάλυση λογισμικού, είτε για την τυπική οπτική ανάλυση. Αποτελείται από οκτώ διαφορετικές ομοιογενείς πλάκες, κατασκευασμένες από υλικό αντίστοιχο με αυτό του μαστού, με ισόποσο διαμοιρασμό αδενικού και λιπώδες ιστού. Ακόμη, προαιρετικά μπορούν να προμηθευτούν στροβιλισμένες πλάκες, οι οποίες δεν περιέχονται στο σετ, και αποτελούνται από 100 % αδενικό και λιπώδες ιστό, σε αναλογία κατά προσέγγιση 50/50 κατά βάρος. Ένα από τα προτερήματα του ομοιώματος αυτού είναι ότι είναι ιδανικά πέρα από καθημερινούς ελέγχους ποιότητας και για ελέγχους συντήρησης των συστημάτων. (90)

Χαρακτηριστικά:

- Αξιολογεί τον έλεγχο ποιότητας, αλλά και την σταθερότητα των ψηφιακών συστημάτων τομοσύνθεσης μαστού.

Μετρούμενες παράμετροι:

- Κάλυψη όγκου που λείπει από τους ιστούς
- Ομοιομορφία τιμής Pixel
- Θόρυβος - αναλογία σήματος προς θόρυβο (SNR) και αναλογία διαφοράς σήματος προς θόρυβο (SDNR)
- Ανάλυση στους άξονες των τριών διαστάσεων
- Γεωμετρική τρισδιάστατη ακρίβεια
- Αξιολόγηση τεχνικών σφαλμάτων
- Οπτική ανιχνευσιμότητα στις προδιαγραφές, τις μάζες και τις ίνες

Το σετ του ομοιώματος αποτελείται:

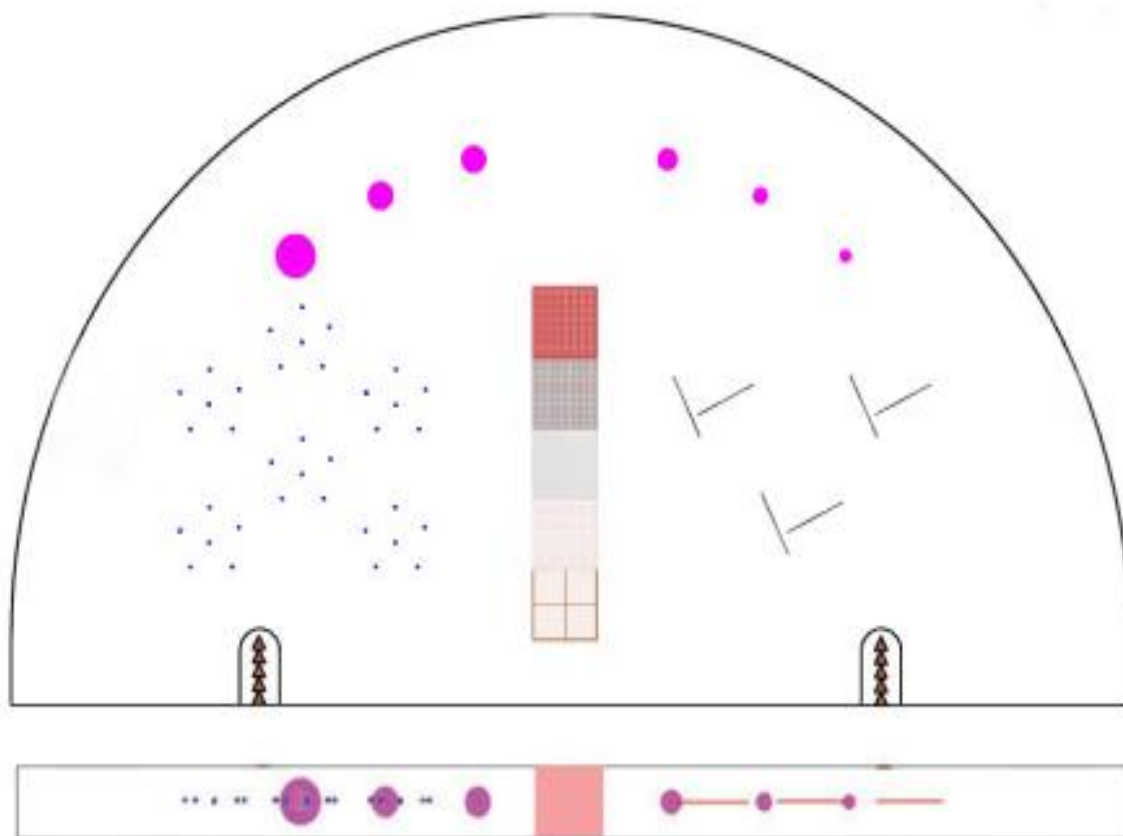
- Τέσσερις στερεές ομοιογενές πλάκες πάχους ενός εκατοστού
- Μία στερεά ομοιογενές πλάκα πάχους 0.5 εκατοστών
- Τρεις ομοιογενές πλάκες στόχους πάχους ενός εκατοστού
- Μία βάση στήριξης με μαγνητική στερέωση
- Προαιρετικά, μπορεί να προστεθεί μια επιπλέον πλάκα (91)

Τρόπος Αξιολόγησης:

Ο τρόπος αξιολόγησης στην τομοσύνθεση με τη χρήση αυτού του ομοιώματος γίνεται με οπτικό έλεγχο των εικόνων που θα ληφθούν. Το ομοίωμα τοποθετείτε στο σύστημα, όπως θα τοποθετούταν το στήθος, συμπιέζεται με τις ειδικές πλάκες, σαρώνεται από έναν βραχίονα ακτίνων-x και έτσι παράγονται πολλαπλές εικόνες χαμηλής δόσης. Οι εικόνες αυτές περνάνε από τον υπολογιστή ο οποίος δημιουργεί τρισδιάστατες εικόνες που απεικονίζουν τον ιστό του μαστού. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει περιμετρικός έλεγχος στις προδιαγραφές, τις μάζες και τις ίνες του ομοιώματος.

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά του ομοιώματος

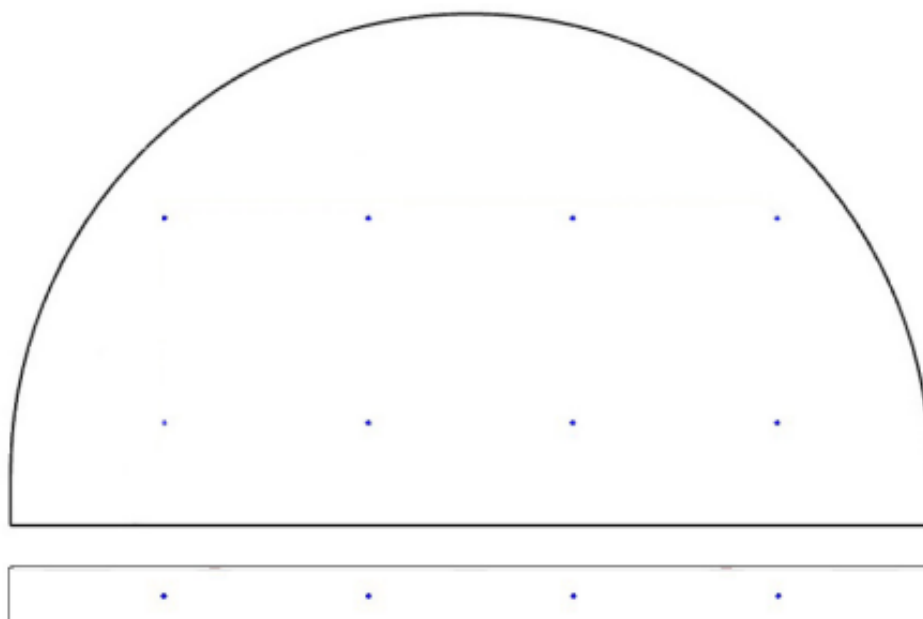
Συνολικές διαστάσεις		127x180x100 mm
Μεμονωμένες διαστάσεις πλακών	6 πλάκες	110x180x10 mm
	1 πλάκα (υποστήριξης)	115x180x10 mm
	1 πλάκα (ημισφαιρική)	110x180x5 mm
Βάρος ομοιώματος		1.62 kg



Εικόνα 5. Παράδειγμα 1, πλάκας στόχου (πάνω και μπροστινή όψη)

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά πλάκας στόχου παραδείγματος 1

Στίγματα (Γραλί)	Σφαιροειδείς μάζες (Καρκίνωμα μαστού)	Ύνες (10 mm μήκους)	Βήμα σφήνας	Χαμένοι στόχοι ιστών
0.330 mm	6.3 mm	0.15 mm	100 % αδένας	Ποσότητα: 5στοιχεία
0.280 mm	4.7 mm	0.18 mm	70 % αδένας	Μέγεθος: 2 mm
0.230 mm	3.9 mm	0.23 mm	50 % αδένας	
0.200 mm	3.1 mm	0.28 mm	30% αδένας	
0.170 mm	2.3 mm	0.38 mm	100% λίπος	
0.140 mm	1.8 mm	0.41 mm		



Εικόνα 6. Παράδειγμα 2, πλάκας στόχου (πάνω και μπροστινή όψη)

Πίνακας 5. Χαρακτηριστικά πλάκας στόχου παραδείγματος 2

Κεραμικές σφαίρες	
Ποσότητα	8
Μέγεθος	0.8 mm

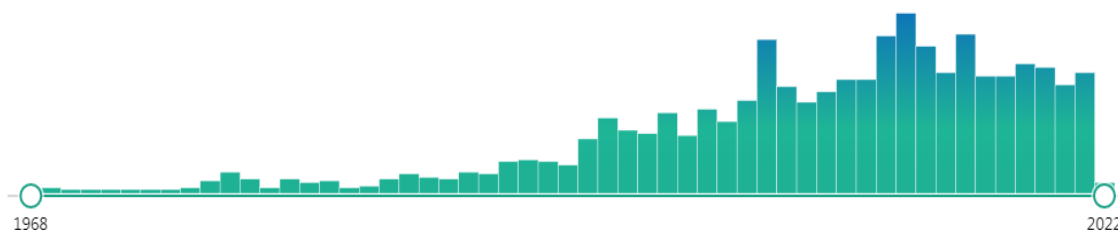
Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «Digital Breast Tomosynthesis Phantom Model 021 CIRS», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης σε: «CIRS Digital Breast Tomosynthesis Phantom», βρέθηκαν συνολικά 32 δημοσιεύσεις, από τις οποίες οι πιο σχετικές ήταν η έρευνα των Khalifah KA. et al., 2019, με τίτλο: «Validity of Using Accreditation Phantom in Quality Control of Digital Tomosynthesis», στην οποία μελετάται η ισχύς της χρήσης ομοιωμάτων στην ψηφιακή τομοσύνθεση, μέσω σύγκρισης δύο διαφορετικών ομοιωμάτων, καθώς και η εργασία των Bliznakova K. et al., 2016, με τίτλο: «In-line phase-contrast breast tomosynthesis: a phantom feasibility study at a

synchrotron radiation facility», η οποία αποτελεί μελέτη για την σκοπιμότητα των ομοιωμάτων σε μια εγκατάσταση ακτινοβολίας σύγχροτρον με την δημιουργία και τον έλεγχο αλγορίθμων. Παρόλα αυτά καμιά από τις παραπάνω δημοσιεύσεις δεν αναφέρεται στο ανωτέρω ομοίωμα. (92) (93)

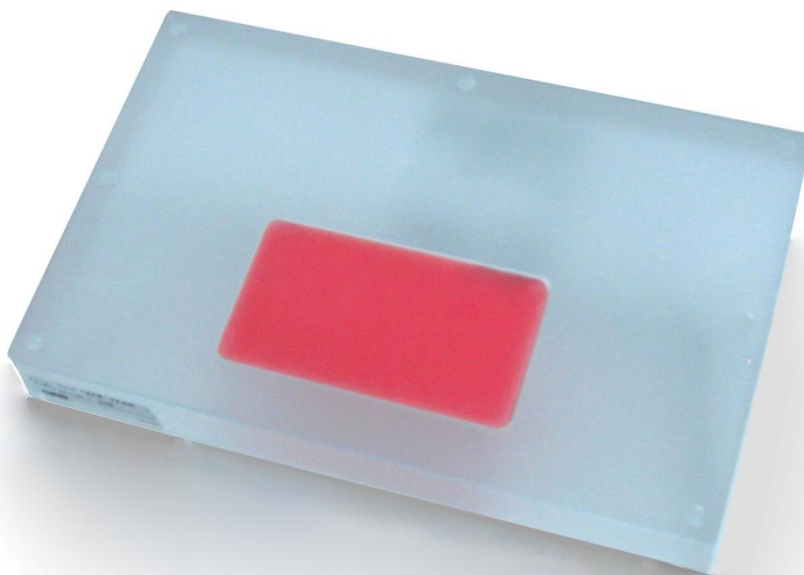
Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι, χρησιμοποιώντας στο PubMed τον γενικότερο όρο αναζήτησης: «Digital Breast Tomosynthesis Phantom», βρέθηκαν παραπάνω από 1.500 αποτελέσματα, πιο συγκεκριμένα 1.611, τα οποία καλύπτουν τις χρονικές περιόδους από το έτος 1968, έως και το έτος 2022. Ο συγκεκριμένος όμως όρος περιλαμβάνει διαφορετικά ομοιώματα και όχι απαραίτητα του κατασκευαστή CIRS.



Εικόνα 7. Κατανομή δημοσιεύσεων

Η πλειοψηφία των δημοσιεύσεων που εμφανίζονται, αναφέρονται σε μια γενικότερη έννοια της ψηφιακής τομοσύνθεσης του μαστού, υπάρχουν όμως και κάποιες οι οποίες αφορούν μελέτες βασισμένες σε ομοιώματα. Κάποιες από αυτές είναι η εργασία των Asbeutah AM. et al., 2020, με τίτλο: «The effect of different exposure parameters on radiation dose in digital mammography and digital breast tomosynthesis: A phantom study», η οποία αφορά την ψηφιακή μαστογραφία και την ψηφιακή τομοσύνθεση μαστού και μελετά, βασισμένη σε ομοίωμα, τις διαφορετικές παραμέτρους έκθεσης στη δόση ακτινοβολίας, όπως επίσης και η εργασία των Vancoillie L. et al., 2021, με τίτλο: «The impact on lesion detection via a multi-vendor study: A phantom-based comparison of digital mammography, digital breast tomosynthesis, and synthetic mammography», στην οποία συγκρίνονται η ψηφιακή μαστογραφία, η τομοσύνθεση του μαστού και η συνθετική μαστογραφία, για τον προσδιορισμό του αντίκτυπου της βλάβης της αντίχνευσης. (94) (95)

3.1.3 ACR Digital Mammography Phantom Model 086 – CIRS



Εικόνα 8.

Το μοντέλο 086 ανήκει στον κατασκευαστικό οίκο CIRS και έχει σχεδιαστεί υπό την χορηγία του Αμερικανικού Κολλεγίου Ραδιολογίας (ACR), με σκοπό τον έλεγχο της απόδοσης ψηφιακής μαστογραφίας πλήρους πεδίου (FFDM). Το ομοίωμα αποτελείται από συμπιεσμένο στήθος, το οποίο αποτελείται από 50% αδενικό και 50% λιπώδες ιστό. Τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα στο ομοίωμα προσομοιώνουν ασβεστώσεις, αγωγούς και μάζες όγκων. Το ομοίωμα αυτό έχει κατασκευαστεί για να προσδιορίζει εάν ένα σύστημα ψηφιακής μαστογραφίας μπορεί να ανιχνεύσει μικρές σε μέγεθος δομές, οι οποίες είναι απαραίτητες για την έγκαιρη ανίχνευση του καρκίνου του μαστού. Στο ένθετο του κεριού περιέχονται διάφοροι στόχοι.

Χαρακτηριστικά:

- Αξιολόγηση ακρίβειας ψηφιακών μαστογραφικών συστημάτων.
- Το ομοίωμα έχει πάχος 4.2 εκατοστά.
- Το κύριο συστατικό του είναι κεριό πάχους 7 χιλιοστών, τοποθετημένο μέσα σε μια αντίστοιχη κοιλότητα ενός πολυμέθυλου μεθακρυλικού (PMMA).

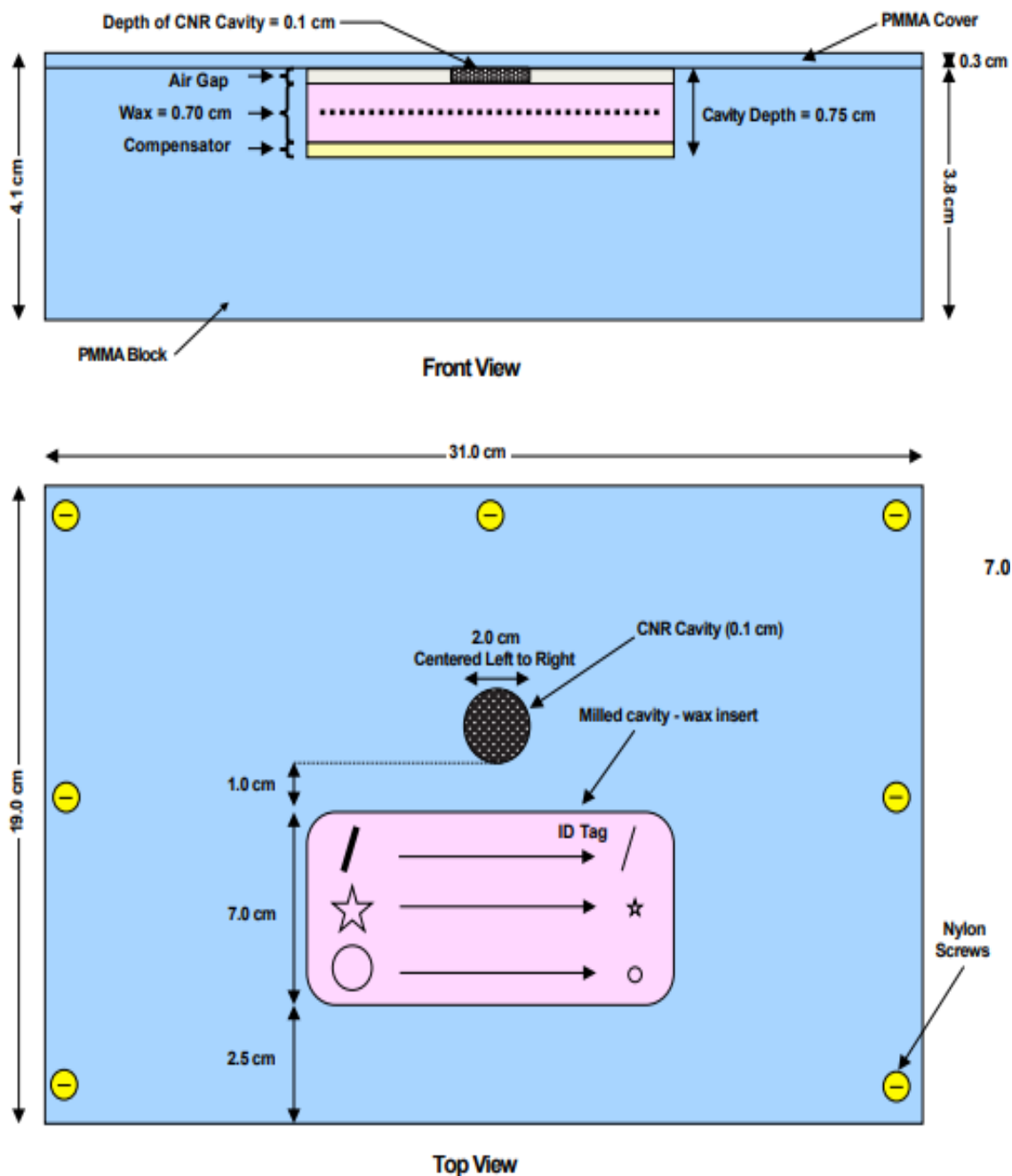
- Οι ίνες είναι από νάιλον, οι προσομοιωμένες ασβεστώσεις ή τα στίγματα είναι από σφαιρικό γυαλί και οι μάζες προσομοιώνουν 10% λιπώδες και 90% αδενικό ιστό μαστού.

Τρόπος Αξιολόγησης:

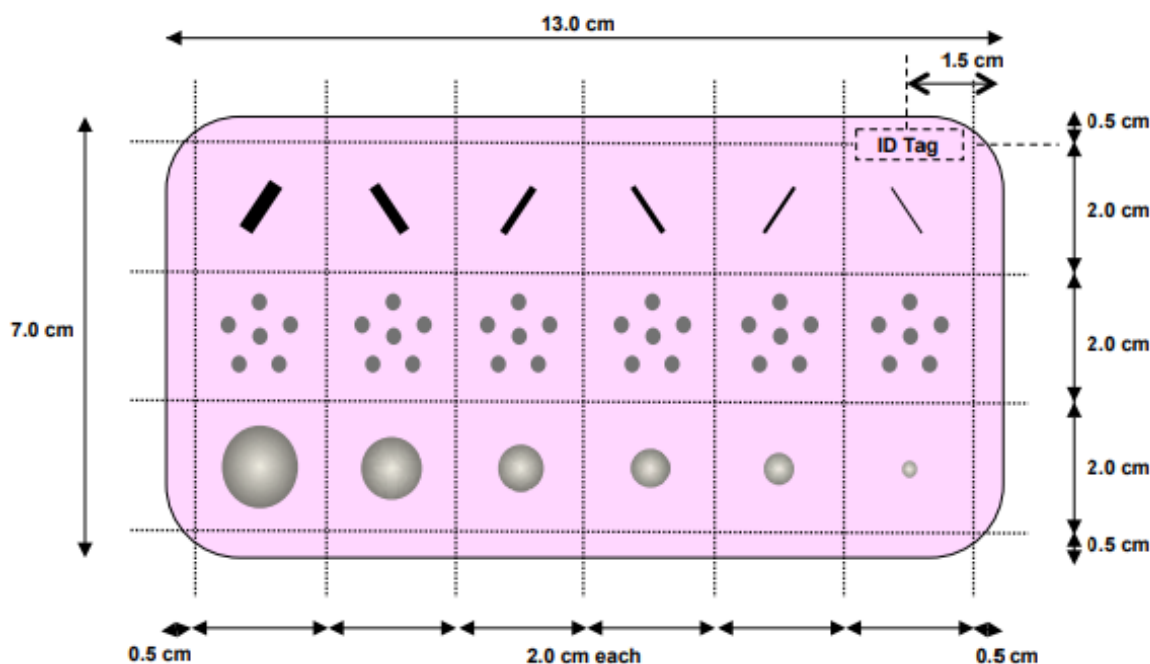
Η αξιολόγηση των συστημάτων με τη χρήση του συγκεκριμένου ομοιώματος γίνεται με οπτικό έλεγχο των απεικονίσεων που θα ληφθούν. Το ομοίωμα τοποθετείτε στη θέση υποδοχής όπου θα βρισκόταν ο κανονικός μαστός, ακτινοβολείται και γίνεται λήψη των εικόνων, οι οποίες εμφανίζονται σε ψηφιακή μορφή. Το ομοίωμα αυτό παρέχει θέα ολόκληρου του ανιχνευτή για ανίχνευση σφαλμάτων. Επίσης, παρέχει βάση για παρακολούθηση και εκτυπωτή. Οι αναγνώστες έχουν την δυνατότητα να δουν τιμές και σφάλματα σε μια μόνο εικόνα, χωρίς να χρειαστεί να γίνει αλλαγή ρυθμίσεων. (96)

Πίνακας 6. Χαρακτηριστικά δομών του ομοιώματος

Ίνες	Στίγματα (διάμετρος)	Μάζες (πάχος)
0.89 mm	0.33 mm	1.00 mm
0.75 mm	0.28 mm	0.75 mm
0.61 mm	0.23 mm	0.50 mm
0.54 mm	0.20 mm	0.38 mm
0.40 mm	0.17 mm	0.25 mm
0.30 mm	0.14 mm	0.20 mm



Εικόνα 9. Σχηματική απεικόνιση ομοιώματος. Επάνω, μπροστινή όψη. Κάτω, όψη από πάνω.



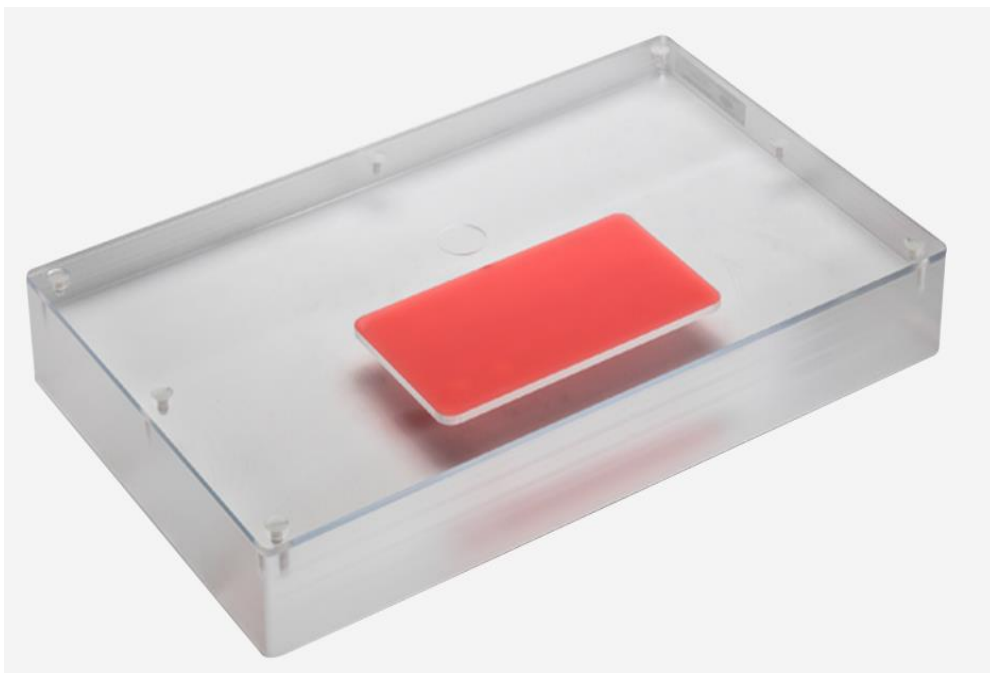
Εικόνα 10. Δομή ένθετων κεριού

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «ACR Digital Mammography Phantom Model 086 CIRS», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης σε: «CIRS Digital Phantom Mammography», βρέθηκαν 17 δημοσιεύσεις, μια εκ των οποίων ήταν η εργασία των Tanguay J. et al., 2019, με τίτλο: «Cascaded systems analysis of anatomic noise in digital mammography and dual-energy digital mammography», η οποία κάνει αναλυτική μελέτη των συστημάτων ανατομικού θορύβου σε ψηφιακή μαστογραφία και μαστογραφία διπλής ενέργειας. Στην εργασία αυτή βρίσκει εφαρμογή διαφορετικό ομοίωμα από αυτό που μελετάται στη προκειμένη περίπτωση, το οποίο όμως ανήκει στον κατασκευαστή CIRS. (97)

3.1.4 ACR Accreditation Mammo FFDM™ Phantom – Gammex



Εικόνα 11.

Το ομοίωμα FFDM, Full Field Digital Mammography, τηρεί τους κανονισμούς του Αμερικάνικου Κολλεγίου Ρευματολογίας (ACR), της ομάδας διαπίστευσης του Αμερικανικού Κολλεγίου Ακτινολογίας (MQSA) και του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Αναφοράς για την διακρίβωση ποιότητας και για διαγνωστικές υπηρεσίες (EUREF₂). Κατασκευάστηκε σε συνεργασία με τον οίκο Gammex - τους ιδρυτές του Mammo 156™ που είναι γνωστό ως το "χρυσό πρότυπο" για την υγεία του μαστού - με στόχο την αξιολόγηση των ανιχνευτών με την λήψη μίας μόνο εικόνας. Το ομοίωμα FFDM θεωρείτε ότι έχει πιο δύσκολους και ευαίσθητους στόχους και πως θα συμβάλει στην μείωση του χρόνου ελέγχου. Έχει την ικανότητα να προσομοιώνει τα ακτινογραφικά χαρακτηριστικά του συμπιεσμένου ιστού του μαστού, συμπεριλαμβανομένων και των μικρο-ασβεστώσεων, των δομών και των μαζών που φαίνονται σαν όγκοι. Η αναγνώριση αυτών των μικρών δομών καθίσταται απαραίτητη για την πρόωρη ανίχνευση του καρκίνου του μαστού, στη περίπτωση που υπάρχει. (98)

Χαρακτηριστικά:

- Αξιολογεί με τη λήψη μίας μόνο εικόνας.

- Έχει την ικανότητα να ανιχνεύει αντικείμενα διαστάσεων από 0.14 έως 1.0 χιλιοστά.
 - Ελαττώνει την οπισθοσκέδαση και εξισορροπεί την εξασθένηση.
 - Με τη χρήση ίδιου πλάτους παραθύρου (WW) και ίδιου επιπέδου (WL), αξιολογεί την ποιότητα εικόνας, την ανίχνευση αντικειμένων, την ομοιομορφία και την αντίθεση σε αναλογία θορύβου (CNR).
 - Τα αντικείμενα δοκιμής σχεδιάζονται με νάιλον ίνες πολυαμιδίου, με σφαιρικά γυάλινα στίγματα και σφαιρικά καπάκια ως μάζες, σύμφωνα με διεθνείς προδιαγραφές.
 - Οι διαστάσεις του και η σύστασή του είναι ισοδύναμη με 4.2 εκατοστά συμπιεσμένου μαστού με σύσταση 50 % λιπώδους και 50 % αδενικού ιστού.
- (99)

Τρόπος Αξιολόγησης:

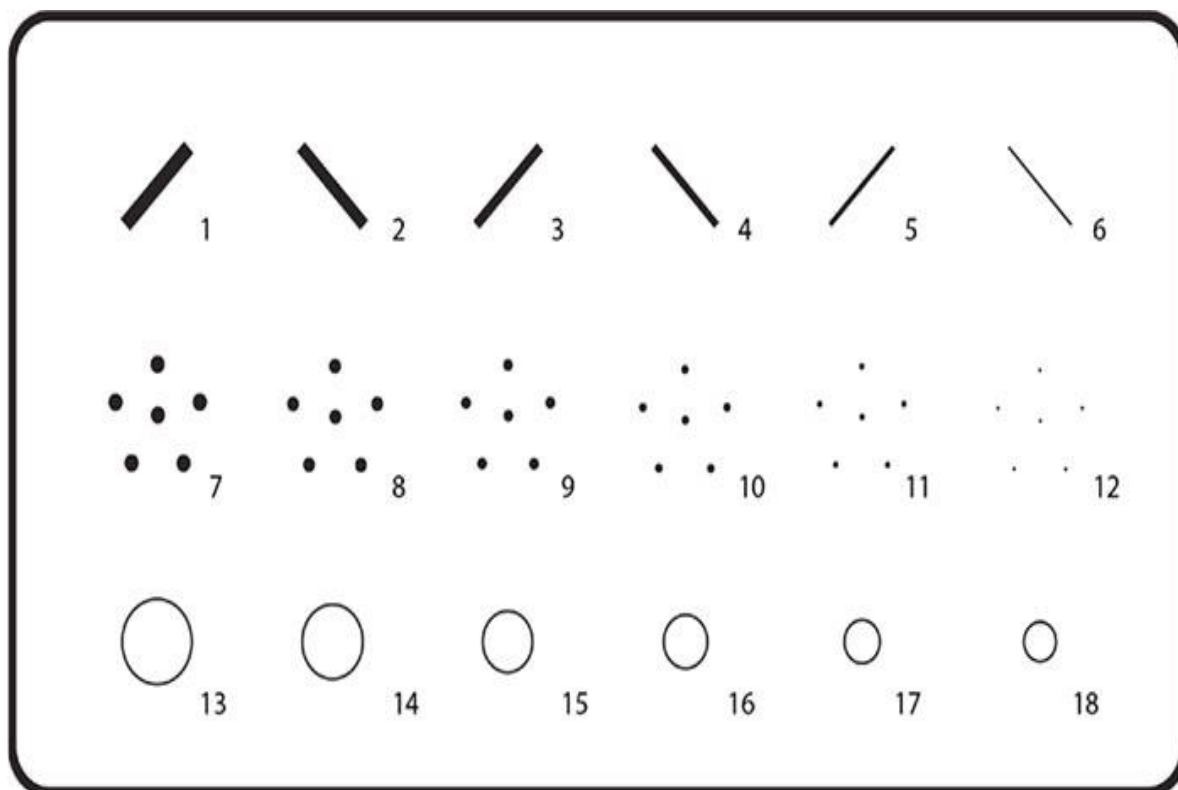
Ο τρόπος αξιολόγησης του ομοιώματος FFCM γίνεται παρόμοια με κάθε ομοίωμα ψηφιακής μαστογραφίας. Γίνεται λήψη εικόνων οι οποίες εμφανίζονται είτε ψηφιακά σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, είτε σε μια οθόνη φθορισμού. Πραγματοποιείται οπτικός έλεγχος των ληφθέντων εικόνων, μετά από την σωστή τοποθέτηση του ομοιώματος μέσα στο μηχάνημα.

Πίνακας 7. Χαρακτηριστικά του ομοιώματος (Οι διαστάσεις αποτελούν μέσες τιμές)

Νάιλον ίνες	6
Δομές μικροαποτιτανώσεων	6 ομάδες από Al ₂ O ₃
Μάζες	6
Συνολικές διαστάσεις (μήκος, πλάτος, ύψος)	31 cm, 19 cm, 4.1 cm
Διαστάσεις των περιοχών με τις δομές (μήκος, πλάτος, ύψος)	12.98 cm, 6.98 cm, 0.7 cm
Περιοχή κενού για υπολογισμό CNR	0.1 cm βάθος

Πίνακας 8. Χαρακτηριστικά δομών του ομοιώματος (Οι διαστάσεις αποτελούν μέσες τιμές)

Ύνες (διάμετρος)	Δομές Al ₂ O ₃ (διάμετρος)	Μάζες (πάχος)
1. 0.89 mm	7. 0.33 mm	13. 1.00 mm
2. 0.75 mm	8. 0.28 mm	14. 0.75 mm
3. 0.61 mm	9. 0.23 mm	15. 0.50 mm
4. 0.54 mm	10. 0.20 mm	16. 0.38 mm
5. 0.40 mm	11. 0.17 mm	17. 0.25 mm
6. 0.30 mm	12. 0.14 mm	18. 0.20 mm



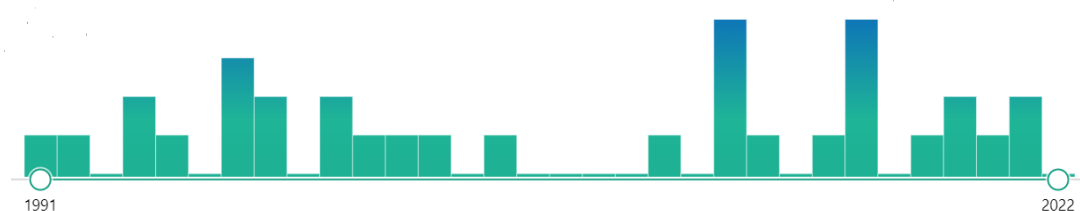
Εικόνα 12. Διάγραμμα ένθετου κεριών

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «ACR Accreditation Mammo FFDM Gammex», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης σε: «Gammex phantom mammography», βρέθηκαν τρεις δημοσιεύσεις, εκ των οποίων σχετικές με την μαστογραφία ήταν η εργασία των Lai CJ. et al., 2008, με τίτλο: «Comparison of slot scanning digital mammography system with full-field digital mammography system», όπου γινόταν έρευνα στην ποιότητα εικόνας δύο διαφορετικών συστημάτων μαστογραφίας. (100) Επιπλέον, αναφέρθηκε στη εργασία των Faulkner K. et al., 1994, με τίτλο: «A comparison of mammographic phantoms», όπου γινόταν και πάλι σύγκριση ομοιωμάτων. Παρόλα αυτά καμιά από τις παραπάνω δημοσιεύσεις δεν αναφέρεται στο ανωτέρω ομοίωμα. (101)

Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι, χρησιμοποιώντας στο PubMed τον γενικότερο όρο αναζήτησης: «ACR accreditation phantom mammography», βρέθηκαν 31 αποτελέσματα, τα οποία καλύπτουν το χρονικό εύρος από το έτος 1991 έως και το έτος 2021. Ο συγκεκριμένος όμως όρος περιλαμβάνει διαφορετικά ομοιώματα κι όχι απαραίτητα του κατασκευαστή Gammex.



Εικόνα 13. Κατανομή δημοσιεύσεων

Οι δημοσιεύσεις που εμφανίζονται, αναφέρονται κυρίως σε αξιολόγηση των ομοιωμάτων για έλεγχο ψηφιακής μαστογραφίας και σε βελτιστοποίηση των συνθηκών έκθεσης στη μαστογραφία, όπως φαίνεται στις δημοσιεύσεις των Huda W. et al., 2002, με τίτλο: «How good is the ACR accreditation phantom for assessing image quality in mammography?», των Sung SE. et al., 2012, με τίτλο: «Which phantom is better for assessing the image quality in full-field digital mammography?: American College of Radiology Accreditation phantom versus digital mammography accreditation phantom.» και των Ślusarczyk-Kacprzyk W. et al., 2016., με τίτλο: «Evaluation of Doses and Image Quality in Mammography with Screen-Film, CR, and DR Detectors – Application of the ACR Phantom». (102) (103) (104)

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η έκδοση του ομοιώματος που χρησιμοποίησαν οι Huda W. et al., δεν βρέθηκε ότι μπορεί να ελέγξει όλες τις παραμέτρους της ψηφιακής μαστογραφίας.

3.1.5 Stereotactic Breast Biopsy Phantom Model 164A – Gammex



Εικόνα 14.

Το στερεοτακτικό ομοίωμα ανήκει στον οίκο Gammex και έχει σχεδιαστεί για την εκπαίδευση των ειδικευόμενων στην εισαγωγή βελόνας μαστογραφίας για διαδικασίες βιοψίας μαστού. Το ομοίωμα περιλαμβάνει πολλαπλές βλάβες και αντοχή ως δέρμα και είναι εύκολα συμπίεσιμο από ένα όργανο βιοψίας με σκοπό να παρέχει στους ιατρούς την κατάλληλη κατάρτιση που απαιτείται. Το ομοίωμα είναι κατασκευασμένο από καθαρή γέλη, επικαλυπτόμενη από επίστρωση μαλακού βινυλίου για εύκολη συμπίεση και αντοχή δέρματος.

Χαρακτηριστικά:

- Ομοίωμα εκπαίδευσης βιοψίας μαστογραφίας με βελόνα.
- Μέσα στο ομοίωμα περιέχονται 20-25 ακτινοσκοπικές αλλοιώσεις, με μεγέθη από 2 έως και 5mm.
- Οι αλλοιώσεις 3 και 5 χιλιοστών χρησιμοποιούνται για την εξάσκηση πυρηνικών βιοψιών.
- Οι αλλοιώσεις 2 χιλιοστών είναι υγρές και χρησιμοποιούνται για την εξάσκηση της λεπτής αναρρόφησης της βελόνας και ελέγχουν τη ακρίβεια του συστήματος βιοψίας και του χειριστή.

Τρόπος Αξιολόγησης:

Γίνεται λήψη υλικού μέσω μιας ειδικής βελόνας βιοψίας και πραγματοποιείται οπτικός έλεγχος των αποτελεσμάτων της βιοψίας όσον αφορά την ακρίβεια της απόδοσης του συστήματος βιοψίας μαστού. Η αυτοματοποιημένη στερεοτακτική διαδικασία βιοψίας του μαστού εξαρτάται από διάφορες μεταβλητές για την ακριβή τοποθέτηση της βελόνας. (105)

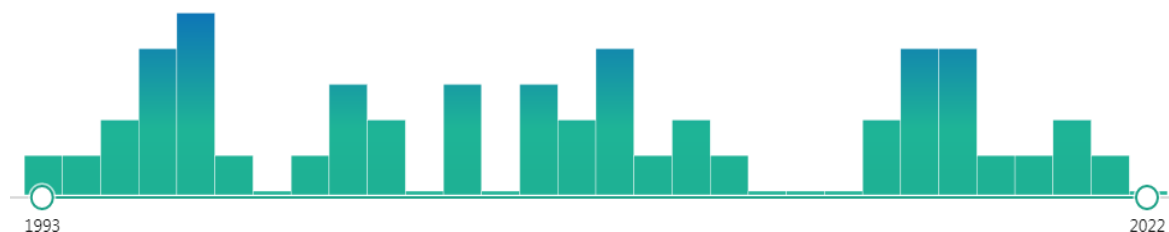
Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά του ομοιώματος

Υλικό	Γέλη με ιδιότητες εξασθένησης παρόμοιες με τον ιστό του μαστού
Εξωτερικό υλικό	Βινύλιο
Θερμοκρασία αποθήκευσης	5-32 °C
Διαστάσεις	21x6x11 cm
Βάρος	1.06 kg

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «Stereotactic Breast Biopsy Phantom Model 164A Gammex», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης στο PubMed σε: «Gammex Stereotactic Breast Biopsy Phantom», πάλι δεν βρέθηκε καμία δημοσίευση, ενώ όταν μπήκε ένας γενικότερος όρος αναζήτησης: «Stereotactic Breast Biopsy Phantom», βρέθηκαν συνολικά 47 αποτελέσματα, που κυμαίνονταν από τις χρονολογίες 1993 έως και 2021. Ωστόσο, οι έρευνες αυτές δεν αφορούν ομοιώματα απαραίτητα του κατασκευαστή Gammex.

**Εικόνα 15.** Κατανομή δημοσιεύσεων

Μια από τις δημοσιεύσεις αυτές, είναι η εργασία των Fischmann A. et al., 2010, με τίτλο: «Low-cost phantoms for training of stereotactic vacuum-assisted biopsy of the breast», στη οποία πραγματοποιείται αξιολόγηση διάφορων οικονομικών ομοιωμάτων εκπαίδευσης στερεοτακτικής βιοψίας του μαστού. (106)

3.1.6 Stereotactic Mammographic Accreditation Phantom Model 156D –

Gammex



Εικόνα 16.

Το μοντέλο 156D ανήκει στον κατασκευαστή Gammex και βρίσκει εφαρμογή στην παρακολούθηση ψηφιακών συστημάτων μαστογραφίας που χρησιμοποιούνται για την στερεοτακτική βιοψία και τον εντοπισμό. Το ομοίωμα αυτό πηγαίνει σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Αμερικάνικου Κολλεγίου Ρευματολογίας (ACR) και αποτελεί ένα σχετικά οικονομικό μοντέλο.

Χαρακτηριστικά:

- Παρακολούθηση ψηφιακών συστημάτων στερεοτακτικής βιοψίας.
- Μπορεί να εντοπίσει σε γρήγορους χρόνους ένα εύρος στόχων μεγέθους από 0.20 έως και 1 χιλιοστά.
- Το ομοίωμα είναι 4.4 χιλιοστά και αποτελείται από 7 χιλιοστά κεριού, με 3.4 χιλιοστά ακρυλική βάση και 3 χιλιοστά κάλυμμα.
- Μέσα στο ομοίωμα περιέχονται 12 ομάδες αντικειμένων δοκιμής.
- Συνολικά, είναι 4.2 χιλιοστά συμπιεσμένου στήθους με 50% αδενική και 50% λιπώδης σύνθεση.
- Έχει διαστάσεις 5x5 εκατοστά.

Μέσα στο ομοίωμα περιέχονται:

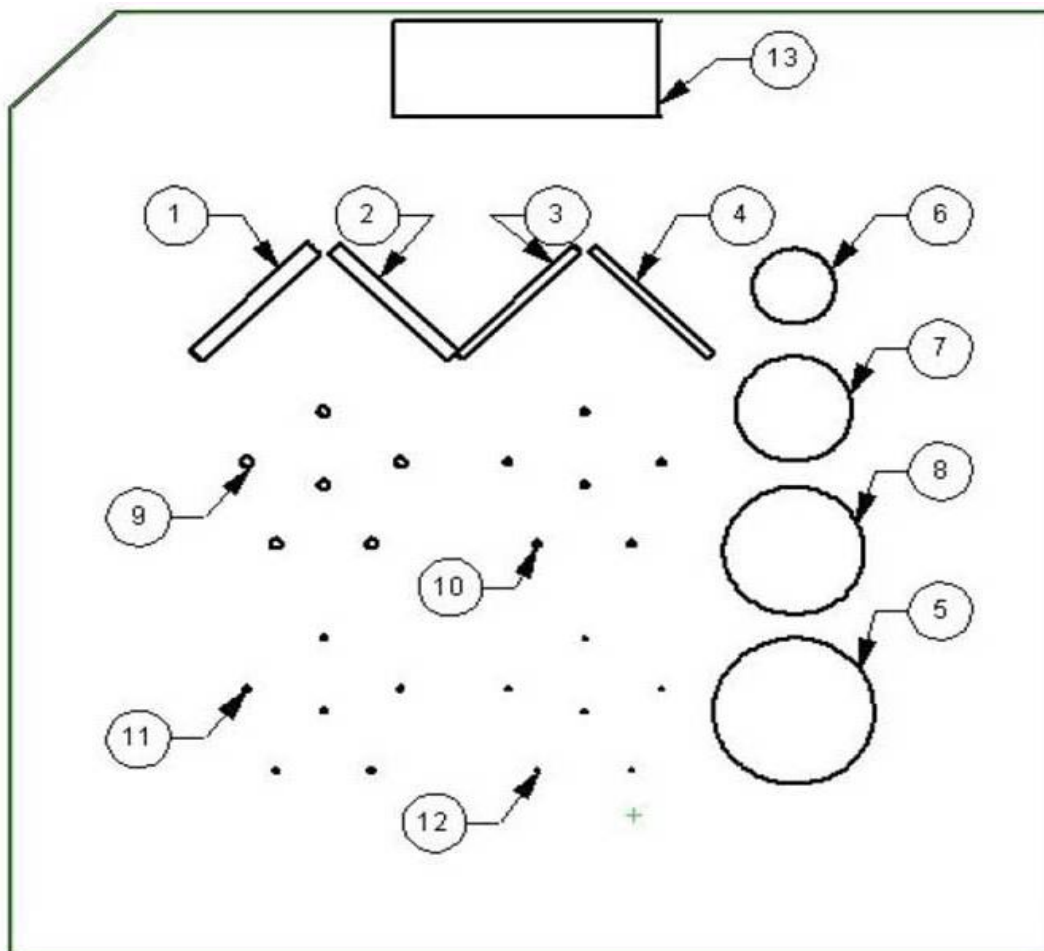
- 4 προσομοιωμένες μικρο-ασβεστώσεις με τη μορφή στιγμάτων οξειδίου του αργιλίου (Al_2O_3)
- 4 διαφορετικού μεγέθους ίνες νάιλον, για την προσομοίωση ινωδών δομών
- 4 διαφορετικού μεγέθους μάζες σχήματος φακού, για την προσομοίωση των όγκων.

Τρόπος Αξιολόγησης:

Το συγκεκριμένο ομοίωμα τοποθετείται κατάλληλα στο ψηφιακό σύστημα, γίνεται η λήψη της βιοψίας και έπειτα πραγματοποιείται οπτική αξιολόγηση των απεικονίσεων που λήφθηκαν. (107)

Πίνακας 10. Χαρακτηριστικά στόχων του ομοιώματος

Αντικείμενα δομής ινιδίου	0.93 mm	Ίνες νάιλον
	0.74 mm	
	0.54 mm	
	0.40 mm	
Αντικείμενα μικρο- ασβεστώσεων	0.54mm	Στίγματα οξειδίου του αργιλίου (Al_2O_3)
	0.32 mm	
	0.24 mm	
	0.20 mm	
Αντικείμενα μαζών όγκου	1.00 mm	Μάζες (πάχη)
	0.75 mm	
	0.50 mm	
	0.25 mm	



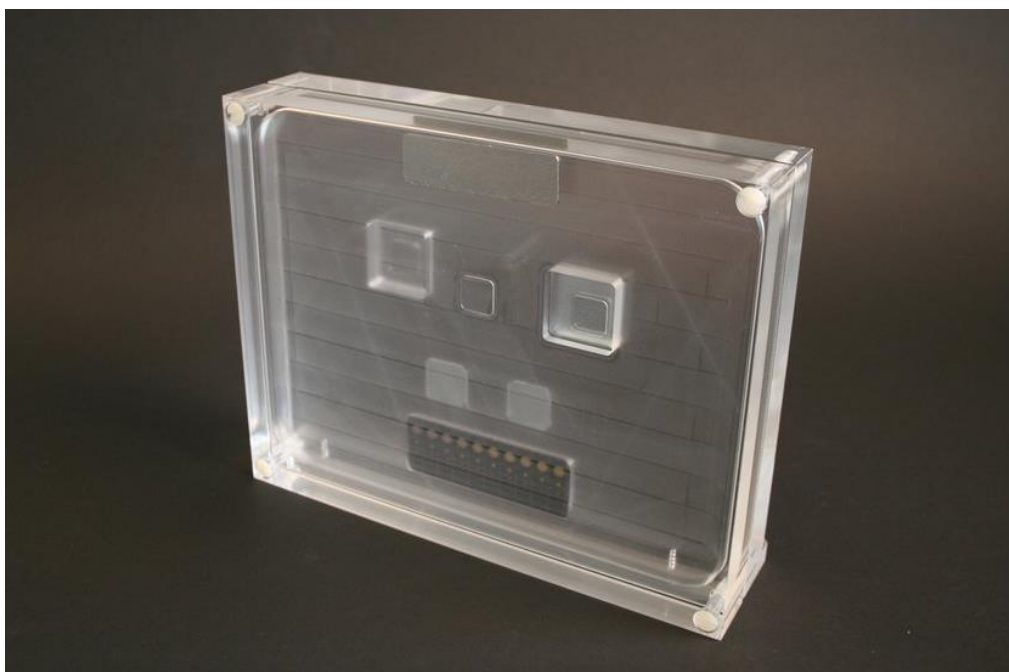
Εικόνα 17. Διάγραμμα στόχων ομοιώματος (οι αριθμοί είναι μόνο για αναφορά)

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «Stereotactic Mammographic Accreditation Phantom Model 156D Gammex», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας την φράση αναζήτησης σε: «Gammex Stereotactic Mammographic Accreditation Phantom», πάλι δεν βρέθηκε κάποια σχετική αναφορά. Μόνο όταν χρησιμοποιήθηκε στο PubMed ένας γενικός όρος αναζήτησης: «Stereotactic Mammographic Accreditation Phantom», βρέθηκε μία δημοσίευση, η εργασία των Roehrig H. et al., 1995, με τίτλο: «Image quality control for digital mammographic systems: initial experience and outlook». Στην εργασία αυτή μελετάται ο έλεγχος ποιότητας των ψηφιακών μαστογραφικών συστημάτων και δεν αναφέρεται ούτε στο παραπάνω ομοίωμα αλλά ούτε στον κατασκευαστή Gammex. (108)

3.1.7 DIGIMAM Phantom – Artinis



Εικόνα 18.

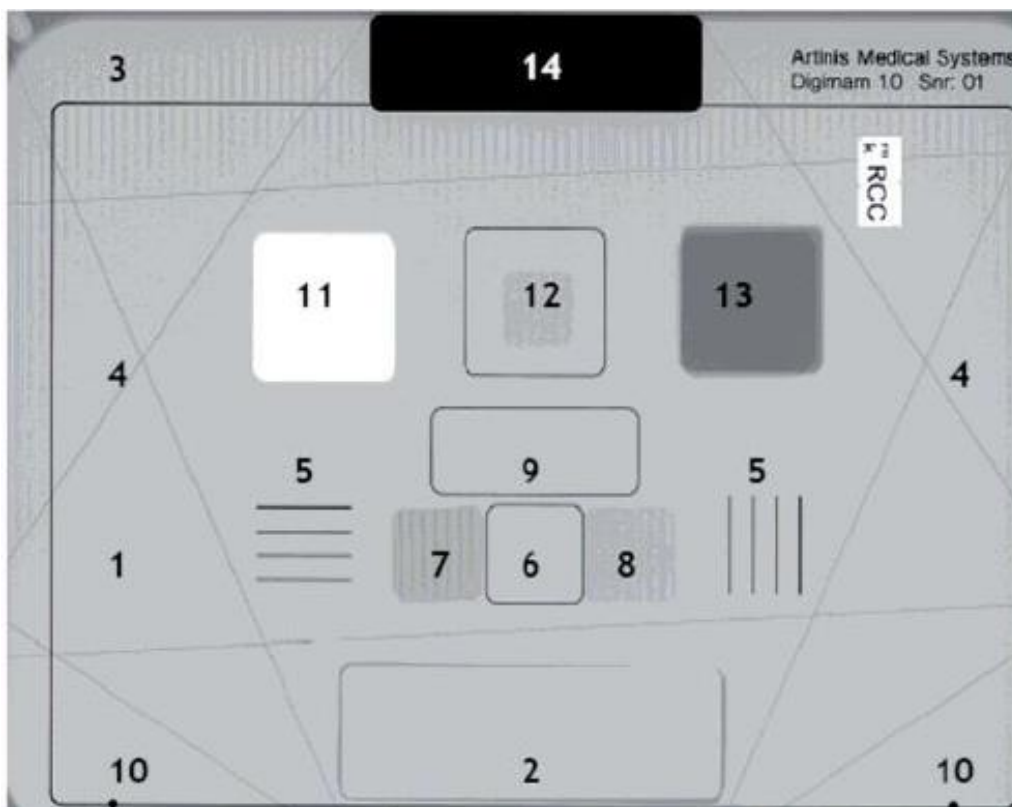
Το ομοίωμα αυτό έχει κατασκευαστεί από τον Artinis, σε συνεργασία με την ομάδα φυσικο-τεχνολογικών ποιοτικών ελέγχων του Ευρωπαϊκού Δικτύου Καρκίνου του Μαστού. Είναι ένα ομοίωμα αξιολόγησης της ψηφιακής μαστογραφίας. Τηρεί όλες τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές για ποιοτική διασφάλιση στην απεικόνιση ψηφιακών συστημάτων. Το συγκεκριμένο ομοίωμα έχει σχεδιαστεί με το κατάλληλο πάχος και υλικό, έτσι ώστε να προσομοιώνει το μέγεθος και το σχήμα ενός μέσου μαστού. Το υλικό από το οποίο αποτελείται η πλάκα του ομοιώματος είναι πλεξιγκλάς. Μέσα στο εργαλείο ανάλυσης της αντίθεσης που περιέχεται στο ομοίωμα, υπάρχουν χρυσοί δίσκοι. (109)

Χαρακτηριστικά:

Παρακάτω, στην Εικόνα 12, φαίνεται η δομή του ομοιώματος. Το ομοίωμα πιο αναλυτικά αποτελείται από:

1. Πλάκα ομοιώματος, πάχους 53 mm, η οποία αποτελείται από 45 mm πολυ(μεθακρυλικό μεθυλεστέρα), δηλαδή πλεξιγκλάς (PMMA) και 8 mm αέρα δωματίου. Με αυτό τον τρόπο γίνεται προσομοίωση ενός μέσου στήθους.
2. Εργαλείο ανάλυσης αντίθεσης λεπτομέρειας.

3. Χαραγμένες γραμμές με μόλυβδο για τον έλεγχο της γεωμετρικής παραμόρφωσης.
4. Λεπτά μεταλλικά σύρματα, πάχους 0.1 mm, για γρήγορο έλεγχο ελαττωματικών στηλών.
5. Χάρακες οι οποίοι συμβάλλουν στον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ δύο γραμμών απόστασης 5 mm, μήκους 20mm.
6. Μέτρηση αναλογίας αντίθεσης προς θόρυβο, ένδειξη του σημείου αναφοράς.
7. Μέτρηση αναλογίας αντίθεσης προς θόρυβο, στρώση αλουμινίου 0.2 mm.
8. Μέτρηση αναλογίας αντίθεσης προς θόρυβο, στρώση αλουμινίου 0.1 mm.
9. Σημείο αναφοράς για την στερέωση του δοσίμετρου ή για τον υπολογισμό του λόγου σήματος ως προς τον θόρυβο.
10. Έλεγχος χαμένου ιστού στο τοίχωμα του στήθους.
11. Εσοχή για εισαγωγή ένθετου χαμηλής αντίθεσης για την αξιολόγηση του δυναμικού εύρους σε λιπώδη ιστό.
12. Εσοχή 0.7 mm PMMA, για εισαγωγή ένθετου χαμηλής αντίθεσης για την αξιολόγηση του δυναμικού εύρους σε φυσιολογικό ιστό.
13. Εσοχή 7.1 mm PMMA, συνδυασμένο με 0.2 mm Al και στην μια μεριά μια επιπλέον εσοχή 0.7 mm PMMA. Ενεργοποιεί τον έλεγχο του δυναμικού εύρους με ένθετο χαμηλής αντίθεσης σε πυκνό ιστό.
14. Φύλλο ανοξείδωτου χάλυβα για την αξιολόγηση του δυναμικού εύρους. (110)



Εικόνα 19. Δομή του ομοιώματος (τα στοιχεία του περιγράφονται παραπάνω)

Τρόπος Αξιολόγησης:

Το ομοίωμα DIGIMAM τοποθετείται στο μηχάνημα στη θέση που θα τοποθετούταν ο μαστός. Γίνεται λήψη της εικόνας σε ψηφιακή μορφή. Έπειτα γίνεται οπτικός έλεγχος των αποτελεσμάτων. Υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της γεωμετρικής παραμόρφωσης, των ελαττωματικών στηλών, υπολογισμού της αναλογία της αντίθεσης ως προς τον θόρυβο (CNR), του λόγου σήματος ως προς τον θόρυβο (SNR) και υπολογισμού της απόστασης.

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «DIGIMAM Phantom Artinis», βρέθηκαν συνολικά 7 δημοσιεύσεις. Ωστόσο, καμία από τις εργασίες αυτές δεν αφορούσε μελέτη του DIGIMAM. Σε κάποιες από τις δημοσιεύσεις αυτές μελετώνται διαφορετικά ομοιώματα του κατασκευαστή Artinis, που δεν αφορούν απαραίτητα απεικονίσεις μαστού.

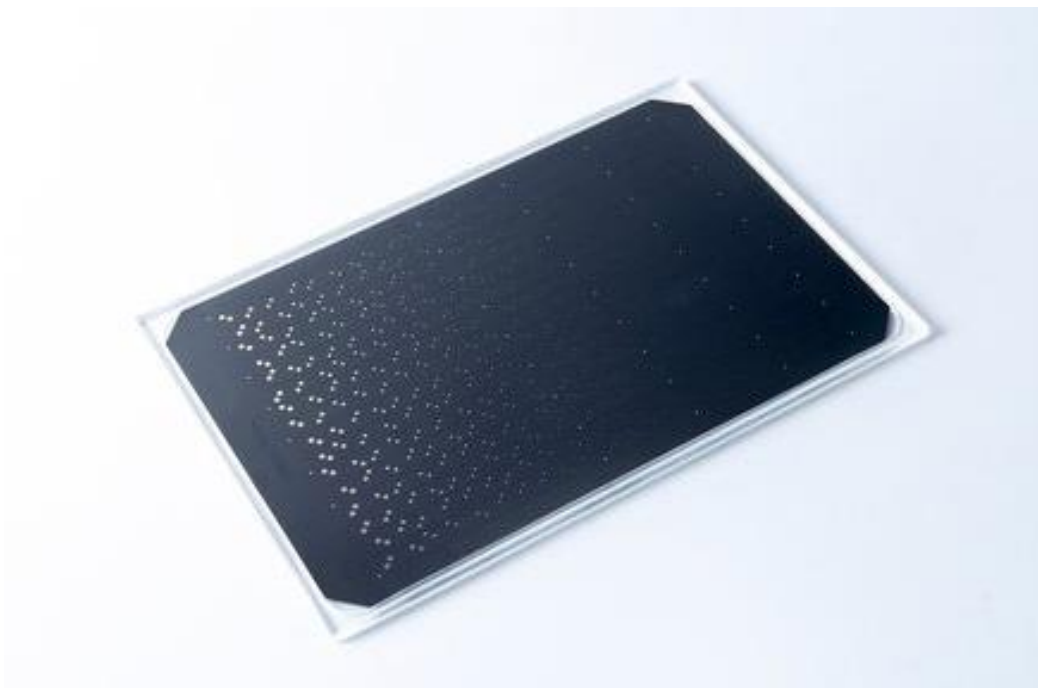
Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης στο PubMed σε έναν γενικότερο όρο αναζήτησης: «Artinis Breast Phantom», βρέθηκαν μόνο 2 δημοσιεύσεις και παρατηρείται ότι και στις δύο αναφέρεται το ομοίωμα CDMAM. Οι δημοσιεύσεις αυτές έγιναν η μια το έτος 2013 και η δεύτερη το έτος 2015, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Εικόνα 20. Κατανομή δημοσιεύσεων

Η μια εκ των δύο είναι των Jakubian RR. et al., 2013, με τίτλο: «Image quality, threshold contrast and mean glandular dose in CR mammography», η οποία μελετά την ποιότητα εικόνας, την αντίθεση καταφλοιού και την μέση αδενική δόση στην ηλεκτρονική ραδιογραφία (CR), χρησιμοποιώντας ασθενείς με δυο ειδών πάχη στηθών, 45 και 75 χιλιοστών. (111)

3.1.8 CDMAM 4.0 Phantom – Artinis



Εικόνα 21.

Το CDMAM 4.0 είναι το μαστογραφικό ομοίωμα λεπτομερούς αντίθεσης της επόμενης γενιάς με ακριβείς προδιαγραφές, ειδικά σχεδιασμένο για να υπολογίζει την απόδοση της απεικόνισης στη ψηφιακή μαστογραφία. Ανήκει στον κατασκευαστικό οίκο Artinis και έχει βελτιστοποιηθεί βάσει τις Ευρωπαϊκές Κατευθυντήριες Γραμμές Διασφάλισης Ποιότητας Ψηφιακής Μαστογραφίας. Έχει κατασκευαστεί με διαδικασίες υψηλής ακριβείας. Περιέχει δίσκους χρυσού, οι οποίοι τοποθετούνται στη περιοχή ενδιαφέροντος της ψυχομετρικής καμπύλης, έτσι ώστε να προσδιορίζονται με ακρίβεια οι καμπύλες λεπτομερούς αντίθεσης και η ευαισθησία υψηλής δόσης.

Χαρακτηριστικά:

Εφαρμογές του ομοιώματος:

- Ποιοτικός έλεγχος και διασφάλιση της απόδοσης της απεικόνισης των ψηφιακών μαστογραφικών συστημάτων.
- Βελτιστοποίηση και αξιολόγηση των ψηφιακών συστημάτων.
- Προσδιορισμός της βέλτιστης τεχνικής έκθεσης για απεικονίσεις διαφορετικών παχών πολύ(μεθακρυλικού μεθυλεστέρα) (PMMA).
- Προσδιορισμός της βέλτιστης πυκνότητας φόντου.

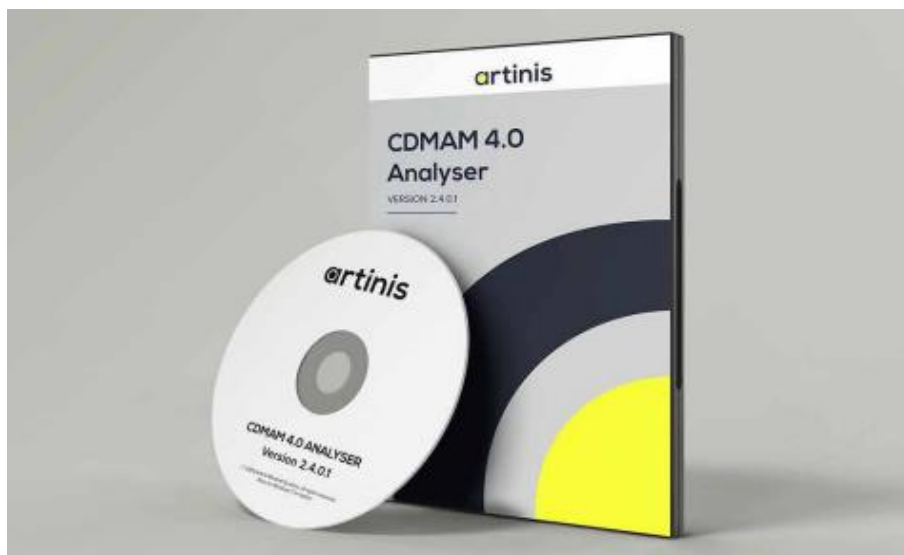
- Σύγκριση διαφορετικών μαστογραφικών συστημάτων.

Το ομοίωμα αποτελείται από:

- 672 δίσκοι χρυσού, οι οποίοι χωρίζονται σε 21 εκθετικά βήματα, με κυμαινόμενες διαμέτρους από 0.08 έως 2.0 χιλιοστά
- Κάθε μια διάμετρος έχει το δικό της εύρος πάχους, με 16 διαφορετικά βήματα πάχους
- 43 επιπρόσθετους δίσκους αναφοράς για καλύτερη ηλεκτρονική βαθμονόμηση
- 0.5 χιλιοστά βάση στιλβωμένου αλουμινίου
- Κάλυμμα πολύ(μεθακρυλικού μεθυλεστέρα) (PMMA) διαστάσεων 240x162x3 χιλιοστών
- 4 PMMA πλάκες

Τρόπος Αξιολόγησης:

Για να γίνει ανάλυση και αξιολόγηση των απεικονίσεων με το CDMAM 4.0, έχει αναπτυχθεί, από τον ίδιο κατασκευαστή, ένα πρόγραμμα ανάλυσης. Με βάση το λογισμικό αυτό, τα πάχη αντίθεσης κατωφλιού προσδιορίζονται σύμφωνα με την 4^η έκδοση των Ευρωπαϊκών Κατευθυντήριων Γραμμών Διασφάλισης Απεικόνισης και Διάγνωσης Καρκίνου του Μαστού. Κάθε ανάλυση που πραγματοποιείται εμφανίζεται στο λογισμικό. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να συγκριθούν ομάδες απεικονίσεων μεταξύ τους. Με τη χρήση του λογισμικού δίνεται η δυνατότητα προσδιορισμού των ψυχομετρικών καμπυλών, διόρθωσης των τιμών ανθρώπινης ανάγνωσης, υπολογισμού των καμπυλών της λεπτομέρειας αντίθεσης, ανίχνευσης του πάχους κατωφλιού διαφορετικών διαμέτρων και τέλος, συλλογής των αποτελεσμάτων σε ένα λογισμικό αυτόματης ανάγνωσης για μελλοντική επεξεργασία. (112)



Εικόνα 22. Λογισμικό Ανάλυσης

<i>Diameter (mm)</i>											
	2.00	1.70	1.40	1.20	1.00	0.88	0.77	0.66	0.57	0.50	0.42
16	0.103	0.105	0.106	0.106	0.129	0.147	0.168	0.191	0.208	0.240	0.264
15	0.094	0.096	0.098	0.097	0.109	0.128	0.148	0.170	0.192	0.210	0.239
14	0.087	0.089	0.090	0.090	0.099	0.109	0.130	0.149	0.171	0.193	0.208
13	0.078	0.078	0.079	0.079	0.091	0.100	0.110	0.130	0.150	0.171	0.191
12	0.069	0.069	0.071	0.071	0.080	0.091	0.100	0.110	0.130	0.150	0.169
11	0.056	0.056	0.057	0.057	0.071	0.080	0.092	0.100	0.110	0.130	0.148
10	0.048	0.048	0.049	0.049	0.057	0.071	0.080	0.091	0.100	0.109	0.129
9	0.042	0.042	0.043	0.043	0.049	0.057	0.071	0.080	0.091	0.100	0.108
8	0.037	0.037	0.038	0.038	0.043	0.049	0.057	0.070	0.080	0.090	0.098
7	0.032	0.032	0.033	0.033	0.038	0.043	0.049	0.057	0.070	0.079	0.089
6	0.027	0.027	0.028	0.028	0.033	0.038	0.043	0.049	0.056	0.070	0.077
5	0.023	0.024	0.024	0.024	0.028	0.033	0.038	0.042	0.048	0.056	0.069
4	0.020	0.021	0.021	0.021	0.024	0.028	0.032	0.037	0.042	0.048	0.055
3	0.017	0.018	0.018	0.018	0.021	0.024	0.027	0.032	0.037	0.041	0.047
2	0.015	0.015	0.015	0.015	0.018	0.021	0.024	0.027	0.032	0.036	0.040
1	0.012	0.012	0.012	0.012	0.015	0.018	0.021	0.023	0.027	0.031	0.035

Εικόνα 23. Ονομαστικά πάχη των δίσκων χρυσού του CDMAM 4.0 (1/2).

Πάχος: 0.012μm - 2.8μm. Διάμετρος: 0.08mm – 2.0mm.

0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.10	0.09	0.08
0.341	0.446	0.549	0.675	0.849	1.195	1.396	2.434	2.633	2.800
0.308	0.401	0.493	0.601	0.763	1.105	1.310	2.228	2.411	2.601
0.269	0.351	0.448	0.554	0.681	0.964	1.205	2.019	2.179	2.380
0.242	0.312	0.401	0.493	0.606	0.865	1.111	1.854	2.000	2.180
0.209	0.272	0.350	0.442	0.554	0.777	0.970	1.680	1.830	1.958
0.192	0.243	0.310	0.396	0.490	0.690	0.860	1.560	1.655	1.787
0.170	0.210	0.270	0.344	0.440	0.610	0.770	1.440	1.531	1.623
0.147	0.190	0.240	0.304	0.390	0.550	0.678	1.330	1.415	1.508
0.127	0.167	0.206	0.264	0.338	0.485	0.598	1.210	1.304	1.386
0.107	0.144	0.186	0.234	0.297	0.429	0.538	1.100	1.184	1.273
0.096	0.125	0.163	0.200	0.256	0.379	0.467	0.947	1.081	1.165
0.088	0.104	0.142	0.181	0.227	0.327	0.416	0.833	0.928	1.047
0.076	0.093	0.121	0.158	0.194	0.285	0.366	0.731	0.810	0.890
0.067	0.085	0.101	0.136	0.173	0.245	0.313	0.640	0.716	0.782
0.053	0.073	0.090	0.116	0.150	0.216	0.273	0.557	0.617	0.684
0.045	0.064	0.081	0.096	0.129	0.165	0.231	0.493	0.535	0.590

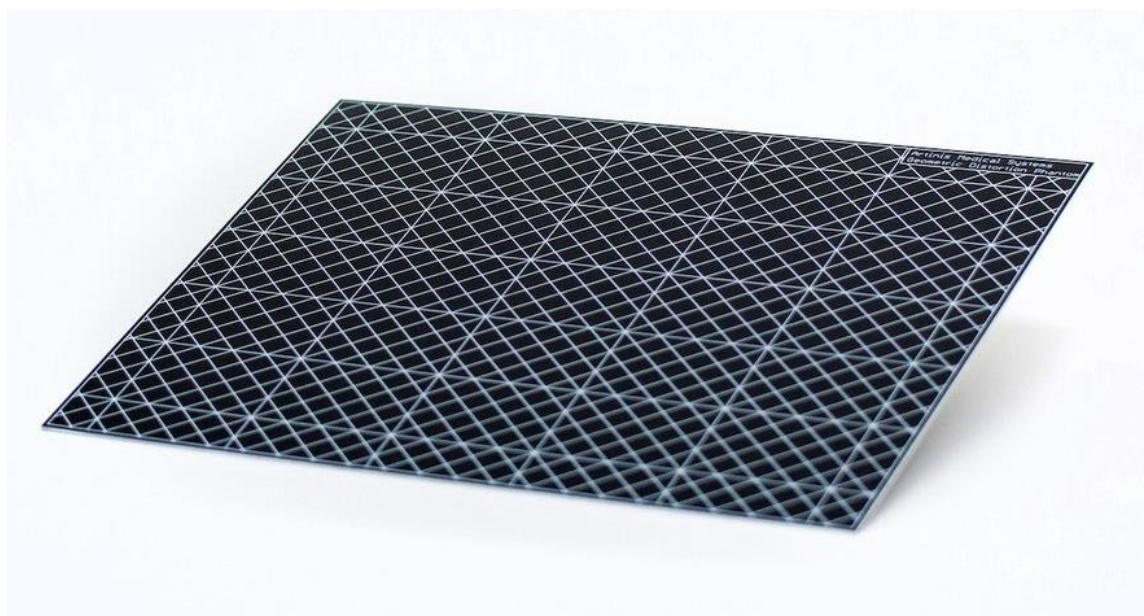
Εικόνα 24. Ονομαστικά πάχη των δίσκων χρυσού του CDMAM 4.0 (2/2).

Πάχος: 0.012μm - 2.8μm. Διάμετρος: 0.08mm - 2.0mm.

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «CDMAM 4.0 Phantom Artinis», βρέθηκε 1 δημοσίευση των Figl M., 2015, με τίτλο: «On the dose sensitivity of a new CDMAM phantom», στην οποία ερευνάται η ευαισθησία της δόσης της απεικόνισης του CDMAM 4.0 και μιας άλλης έκδοσης του, CDMAM 3.4. (113)

3.1.9 Geometric Distortion Phantom – Artinis



Εικόνα 25.

Το ομοίωμα αυτό ανήκει στον κατασκευαστικό οίκο Artinis. Έχει κατασκευαστεί με στόχο την αξιολόγηση πιθανών γεωμετρικών στρεβλώσεων σε απεικονίσεις μαστογραφίας. Έχει δημιουργηθεί έτσι ώστε να τηρεί τις απαιτήσεις του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Αναφοράς για την διακρίβωση ποιότητας και για διαγνωστικές υπηρεσίες (EUREF). Η γεωμετρική παραμόρφωση αναφέρεται στην ακατάλληλη τοποθέτηση των διασκεδαστών στην εικόνα εξόδου, σε σχέση με την πραγματική τους θέση, όταν γίνεται εμφάνιση τους σε ένα κατάλληλα κλιμακωτό κοινό επίπεδο απεικόνισης.

Χαρακτηριστικά:

- Αξιολόγηση γεωμετρικών παραμορφώσεων.
- Οι διαστάσεις του ομοιώματος είναι 320x260 mm.
- Το ομοίωμα περιέχει ένα συρματόπλεγμα οριζόντιων, κατακόρυφων και διαγώνιων γραμμών (κλίσης 45 μοιρών).
- Για τον έλεγχο συστημάτων τομογραφίας είναι διαθέσιμο ένα επιπλέον τρισδιάστατο ομοίωμα γεωμετρικής παραμόρφωσης.

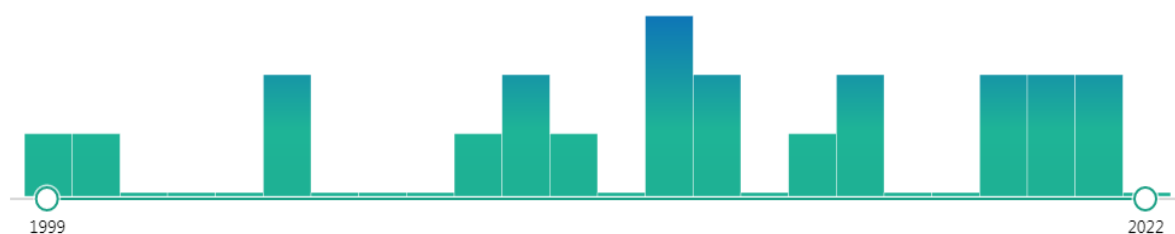
Τρόπος Αξιολόγησης:

Ο τρόπος αξιολόγησης των συστημάτων με το Geometric Distortion Phantom ακολουθεί τις Ευρωπαϊκές κατευθυντήριες γραμμές της μαστογραφίας. Το ομοίωμα πραγματοποιεί υπολογισμό των αποστάσεων μέσα σε μια απεικόνιση. Επίσης, πρέπει να ελεγχθούν εάν τα σύνορα και οι γραμμές του ομοιώματος είναι ορατές και ευθείες. (114)

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «Geometric Distortion Phantom Artinis», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

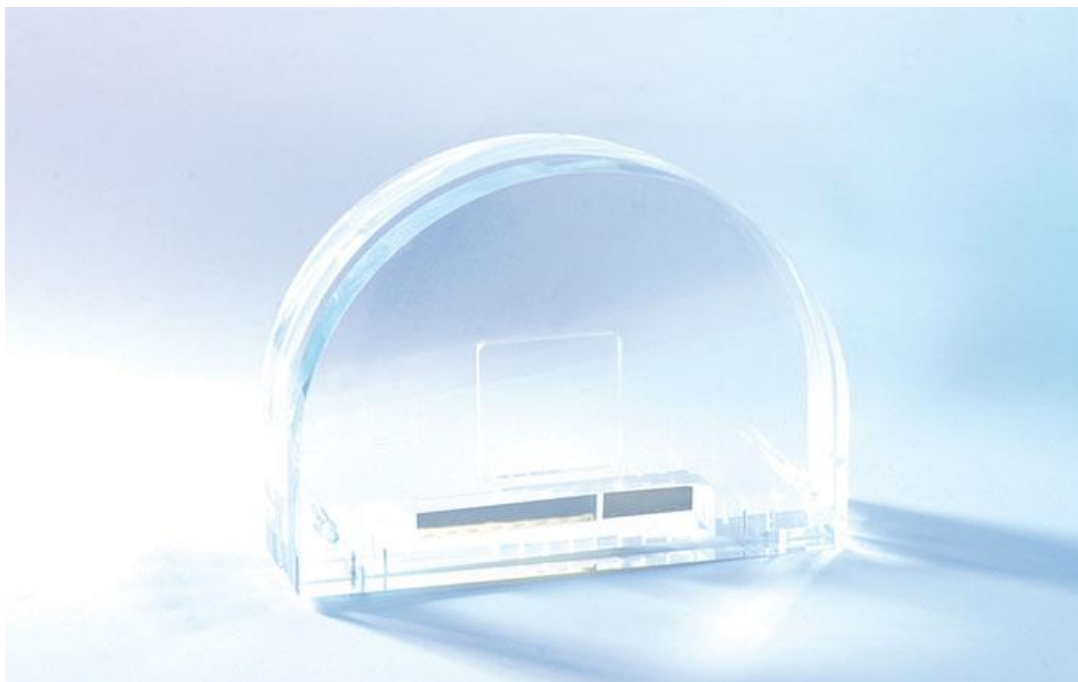
Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης στο PubMed σε έναν γενικότερο όρο αναζήτησης: «Geometric Distortion Breast Phantom», βρέθηκαν συνολικά 21 αποτελέσματα, που καλύπτουν χρονολογικό εύρος από το έτος 1999 έως και το έτος 2021. Ωστόσο, κανένα από τα άρθρα αυτά δεν αναφέρεται απαραίτητα στο ομοίωμα γεωμετρικής παραμόρφωσης του κατασκευαστή Artinis.



Εικόνα 26. Κατανομή δημοσιεύσεων

Μια ενδιαφέρων δημοσίευση είναι η εργασία των Cesario GJ. et al., 2021, με τίτλο: «Proposal of an algorithm to evaluate geometric distortion and artifact spreading in digital breast tomosynthesis», μια μελέτη δημιουργίας αλγορίθμου για την αξιολόγηση της γεωμετρικής παραμόρφωσης και την εξάπλωση του σφάλματος σε ψηφιακή τομοσύνθεση μαστού. (115)

3.1.10 mam/digi EPQC Phantom – QUART



Εικόνα 27.

Το ομοίωμα αυτό έχει κατασκευαστεί από τον QUART και έχει σχεδιαστεί ως εργαλείο ρουτίνας για τον έλεγχο της διασφάλισης ποιότητας και τον ποιοτικό έλεγχο στην αναλογική και την ψηφιακή μαστογραφία. Λόγω του σχεδιασμού του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την τομοσύνθεση. Μια έκθεση είναι αρκετή για την συλλογή των απαραίτητων παραμέτρων για τον προσδιορισμό της ποιοτικής απεικόνισης του συστήματος ακτίνων-χ. Το ομοίωμα έχει ενσωματωμένες κατασκευές δακτυλίων Landolt - ένα αντικείμενο δοκιμής που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας, αποτελείται από έναν ημιτελή δακτύλιο, ο οποίος μοιάζει με το λατινικό C. Παρόμοια με τους δίσκους χρυσού του CDMAM, που αναλύθηκε παραπάνω, οι δακτύλιοι Landolt προορίζονται για την επαλήθευση της χαμηλής αντίθεσης και των αντιληπτών ορίων. Ωστόσο, οι δακτύλιοι Landolt έχουν αναπτυχθεί για την καλύτερη σύγκριση στις μορφολογικές μικροσυσσωματώσεις, από ότι οποιοδήποτε άλλο ομοίωμα.

Χαρακτηριστικά:

- Υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής επιπρόσθετης εξασθένησης για την προσομοίωση μεγαλύτερου πάχους και πυκνότητας μαστικού ιστού.

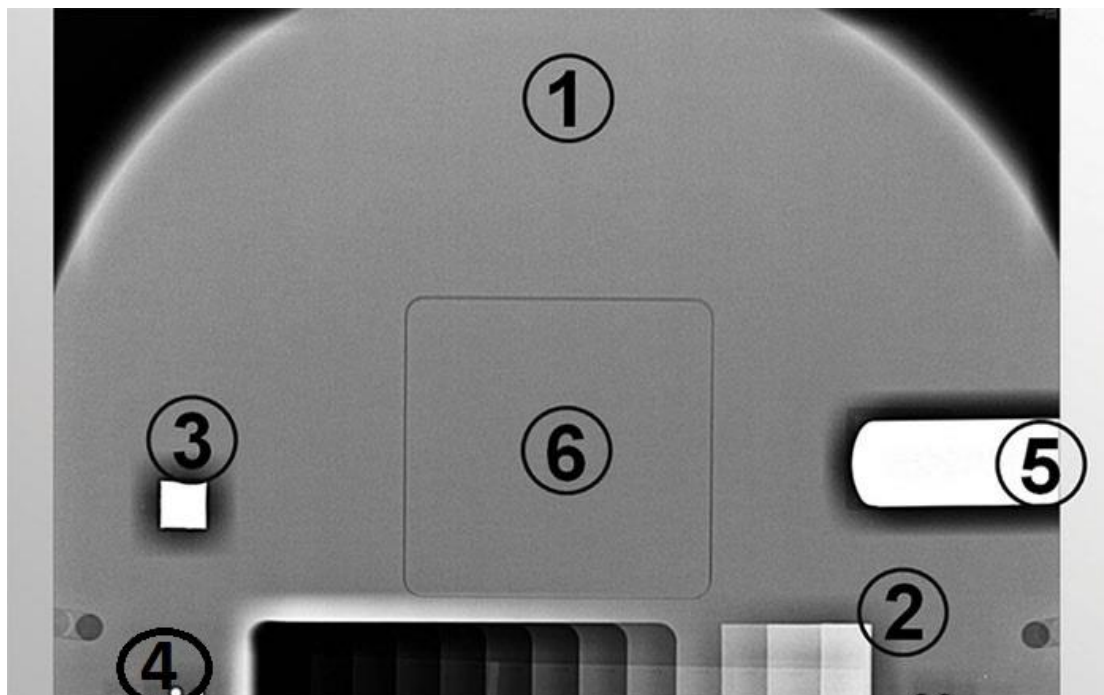
- Όλα τα αντικείμενα δοκιμής βρίσκονται τοποθετημένα κοντά στη πλευρά του θώρακα της μαστογραφικής μονάδας.

Δομή του ομοιώματος (Εικόνα 28):

- (1) Σώμα ομοιώματος με διαστάσεις 240x180x65 mm
- (6) Χώρος στήριξης για ενσωμάτωση επιπρόσθετων δομών ελέγχου, εάν απαιτείται

Αντικείμενα δοκιμής:

- (2) 6 αντικείμενα Landolt ανά ομάδα: 600/480/380/310/250/180 μm
- (2) Μια ομάδα από 6 σε κάθε δυναμικό βήμα (συνολικά 12)
- (2) Αντίθεση σφήνας βήματος 5 έως 40mm πολύ(μεθακρυλικού μεθυλεστέρα) (PMMA)
- (2) Επιπρόσθετη σφήνα αλουμινίου 3 βημάτων
- (3) Δύο περιοχές υπολογισμού της συνάρτησης μεταφοράς διαμόρφωσης (MTF), 5x5 το καθένα
- (2) Λωρίδα χαμηλής αντίθεσης 180x5 mm
- (2) Σειρά 12 αριθμών χαμηλής αντίθεσης
- (4) Σειρά δομών αξιολόγησης γεωμετρίας πεδίου
- (5) Θέση υποδοχής ανιχνευτή δοσιμέτρου



Εικόνα 28. Δομή του ομοιώματος (περιγράφεται στα χαρακτηριστικά)

Τρόπος Αξιολόγησης:

Ο τρόπος αξιολόγησης του συγκεκριμένου ομοιώματος γίνεται σε δύο στάδια. Σε έλεγχο λογισμικού και οπτική αξιολόγηση. Γίνεται λήψη της εικόνας και γίνεται η οπτική αξιολόγηση της εικόνας. Πραγματοποιείται συνολικά μια διαδικασία 12 βημάτων για την προσομοίωση διαφορετικών πυκνοτήτων ιστού και τον έλεγχο της χαμηλής αντίθεσης παρέχοντας, έτσι, την βάση για της διαδικασίες αξιολόγησης, οι οποίες αντιστοιχούν σε πραγματικές ανατομικές συνθήκες. Ο έλεγχος των παραμέτρων γίνεται με υπολογισμό της συχνότητας, της αντίθεσης, του θορύβου, της αναλογίας αντίθεσης ως προς τον θόρυβο (CRN), της ομοιογένειας, της συχνότητας μεταφοράς διαμόρφωσης (MTF), της οπτικής χωρικής ανάλυσης, του Air Kerma, της δόσης και των σφαλμάτων και ελαττωμάτων της εικόνας.

Κατά τον έλεγχο λογισμικού, το ομοίωμα τοποθετείται στη θέση υποδοχής και ξεκινάει η έκθεση. Στη συνέχεια, γίνεται λήψη της εικόνας, οι οποία φορτώνεται στη μονάδα λογισμικού MammoPRO του κατασκευαστή QUART. Το λογισμικό αυτό καθοδηγεί βήμα προς βήμα όλη την διάρκεια της διαδικασίας αξιολόγησης, συλλέγει τα δεδομένα από την εικόνα δοκιμής και δημιουργεί ένα πρωτόκολλο δοκιμής. Η όλη διαδικασία, από την τοποθέτηση του ομοιώματος, μέχρι και την αξιολόγηση και δημιουργία πρωτοκόλλου δοκιμής από το λογισμικό διαρκεί περίπου 5 λεπτά. (116)



Εικόνα 29. Λογισμικό MammoPRO QUART

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «mam/digi EPQC Phantom QUART», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης σε: «QUART Breast Phantom», βρέθηκαν 3 δημοσιεύσεις, εκ των οποίων σχετική με ομοίωμα μαστογραφίας είναι η εργασία των Heras H. et al., 2013, με τίτλο: «A phantom using titanium and Landolt rings for image quality evaluation in mammography», όπου γίνεται έρευνα στην ποιότητα εικόνας σε μαστογραφία, με την χρήση ομοιώματος με δακτυλίους τιτανίου και Landolt. Ωστόσο, η δημοσίευση δεν αναφέρεται στο ανωτέρω ομοίωμα. (117)

Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι, χρησιμοποιώντας στο PubMed τον γενικότερο όρο αναζήτησης: «EPQC Breast Phantom», βρέθηκαν 3 αποτελέσματα, τα οποία καλύπτουν το χρονικό εύρος από το έτος 2009 έως και το έτος 2019. Ο συγκεκριμένος όμως όρος περιλαμβάνει διαφορετικά ομοιώματα κι όχι απαραίτητα του κατασκευαστή QUART.



Εικόνα 30. Κατανομή δημοσιεύσεων

3.1.11 Biopsy Phantom – QUART



Εικόνα 31.

Το φάντασμα βιοψίας του οίκου QUART, είναι σχεδιασμένο για τον έλεγχο της διασφάλισης ποιότητας και τον ποιοτικό έλεγχο σε στερεοτακτικά συστήματα αναλογικής και ψηφιακής μαστογραφίας. Η στερεοτακτική μαστογραφία εντοπίζει την ακριβή θέση μιας ανωμαλίας του μαστού, χρησιμοποιώντας ανάλυση ακτίνων-χ, που λαμβάνονται από δύο διαφορετικές γωνίες. Ο σχεδιασμός του ομοιώματος είναι βελτιωμένος για όλες τις κοινές μορφές εικόνας. Το φάντασμα βιοψίας επιτρέπει ελέγχους σε ιδιότητες χαμηλής αντίθεσης. Η ανάλυση χαμηλής αντίθεσης μπορεί να επαληθευτεί στο όριο της αντιληπτικότητας, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο μια σταθερή βάση για ακριβή βαθμονόμηση του εξοπλισμού. Το ομοίωμα χρησιμοποιεί τα Εθνικά προγράμματα απεικόνισης μαστού. Για αξιολόγηση της ανάλυσης, ενσωματώνονται στο ομοίωμα Landolt δακτύλιοι. Αυτοί, παρόμοια με τις δομές χρυσού του CDMAM, που αναφέρθηκαν παραπάνω, προορίζονται για την επαλήθευση των ορίων αντίθεσης και των στερεοτακτικών ορίων. Ωστόσο, οι δακτύλιοι Landolt είναι σχεδιασμένοι για την σύγκριση της μορφολογίας των μικροσκοπικών υπολογισμών, καλύτερα από κάθε άλλο ομοίωμα.

Χαρακτηριστικά:

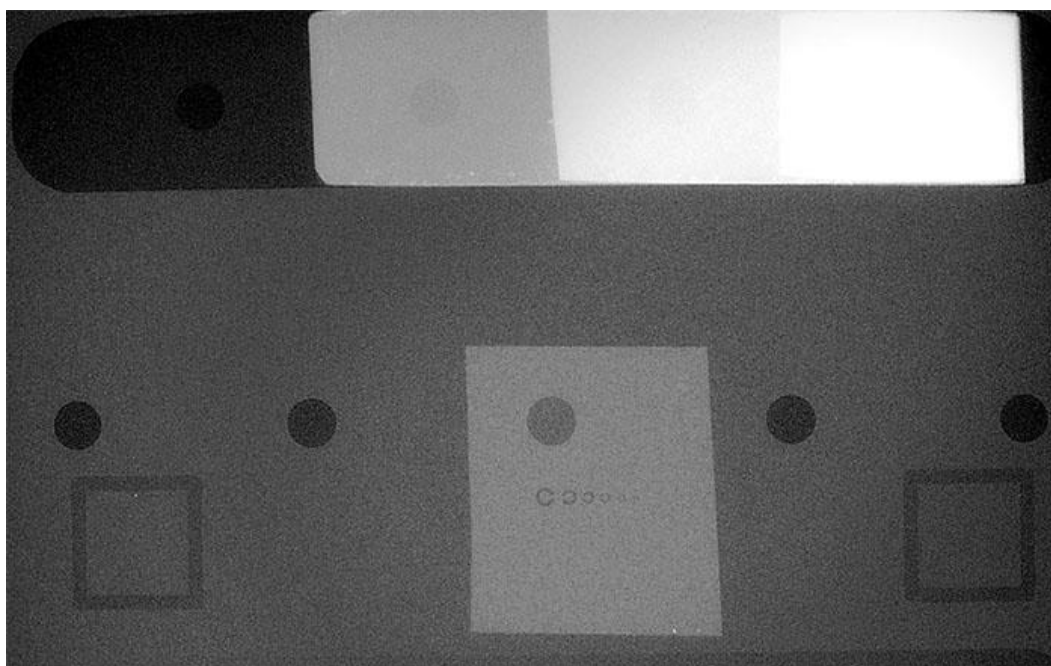
- Αξιολογεί στερεοτακτικά συστήματα μαστογραφίας.
- Το ομοίωμα έχει πάχος 46 mm πλεξιγκλάς, πολύ(μεθακρυλικού μεθυλεστερά) (PMMA) και διαστάσεις 80x70x46 mm.

Το ομοίωμα αποτελείται από:

- 1 ομάδα με 6 Landolt δακτυλίους, για την χωρική ανάλυση
- 4 βήματα, για το δυναμικό βήμα
- 4 αντικείμενα χαμηλής αντίθεσης, για τις λεπτομέρειες της αντίθεσης
- 1 σφήνα χαμηλής αντίθεσης, για το όριο ορατότητας
- 2 πεδία μέτρησης της τιμής Pixel, για την ομοιογένεια
- 1 οριζόντιος χάρακας με διεύθυνση 10mm, για την γεωμετρική ακρίβεια

Τρόπος Αξιολόγησης:

Πραγματοποιείται οπτικός έλεγχος των αποτελεσμάτων. Το ομοίωμα τοποθετείται στη κατάλληλη θέση υποδοχής και μια έκθεση από ακτίνες-x είναι επαρκής για να γίνει λήψη όλων των παραμέτρων της δοκιμής. Οι παράμετροι, οι οποίοι υπολογίζονται είναι η οπτική χωρική ανάλυση, η χαμηλή αντίθεση, το ελάχιστο όριο αντίθεσης, η πλευρική ομοιογένεια, η διαμόρφωση πεδίου ακτίνων-x και τα σφάλματα, ελαττώματα των εικόνων. (118)



Εικόνα 32. Δομή του ομοιώματος

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «Biopsy Phantom QUART», προέκυψε η δημοσίευση των Byl KM. et al., 2010, με τίτλο: «In vitro comparison of plain radiography, double-contrast cystography, ultrasonography, and computed tomography for estimation of cystolith size». Στην εργασία αυτή γίνεται σύγκριση του μεγέθους κύστης της απλής ακτινογραφίας, της κυστογραφίας διπλής αντίθεσης, της υπερηχογραφίας και της υπολογιστικής τομογραφίας, κάνοντας χρήση ενός ομοιώματος ουροδόχου κύστης. Βλέπουμε λοιπόν, ότι η έρευνα δεν είναι σχετική, καθώς δεν αφορά το συγκεκριμένο ομοίωμα, το ομοίωμα δεν ανήκει στον κατασκευαστή QUART, αλλά επίσης δεν αναφέρεται σε συστήματα μαστογραφίας. (119)

3.1.12 MamFS Phantom – QUART



Εικόνα 33.

Το ομοίωμα MamFS έχει σχεδιαστεί από τον κατασκευαστικό οίκο QUART για εφαρμογή σε δοκιμές διασφάλισης ποιότητας και ποιοτικού ελέγχου στη συμβατική μαστογραφία σύμφωνα με τις απαιτήσεις των διεθνών και κρατικών προτύπων (DIN/IEC) καθώς επίσης και με τις Ευρωπαϊκές κατευθυντήριες γραμμές για την διασφάλιση ποιότητας σε απεικονίσεις μαστογραφίας (EPQC). Οι τακτικοί έλεγχοι ρουτίνας βοηθάνε στην εξασφάλιση της σταθερότητας των δυνατοτήτων απεικόνισης του συστήματος.

Χαρακτηριστικά:

- Διεθνές απεικόνιση μαστού στη συμβατική μαστογραφία.
- Το ομοίωμα έχει πάχος 45 mm πολυμεθακρυλικού μεθυλεστέρα (PMMA) και διαστάσεις 240x180x45 mm.

Το ομοίωμα αποτελείται από:

- 1 αντικείμενο δοκιμής κυκλικής γραμμής, για τη χωρική ανάλυση
- 60 mm από τη πλευρά του τοίχου θώρακα, για το μαρκάρισμα της αναφοράς
- 7 αντικείμενα, για τη χαμηλή αντίθεση
- 3 αντικείμενα για την πυκνομετρική αξιολόγηση
- 1 περιοχή εισαγωγής ανιχνευτή δοσιμέτρου

- 2 σειρές ακτινοσκιερών μπαλών, για τον έλεγχο της ευθυγράμμισης του πεδίου στη πλευρά του θώρακα
- Διαφορετικές δομές, για την αξιολόγηση της γεωμετρίας πεδίου ακτινοβολίας
- Επιπρόσθετη πλάκα 20 mm πολύ(μεθακρυλικού μεθυλεστέρα) (PMMA)

Τρόπος Αξιολόγησης:

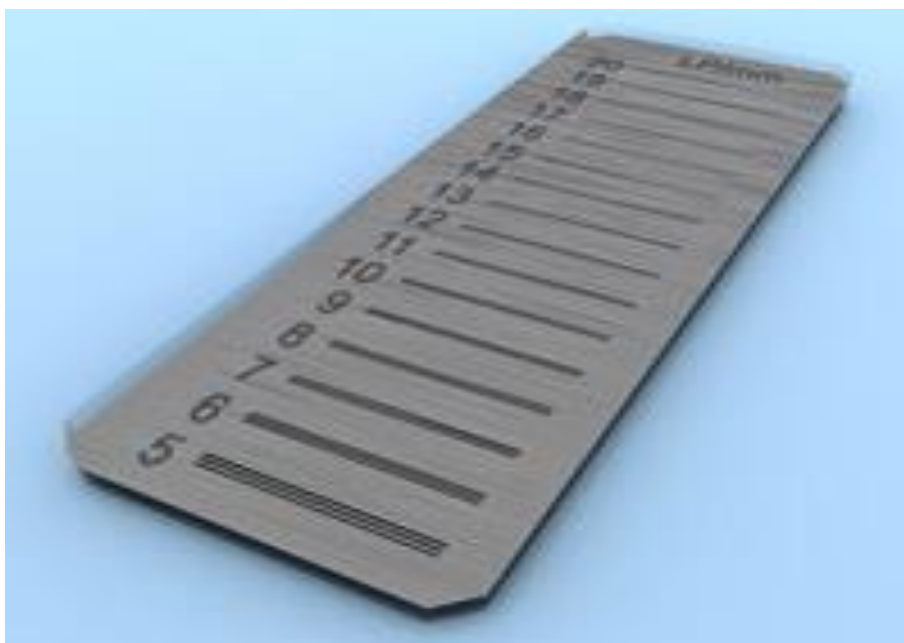
Γίνεται λήψη εικόνας με την σωστή τοποθέτηση του ομοιώματος στο σύστημα μαστογραφίας και πραγματοποιείται οπτική αξιολόγηση. Μια έκθεση είναι αρκετή, έτσι ώστε να γίνει η συλλογή όλων των απαραίτητων παραμέτρων για τον προσδιορισμό της ποιότητας απεικόνισης των συστημάτων ακτίνων-χ. Οποιαδήποτε επιδείνωση της απόδοσης της απεικόνισης αποκαλύπτεται από την οπτική αξιολόγηση. Η αξιολόγηση των γκρίζων τιμών, όπως παραδοσιακά απαιτείται για την συμβατική τεχνολογία ακτίνων-χ, πραγματοποιείται με τη χρήση ενός πυκνόμετρου. Οι παράμετροι, οι οποίοι μπορούν να εκτιμηθούν είναι η χωρική ανάλυση, η χαμηλή αντίθεση, η ευθυγράμμιση του πεδίου ακτινοβολίας, η ομοιογένεια των εικόνων, η οπτική πυκνότητα, ο δείκτης δόσης και τα σφάλματα, ελαττώματα της απεικόνισης. (120)

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «MamFS Breast Phantom QUART», βρέθηκαν 3 δημοσιεύσεις, καμία από τις οποίες δεν αφορά το ομοίωμα MamFS, άλλα ούτε και τα ομοιώματα ανήκουν απαραίτητα στον κατασκευαστή QUART.

Αλλάζοντας τον όρο αναζήτησης σε: «QUART Breast Phantom», βρέθηκαν ξανά 3 αποτελέσματα, ένα εκ των οποίων αφορά ομοίωμα μαστογραφίας, το οποίο δεν ανήκει στον κατασκευαστή QUART. Η εργασία αυτή είναι των Heras H. et al., 2013, με τίτλο: «A phantom using titanium and Landolt rings for image quality evaluation in mammography», η οποία κάνοντας χρήση ενός ομοιώματος με δομές τιτανίου και Landolt δακτυλίους, αξιολογεί την ποιότητα απεικόνισης των ψηφιακών μαστογραφικών συστημάτων και συγκρίνει το ομοίωμα με άλλα ευρέως διαδεδομένα ομοιώματα της Ευρώπης και της Αμερικής. (121)

3.1.13 Mammography Pro-Res MAM Bar Type 1 – QUART



Εικόνα 34.

Το ομοίωμα αυτό έχει σχεδιαστεί από τον κατασκευαστικό οίκο QUART και αποτελεί ένα πρότυπο δοκιμής ακτίνων-χ και χρησιμοποιείται για μετρήσεις διακριτικής ικανότητας υψηλής αντίθεσης και χωρικής ανάλυσης. Το δοκιμαστικό αυτό πρότυπο βρίσκει χρήση στην αξιολόγηση των συστημάτων μεμβράνης οθόνης, των τεχνικών μεγέθυνσης και των δυνατοτήτων ανάλυσης των συστημάτων μαστογραφίας με ακτίνες-χ.

Χαρακτηριστικά:

- Δοκιμαστικό πρότυπο αξιολόγησης υψηλής ανάλυσης.
- Το υλικό του ομοιώματος είναι μόλυβδος, με πάχος 0.03 χιλιοστά.
- Το εύρος της ανάλυσης χωρικής συχνότητας είναι από 5.0 έως 20.0 ζεύγη γραμμών ανά χιλιοστό (LP/mm).
- Το ομοίωμα αποτελείται από 16 διαφορετικές ομάδες οπτικού ελέγχου.
- Σε κάθε ομάδα του ομοιώματος περιέχονται 3 μεταλλικές μπάρες. (122)

Τρόπος Αξιολόγησης:

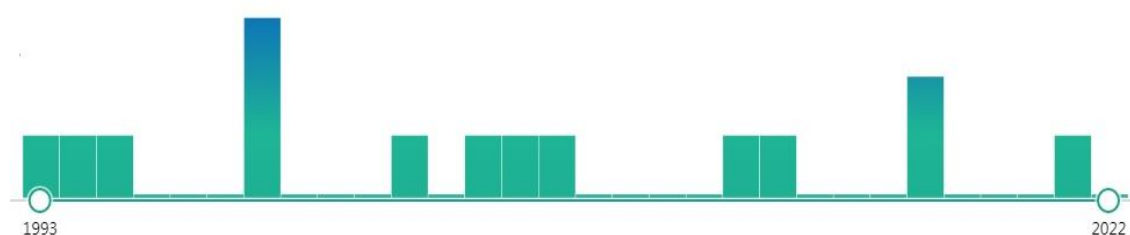
Για την αξιολόγηση των συστημάτων μαστογραφίας γίνεται οπτική αξιολόγηση του ομοιώματος και, έπειτα από κάποιες μετρήσεις που πραγματοποιούνται,

πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ του ομοιώματος και της ανακατασκευασμένης εικόνας που έχει ληφθεί από την μαστογραφία. Οι μετρήσεις οι οποίες λαμβάνονται, μεταξύ του ομοιώματος και της ανακατασκευασμένης εικόνας ποικίλουν και αφορούν την υψηλή αντίθεση και την χωρική ανάλυση. Κάποιες από αυτές είναι η ρίζα της μέσης τετραγωνικής απόκλισης (RMSE), η χωρική κλίση της ρίζας μέσης τετραγωνικής απόκλισης και μια περιοχή ενδιαφέροντος ROI, παρατηρητή Hotelling (HO) - ένας γραμμικός παρατηρητής που μεγιστοποιεί τον λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR) του στατιστικού ελέγχου. Οι μετρήσεις γίνονται με την χρήση σήματος χαμηλής αντίθεσης, το οποίο διαμορφώνεται με υψηλή αντίθεση. (123)

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «Mammography Pro-Res MAM Bar Type 1 QUART», δεν βρέθηκε κανένα σχετικό αποτέλεσμα.

Αλλάζοντας τον όρο αναζήτησης σε: «QUART Bar Pattern Mammography Phantom», ξανά δεν βρέθηκε κάποιο αποτέλεσμα. Μόνο όταν άλλαξε ο όρος αναζήτησης σε μια πιο γενική μορφή: «Bar Pattern Mammography», βρέθηκαν συνολικά 14 δημοσιεύσεις, οι οποίες κυμαίνονται από το έτος 1993 έως και το έτος 2021.



Εικόνα 35. Κατανομή δημοσιεύσεων

Ενδεικτικά, κάποιες από τις δημοσιεύσεις είναι η εργασία των Accinatti et al., 2013, με τίτλο: «Oblique reconstructions in tomosynthesis. II. Super-resolution», στην οποία γίνεται χρήση ενός ομοιώματος ζευγών γραμμών στην ψηφιακή τομοσύνθεση και η εργασία του Law, 1993, με τίτλο: «The influence of focal spot size on image resolution and test phantom scores in mammography», ο οποίος πραγματοποιεί

σύγκριση ομοιωμάτων, τα οποία περιλαμβάνουν περιοχές με ζεύγη γραμμών. Παρόλο που οι ανωτέρω έρευνες αναφέρονται γενικότερα σε ομοιώματα ή σε εξομοιώσεις αυτών, και όχι στο συγκεκριμένο μοντέλο ή κατασκευαστή, η δυνατότητα υπολογισμού της διακριτικής ικανότητας υψηλής αντίθεσης είναι ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό. (124) (125)

3.2 Μαστογραφία Υπέρηχου / Ultrasound Mammography

3.2.1 US-4 Breast Ultrasound QA Phantom – Kyoto Kagaku



Εικόνα 36.

Το ομοίωμα αυτό κατασκευάστηκε από τον οίκο Kyoto Kagaku και αποσκοπεί στον μηνιαίο βασικό έλεγχο ποιότητας των υπερήχων, καθώς και μία μακροπρόθεσμη ποιοτική διασφάλιση για την διατήρηση της συνέπειας της απόδοσης των συστημάτων. Αφορά απεικονίσεις υψηλής ακρίβειας σε συχνότητες περίπου ίσες με 10 MHz, τόση όση χρησιμοποιείται σε μια τυπική εξέταση στήθους. Το συγκεκριμένο ομοίωμα αποτελείται από δύο τύπους μπλοκ - μπλοκ μαζικών στόχων και μπλοκ στόχων σημείων - με διαφορετικούς συντελεστές εξασθένισης και ηχητικές ταχύτητες, όπως επίσης και τέσσερις τύπους στόχων - στόχοι κλίμακας του γκρι, στόχοι κύστης, στόχοι σημείου και στόχοι γραμμής 45 μοιρών. Κάθε ένα από τα εξαρτήματα της βάσης χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ευαισθησίας της

συσκευής στην ηχητική πίεση και στην υποδοχή του κύματος - οι στόχοι κλίμακας του γκρι και οι στόχοι κύστης χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ανάλυσης της αντίθεσης, ενώ οι στόχοι σημείου και οι στόχοι γραμμής 45 μοιρών χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της χωρητικότητας. Οι στόχοι αυτοί, εμφυτεύονται σε βάθος 1 και 2 εκατοστών, έτσι ώστε να επιτρέψουν την αξιολόγηση της ανάλυσης σε κάθε βάθος.

Χαρακτηριστικά:

- Αφορά τον μηνιαίο έλεγχο ποιότητας των υπερήχων και την συντήρηση της συνέπειας και απόδοσης των συστημάτων.
- Το σετ του ομοιώματος αποτελείται από ένα μπλοκ μαζικών στόχων, ένα μπλοκ σημειακών στόχων, ένα στόχο κλίμακας του γκρι, ένα στόχο κύστης, ένα στόχο σημείου και ένα στόχο γραμμής 45 μοιρών. Ακόμη, περιέχει ένα θερμόμετρο και μία θήκη αποθήκευσης.
- Το θερμόμετρο τοποθετείται στο κέντρο του ομοιώματος, όπου βρίσκεται μία τρύπα, με σκοπό την καταμέτρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας για τον προσδιορισμό της κατάστασης της απεικόνισης.
- Τα υλικά από τα οποία αποτελείται είναι ελαστομερές ουρεθάνης, ακρυλικό, νάιλον και είναι χωρίς λατέξ.

Τρόπος Αξιολόγησης:

Προετοιμασία υπερηχογράφου:

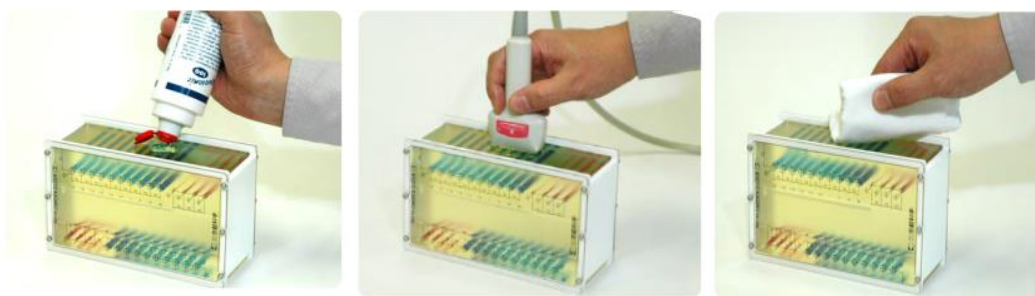
- Πρέπει να περάσουν 15 λεπτά από την ώρα που θα ενεργοποιηθεί το μηχάνημα.
- Χρησιμοποιείται ένας ανιχνευτής που έχει χαρακτηριστικά σχετικά με τη συχνότητα και τη προβολή του πλάτους τα οποία συνίσταται από την ομάδα Οδηγιών Διαγνωστικών Υπερήχων Στήθους (JABTS).
- Ρυθμίζεται το βάθος της προβολής σε περίπου 40mm.
- Ρυθμίζεται η εστίαση όσο το δυνατόν πιο κοντά στη θέση του στόχου.
- Ορίζεται η φωτεινότητα της οθόνης, η αντίθεση και ο φωτισμός του δωματίου σε φυσιολογικές συνθήκες.
- Όλες οι παραπάνω ρυθμίσεις πρέπει να πραγματοποιηθούν πριν από την εκκίνηση της απεικόνισης.

- Χρησιμοποιείται ένας ζεύκτης δεξιάς γωνίας, εάν είναι δυνατό, επειδή η ορθογωνικότητα της γωνίας της δέσμης του καθετήρα παίζει σημαντικό ρόλο.

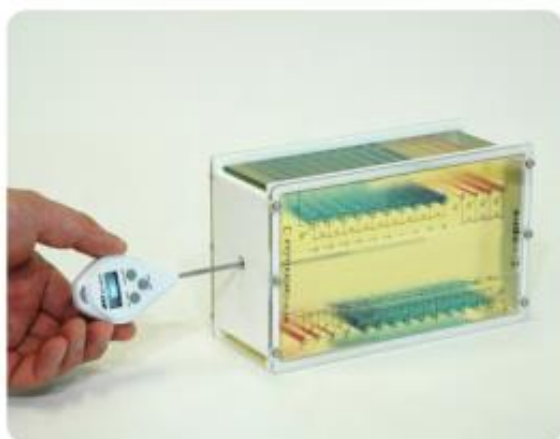
Προετοιμασία ομοιώματος:

- Τοποθετείται το ομοίωμα σε μια ευθύγραμμη επιφάνεια.
- Λαμβάνονται εικόνες όταν η εσωτερική θερμοκρασία, η οποία φαίνεται από το θερμόμετρο που τοποθετείται στο κέντρο του ομοιώματος, είναι μεταξύ 23 με 26 °C.

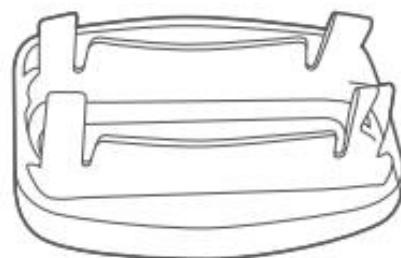
Αφού ολοκληρωθούν όλες οι απαραίτητες προετοιμασίες, τότε ξεκινάει η διαδικασία της αξιολόγησης κατά την οποία, αφού το ομοίωμα βρίσκεται σε σταθερή και ευθύγραμμη επιφάνεια, τοποθετείται πάνω του γέλη υπερήχων. Ο αισθητήρας εφαρμόζει κάθετα στο ομοίωμα και λαμβάνει τις εικόνες. Στο τέλος της χρήσης, πλένεται το ομοίωμα με νερό και προσεκτικά σκουπίζεται με στεγνό πανί. (126)



Εικόνα 37. Διαδικασία αξιολόγησης



Internal temperature check

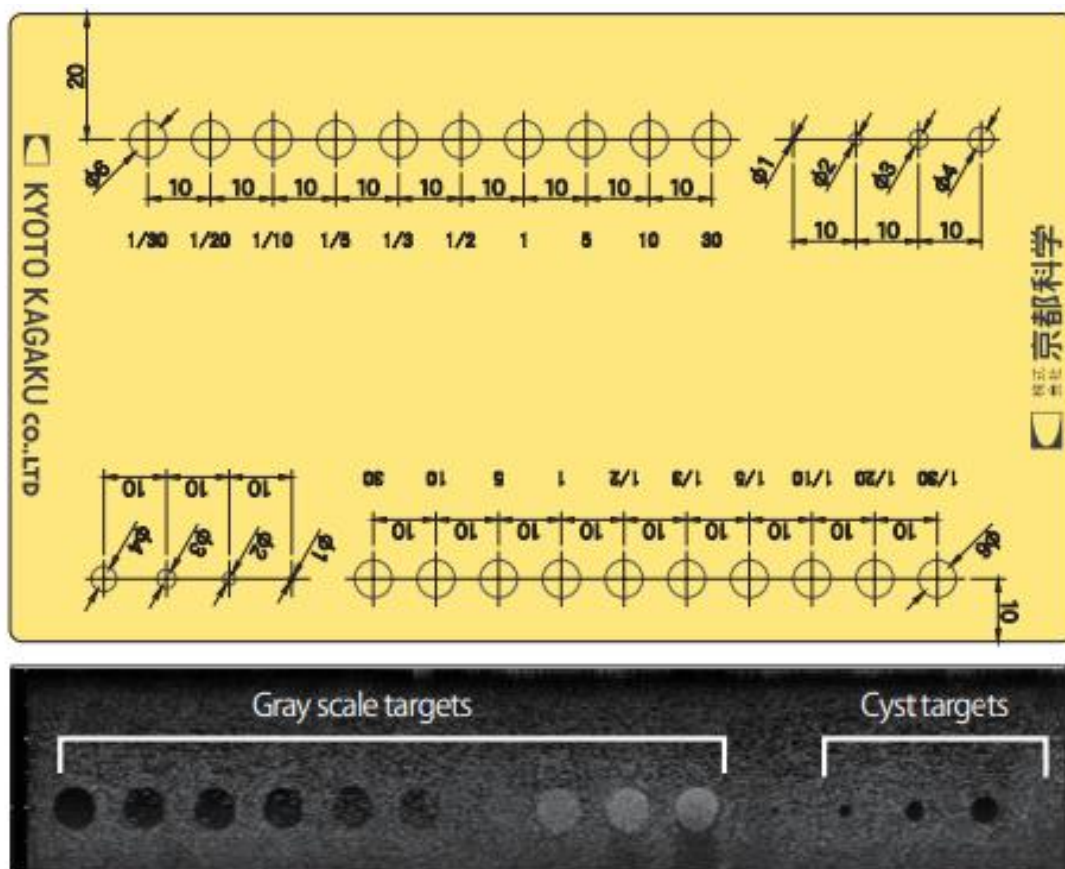


Example of right-angle coupler

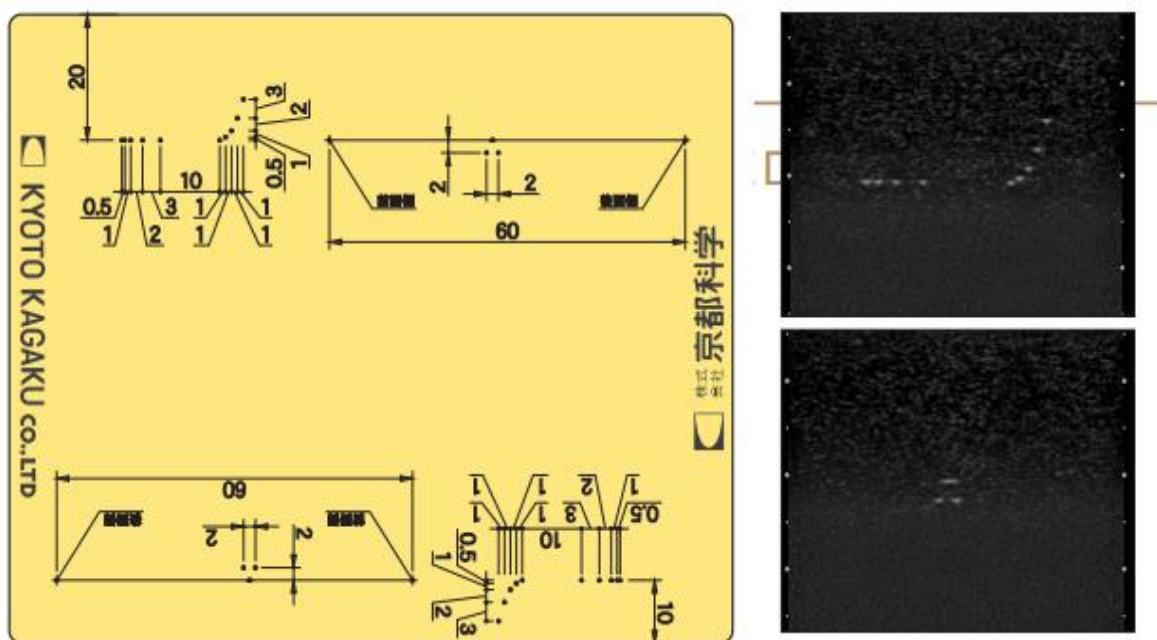
Εικόνα 38. Αριστερά, έλεγχος θερμοκρασίας. Δεξιά, ζεύκτης δεξιάς γωνίας

Πίνακας 11. Χαρακτηριστικά των μπλοκ του ομοιώματος

	Μπλοκ μαζικών στόχων	Μπλοκ σημειακών στόχων
Μέγεθος	180x75x110 mm	135x75x110 mm
Βάρος	1.3 kg	1.0 kg
Ηχητική ταχύτητα (σχέση θερμοκρασίας και ηχητικής ταχύτητας)	25°C – 1434 m/sec	25 °C – 1442 m/sec
Συντελεστής εξασθένησης	0.59 dB/cmMHz (25°C)	0.73 dB/cmMHz (24°C)
Ακουστική εμπέδηση	1.37 rayl (25°C)	1.39 rayl (25°C)
Ενσωματωμένος στόχος	Στόχος κλίμακας του γκρι Στόχος κύστης	Στόχος σημείου Στόχος γραμμής 45 μοιρών



Εικόνα 39. Επάνω, διάγραμμα μπλοκ μαζικού στόχου. Κάτω, παράδειγμα απεικόνισης στόχου κλίμακας του γκρι και στόχου κυστών.



Εικόνα 40. Αριστερά, διάγραμμα μπλοκ σημειακών στόχων. Δεξιά, παράδειγμα απεικόνισης στόχου γραμμής 45 μοιρών και στόχου σημείου.

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «US-4 QA Breast Ultrasound Kyoto Kagaku», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης σε: «Kyoto Kagaku Breast Ultrasound», βρέθηκε μια δημοσίευση, η εργασία των Sawai K. et al., 2004, με τίτλο: «Key issues in sentinel node biopsy for breast cancer», όπου γινόταν έρευνα στα βασικά θέματα της "φρουρού" μαζών βιοψίας (SNB), μιας επεμβατικής μεθόδου όπου εξεταζόταν η μετάσταση του καρκίνου στους λεμφαδένες. (127)

Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι, χρησιμοποιώντας στο PubMed τον όρο αναζήτησης: «US-4 Breast Ultrasound QA Phantom», πάλι δεν βρέθηκε κάποια σχετική δημοσίευση, ενώ όταν χρησιμοποιήθηκε ένας γενικότερος όρος αναζήτησης: «Breast Ultrasound QA Phantom», βρέθηκαν συνολικά 6 αποτελέσματα, τα οποία καλύπτουν το χρονικό εύρος από το έτος 2010 έως και το έτος 2021. Ο συγκεκριμένος όμως όρος περιλαμβάνει ομοιώματα QA όχι απαραίτητα του κατασκευαστή Kyoto Kagaku,

όπως επίσης όπως φαίνεται και από την προηγούμενη αναζήτηση δεν βρέθηκαν σχετικές έρευνες για το συγκεκριμένο μοντέλο US-4.



Εικόνα 41. Κατανομή δημοσιεύσεων

Μία από τις δημοσιεύσεις που εμφανίζονται, είναι αυτή των Cannon LM. et al., 2011, με τίτλο: «Novel tissue mimicking materials for high frequency breast ultrasound phantoms», στην οποία μελετώνται ιστοί για ομοιώματα υπερήχων υψηλών συχνοτήτων. (128)

Αξίζει να αναφερθεί και η δημοσίευση των Ruschin M. et al., 2016, με τίτλο: «Technical Note: Multipurpose CT, ultrasound, and MRI breast phantom for use in radiotherapy and minimally invasive interventions», η οποία είναι μια μελέτη ομοιώματος μαστού, το οποίο περιέχει καρκίνο, και έχει πολλαπλή εφαρμογή στην αξονική τομογραφία, στην μαγνητική τομογραφία και στον υπέρηχο στο τομέα της ραδιοθεραπείας και ελάχιστα επεμβατικών παρεμβάσεων. (129)

3.2.2 Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN" US-6 –

Kyoto Kagaku



Εικόνα 42.

Το ομοίωμα αυτό αποτελεί κατασκευή του οίκου Kyoto Kagaku και αποσκοπεί στη βασική εξέταση αλλά και την εκπαίδευση των υπερήχων του μαστού. Μέσα στο μαστικό αδένα του ομοιώματος βρίσκονται ενσωματωμένοι προσομοιωμένοι στόχοι, με διαφορετικές ηχογένειες ο καθένας. Στο ομοίωμα αυτό μπορούν να απεικονιστούν ο υποδόριος λιπαρός ιστός (SAT), ο μαστικός αδένας, ο γαλακτοφόρος, ο σύνδεσμος του Cooper - συνδετικός ιστός του στήθους ο οποίος βοηθάει στη στήριξη του, ο οπισθομαστικός λιπώδης ιστός, τα κόκκαλα των πλευρών, η κλείδα, ο θωρακικός μυς, ο πνεύμονας και οι λεμφαδένες της μασχάλης.

Χαρακτηριστικά:

- Τυπική αξιολόγηση και εκπαίδευση υπερήχων μαστού.

Οι δεξιότητες που αποκτούνται έπειτα από την εκπαίδευση με το ομοίωμα είναι:

- Συστηματική πλήρης σάρωση του στήθους
- Οπτικοποίηση βασικών ανατομικών ορόσημων

- Παρακολούθηση του γαλακτοφόρου αδένα
- Οπτικοποίηση και διαφοροποίηση των τυπικών παθολογιών
- Εντοπισμός και καταμέτρηση των όγκων και των κύστεων

Τρόπος Αξιολόγησης:

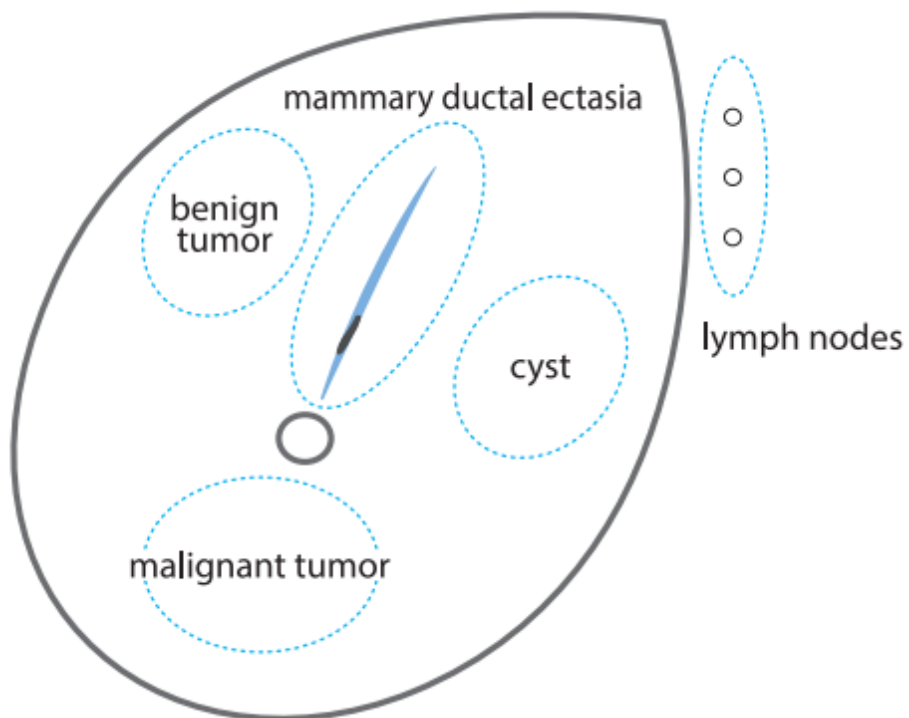
Το ομοίωμα αυτό αξιολογείται με την χρήση υπερηχογράφου. Τοποθετείται σε ένα σταθερό σημείο, απλώνεται πάνω του αρκετή ποσότητα γέλης υπερηχογράφου, γίνεται η λήψη των εικόνων, όπου και γίνεται οπτικός έλεγχος των αποτελεσμάτων. Στο τέλος της αξιολόγησης καλό είναι να καθαριστεί με ένα καθαρό πανί το ομοίωμα για καλύτερη συντήρηση του. (130)



Εικόνα 43. Διαδικασία αξιολόγησης

Πίνακας 12. Χαρακτηριστικά ομοιώματος

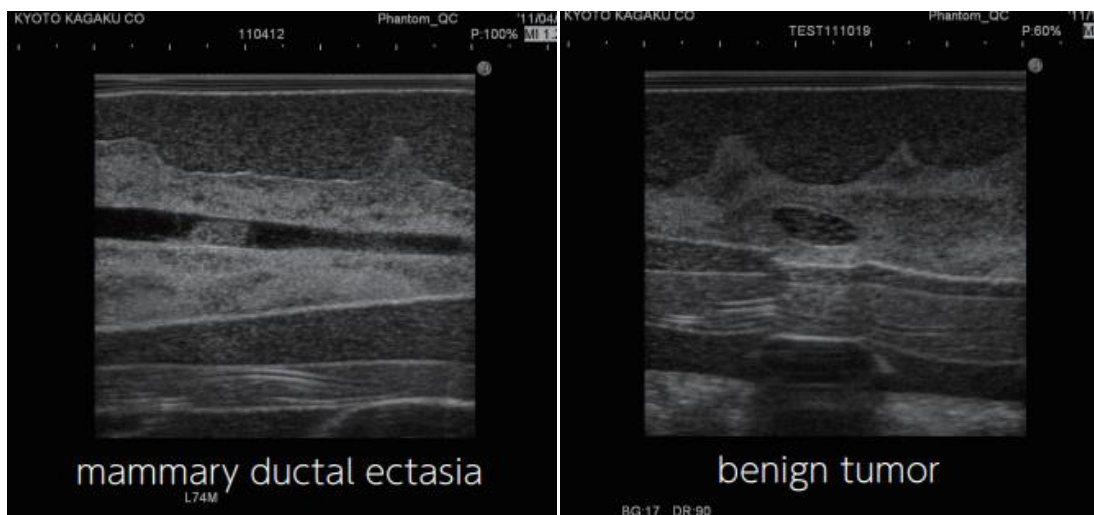
Υλικό μαλακού ιστού και οργάνων	Ρητίνη βάσης ουρεθάνης
Υλικό συνθετικών κόκκαλων	Ρητίνη εποξειδικής βάσης
Μέγεθος ομοιώματος	26x38x11 cm
Μέγεθος βάσης (κατά προσέγγιση)	33x45 cm
Βάρος (κατά προσέγγιση)	7 kg



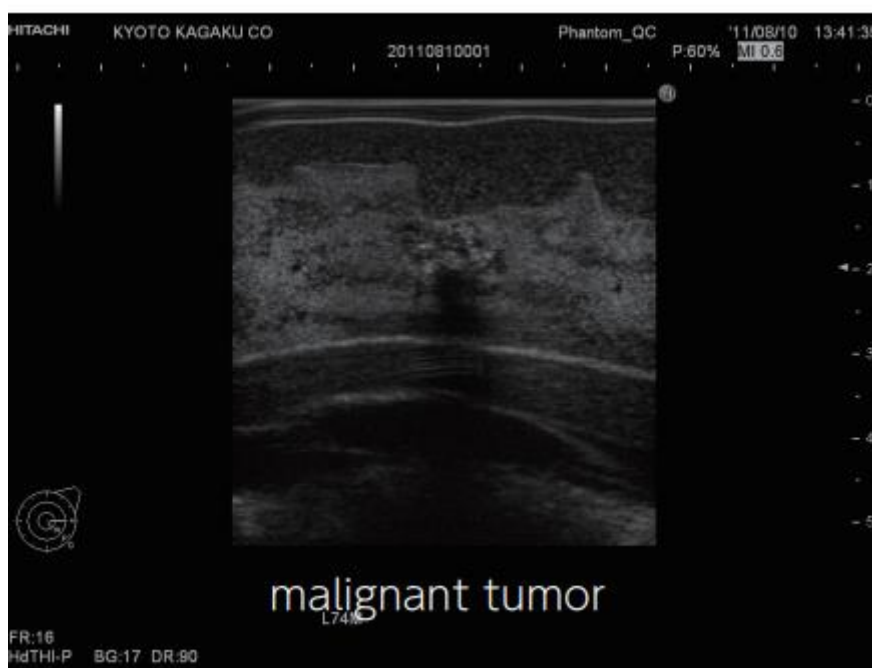
Εικόνα 44. Δομή του ομοιώματος



Εικόνα 45. Παράδειγμα εξέτασης. Αριστερά, λεμφαδένες. Δεξιά, κύστες.



Εικόνα 46. Παράδειγμα εξέτασης. Αριστερά, εκτασία γαλακτοφόρου αδένου. Δεξιά, καλοήθους όγκος.



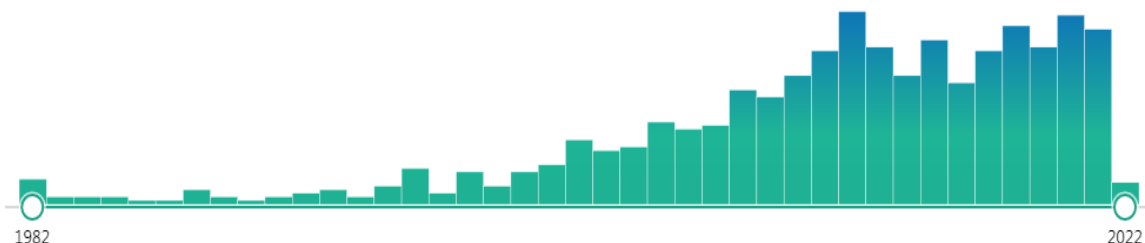
Εικόνα 47. Παράδειγμα εξέτασης, κακοήθους όγκος

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «Breast Ultrasound Phantom BREAST FAN US-6 Kyoto Kagaku», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης σε: «Kyoto Kagaku Breast Ultrasound Phantom», πάλι δεν εμφανίστηκε καμία σχετική δημοσίευση. Μόνο όταν μπήκε ο όρος αναζήτησης: «Kyoto Kagaku Breast Ultrasound», βρέθηκε 1 δημοσίευση, η εργασία των Sawai K. et al., 2004, με τίτλο: «Key issues in sentinel node biopsy for breast cancer», όπου γινόταν έρευνα στα βασικά θέματα της "φρουρού" μαζών βιοψίας (SNB), μιας επεμβατικής μεθόδου όπου εξεταζόταν η μετάσταση του καρκίνου στους λεμφαδένες, η οποία έχει εμφανιστεί και παραπάνω, σε αναζήτηση για το ομοίωμα US-4 Breast Ultrasound QA, το οποίο ανήκει και αυτό στον κατασκευαστή Kyoto Kagaku. Παρατηρείται, σε αυτό το σημείο, ότι μέχρι στιγμής δεν φαίνεται να έχει γίνει κάποια έρευνα που να αφορά ομοιώματα του συγκεκριμένου κατασκευαστή, Kyoto Kagaku. (127)

Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι, χρησιμοποιώντας στο PubMed τον γενικότερο όρο αναζήτησης: «Breast Ultrasound Phantom», βρέθηκαν συνολικά 681 δημοσιεύσεις, οι οποίες καλύπτουν το χρονικό εύρος από το έτος 1982 έως και το έτος 2022. Οι δημοσιεύσεις αυτές αφορούν γενικά τα ομοιώματα μαστού υπερήχων.



Εικόνα 48. Κατανομή δημοσιεύσεων

Μια από τις εργασίες είναι αυτή των Gresens AA. et al., 2012, με τίτλο: «Ultrasound-guided breast biopsy for surgical residents: evaluation of a phantom model», στην οποία μελετάται η χρησιμότητα της καθοδήγησης με ομοίωμα, το οποίο έχει κατασκευαστεί για την εκπαίδευση ειδικευόμενων χειρουργών. (131)

3.2.3 US-9 Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom – Kyoto Kagaku



Εικόνα 49.

Το ομοίωμα αυτό ανήκει στον κατασκευαστή Kyoto Kagaku και είναι σχεδιασμένο για την εκπαίδευση για ασφαλείς και ακριβείς βιοψίες του μαστού μέσω υπερήχου. Δίνεται η δυνατότητα συνδυασμού δύο ειδών ομοιωμάτων, τα διάφανα και τα μη. Με τη χρήση υπερήχων μπορεί να πραγματοποιηθεί βιοψία αναρρόφησης βελόνας, βιοψία βελόνας πυρήνα και βιοψία μαστεκτομής. Είναι σχεδιασμένο με ρεαλιστικούς ιστούς μαστού, οι οποίοι προσομοιάζουν τη απαλότητα, αλλά και την αντίσταση των ιστών του μαστού.

Χαρακτηριστικά:

- Εκπαίδευση βιοψίας μαστού μέσω υπερήχων.
- Οι στόχοι που περιλαμβάνουν τα ομοιώματα είναι χρωματιστοί για να επιβεβαιώνεται η επιτυχής δειγματοληψία.
- Οι στόχοι είναι ενσωματωμένοι σε τρία επίπεδα, για εκπαίδευση με πρόσβαση της βελόνας από τρεις διαφορετικές γωνίες και βάθη.
- Το διάφανο ομοίωμα είναι βασικού επιπέδου, ενώ το αδιάφανο είναι προχωρημένου επιπέδου δυσκολίας.
- Αποτελεί ένα σχετικά οικονομικό ομοίωμα και διαθέσιμο για πολλές δοκιμές.

Τρόπος Αξιολόγησης:

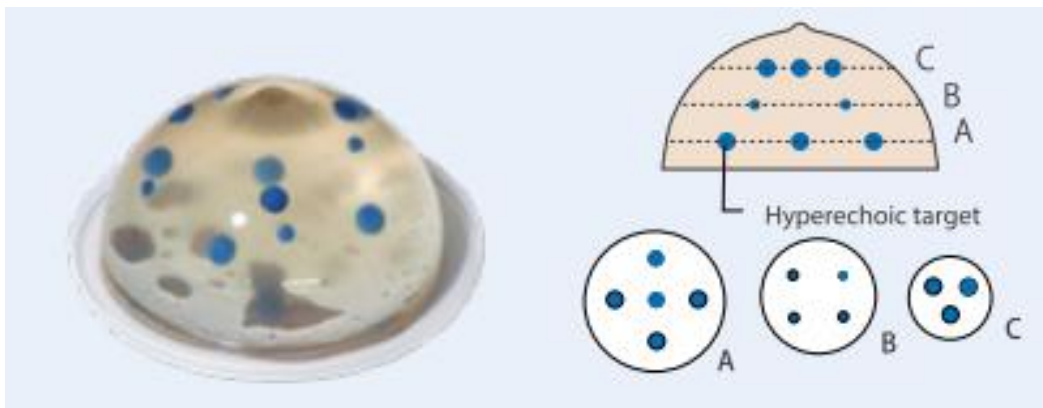
Αρχικά, πρέπει να ανοιχθεί το καπάκι του ομοιώματος έτσι ώστε να μπει αέρας ενδιάμεσα. Στη συνέχεια, διεξάγεται η διαδικασία της παρακέντησης με βελόνα με τη βοήθεια του ηχοβολέα του υπερηχογραφικού συστήματος, αφού εφαρμοστεί στο ομοίωμα νερό ή γέλη υπερήχου. Για την αποθήκευση του ομοιώματος θα πρέπει να καθαρίζεται και να τοποθετείται σε σφραγισμένη σακούλα. (132)



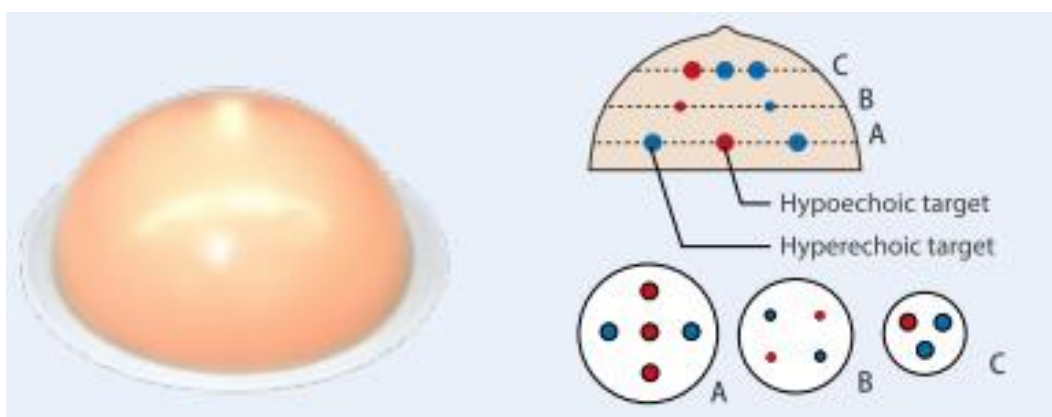
Εικόνα 50. Διαδικασία αξιολόγησης

Πίνακας 13. Χαρακτηριστικά διάφανων και αδιάφανων ομοιωμάτων

	Διάφανο ομοίωμα	Αδιάφανο ομοίωμα
Μέγεθος στόχων	6, 10 mm	6, 10 mm
Είδος στόχων	Υπερηχητικοί (μπλε)	Υπερηχητικοί (μπλε) Υποηχητικοί (κόκκινοι)
Αριθμός στόχων	12	12
Μέγεθος ομοιώματος	136x70 mm	136x70 mm
Βάρος ομοιώματος	700 gr	700 gr



Εικόνα 51. Διάφανο ομοίωμα



Εικόνα 52. Αδιάφανο ομοίωμα



Εικόνα 53. Παράδειγμα απεικόνισης βελόνας και υπερηχητικού στόχου



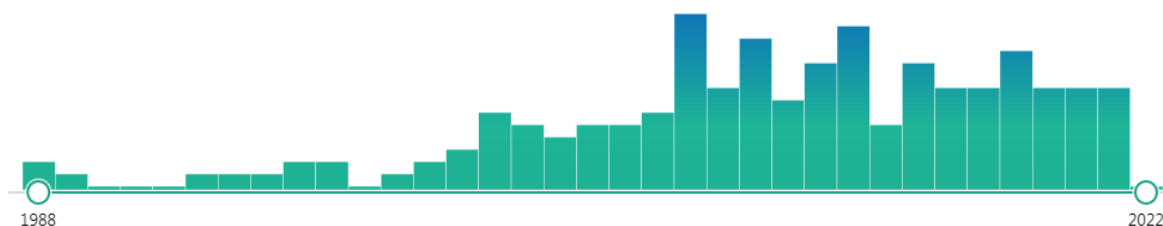
Εικόνα 54. Παράδειγμα απεικόνισης υπερηχητικών και υποηχητικών στόχων

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «US-9 Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom Kyoto Kagaku», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης σε: «Kyoto Kagaku Breast Biopsy Phantom», πάλι δεν εμφανίστηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι, χρησιμοποιώντας στο PubMed τον γενικότερο όρο αναζήτησης: «Breast Ultrasound Biopsy Phantom», βρέθηκαν συνολικά 168 δημοσιεύσεις, οι οποίες καλύπτουν το χρονικό εύρος από το έτος 1988 έως και το έτος 2021. Οι δημοσιεύσεις αυτές αφορούν γενικά τις βιοψίες υπερήχων με ομοιώματα μαστού και όχι απαραίτητα του συγκεκριμένου κατασκευαστή.



Εικόνα 55. Κατανομή δημοσιεύσεων

3.2.4 Breast Elastography Phantom Model 059 – CIRS



Εικόνα 56.

Το μοντέλο αυτό έχει κατασκευαστεί από την CIRS και χαρακτηρίζεται ως το ιδανικό εργαλείο επίδειξης για την ηχοελαστογραφία, καθώς έχει ως ιδιότητα να μιμείται με υψηλή ακρίβεια τα υπερηχητικά χαρακτηριστικά των ιστών, τα οποία εμπεριέχονται σε ένα τυπικό μέσο ανθρώπινο στήθος. Το μέγεθος και η μορφή του ομοιώματος αυτού είναι παρόμοια με το στήθος της ασθενούς όταν αυτή βρίσκεται σε ύπτια θέση. Το ομοίωμα προστατεύεται από μια μεμβράνη, η οποία μιμείται την αντίσταση μιας βελόνας, και βρίσκεται τοποθετημένο μέσα με μία βάση για να διευκολύνει την στήριξη και την διαχείριση του. Το μέγεθος του είναι περίπου ίσο με 14x12x7.5 εκατοστά - μήκος, πάχος, ύψος, και στο εσωτερικό του βρίσκονται διασκορπισμένοι 12 διαφορετικοί τύπου μαζών. Η αντίθεση αυτών των προσαρμοσμένων βλαβών με το υπερηχογράφημα είναι μικρής τάξης, αλλά είναι πλήρως ευδιάκριτα στο ελαστογράφημα, καθώς είναι τουλάχιστον δύο φορές σκληρότερες από το φόντο. (133)

Χαρακτηριστικά:

- Αποτελεί ιδανικό εργαλείο επίδειξης της ηχοελαστογραφίας.
- Περιέχει 12 διαφορετικές μάζες, τυχαία διασκορπισμένες με διαμέτρους από 2 έως και 10 εκατοστά, στις οποίες μπορεί να γίνει βιοψία έως και τρεις φορές.
- Η βάση που έχει βοηθάει στον συντονισμό για μια καλύτερη λήψη.
- Περιβάλετε από μια μεμβράνη πολυαιθυλενίου, Zerdine, η οποία μιμείται την πίεση που ασκεί μια βελόνα. (134)

Τρόπος Αξιολόγησης:

Το ομοίωμα αξιολογείται σχετικά παρόμοια με τα άλλα ομοιώματα υπερήχων. Πριν από κάθε απεικόνιση θα πρέπει να τοποθετείται μια πλούσια ποσότητα γέλης υπερήχων, είτε πάνω στον ηχοβολέα του μηχανήματος, είτε πάνω στη μεμβράνη του ομοιώματος. Μετά από την λήψη εικόνων μέσω του ειδικού ηχοβολέα, γίνεται οπτική αξιολόγηση των εικόνων που έχουν ληφθεί. Ακόμη, υπάρχει η δυνατότητα να παρθεί υλικό με ειδική βελόνα, για την πραγματοποίηση βιοψίας. Το συγκεκριμένο ομοίωμα δίνει την δυνατότητα να τρυπηθεί αρκετές φορές πριν εντοπιστεί το σημείο της μάζας. Η χρήση της βελόνας οπτικά μπορεί να δημιουργήσει ηχητικές παρεμβάσεις, καθώς με την βελόνα εισάγεται μέσα στο ομοίωμα και αέρας. (135)

Πίνακας 14. Χαρακτηριστικά των στόχων του ομοιώματος

Στόχοι: Συμπιεσμένες μάζες	
Μέγεθος	2-10 mm
Ποσότητα	12
Θέση	Τυχαία διασκόρπιση



Εικόνα 57. Ομοίωμα



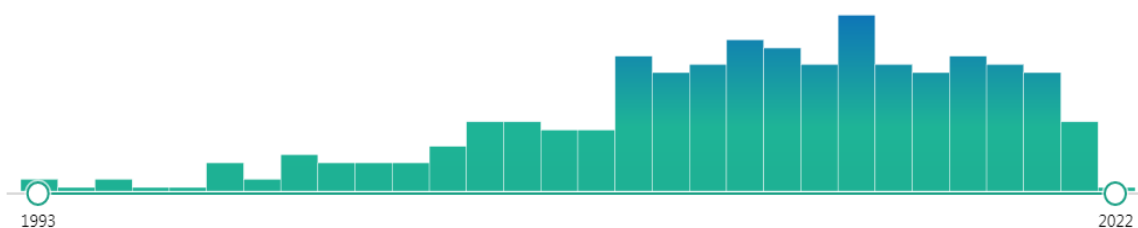
Εικόνα 58. Παράδειγμα λήψης εικόνας

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «Breast Elastography Phantom Model 059 CIRS», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης σε: «CIRS Breast Elastography Phantom», βρέθηκαν 2 δημοσιεύσεις, εκ των οποίων η μία μόνο ήταν σχετική, αυτή των Woo JH. et al., 2021, με τίτλο: «Comparison of 2 shear wave elastography systems in reproducibility and accuracy using an elasticity phantom», στην οποία συγκρίνονται δύο συστήματα ελαστογραφίας κύματος διάτμησης, ως προς την αναπαραγωγιμότητα και την ακρίβεια τους, με την χρήση ενός ελαστικού ομοιώματος. (136)

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας στο PubMed ένα γενικότερο όρο αναζήτησης: «Breast Elastography Phantom», βρέθηκαν συνολικά 224 αποτελέσματα, τα οποία κυμαίνονται από το έτος 1993 έως και το έτος 2021. Τα δημοσιεύματα αυτά αναφέρονται σε ομοιώματα ελαστογραφίας άλλα δεν αναφέρονται στο συγκεκριμένο ομοίωμα και δεν είναι απαραίτητα του κατασκευαστή CIRS.



Εικόνα 59. Κατανομή δημοσιεύσεων

Μια από τις δημοσιεύσεις που εμφανίζονται, είναι αυτή των Shahraki DP. et al., 2020, με τίτλο: «C-Elastography: In Vitro Feasibility Phantom Study», η οποία μελετά την σκοπιμότητα της ελαστογραφίας στη διαφοροποίηση και τον χαρακτηρισμό του ιστού, με την βοήθεια εννέα διαφορετικών ομοιωμάτων. (137)

Μια ακόμα ενδιαφέρων δημοσίευση είναι το έργο των Hendriks GAGM. et al., 2016, με τίτλο: «Automated 3D ultrasound elastography of the breast: a phantom validation study», η οποία μελετά, με την βοήθεια ομοιώματος, την αποδοτικότητα της αυτοματοποιημένης ελαστογραφίας τρισδιάστατων υπερήχων με την χρήση απεικόνισης επίπεδων κυμάτων. (138)

3.2.5 Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M – CIRS



Εικόνα 60.

Το ομοίωμα αυτό αποτελεί μια επανέκδοση του παλαιότερου ομοιώματος γνωστό ως ATS Model 551 Small Parts Phantom. Έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται με τον σαρωτή της Invenia για αυτοματοποιημένους υπέρηχους μαστού. Η επιφάνεια της σάρωσης είναι κατάλληλα σχεδιασμένη έτσι ώστε να ταιριάζει με το μέγεθος και σχήμα της κεφαλής του Invenia ABUS. Για να εξασφαλιστεί η καλύτερη μέτρηση με μεγαλύτερη ακρίβεια, ο κατασκευαστής έχει ενσωματώσει μια λωρίδα που λειτουργεί ως θερμόμετρο και τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια του περιβλήματος του ομοιώματος. Επιπλέον, το ομοίωμα τοποθετείται σε μια τσάντα μεταφοράς για την καλύτερη προστασία του. Με αυτό το μοντέλο συνίσταται να πραγματοποιούνται έλεγχοι υπολογισμού αξονικής και πλευρικής μέτρησης, αξονικής και πλευρικής ευκρίνειας, ευκρίνεια αντίθεσης και λόγου σήματος προς θόρυβο (SNR).

Χαρακτηριστικά:

- Έχει λειτουργία στον έλεγχο αυτοματοποιημένων υπερήχων μαστού.
- Η επιφάνεια της σάρωσης έχει μια ακτίνα καμπυλότητας 17.5 ιντσών για να εφάπτεται σωστά με τον αυτοματοποιημένο υπερηχογράφο μαστού Invenia.

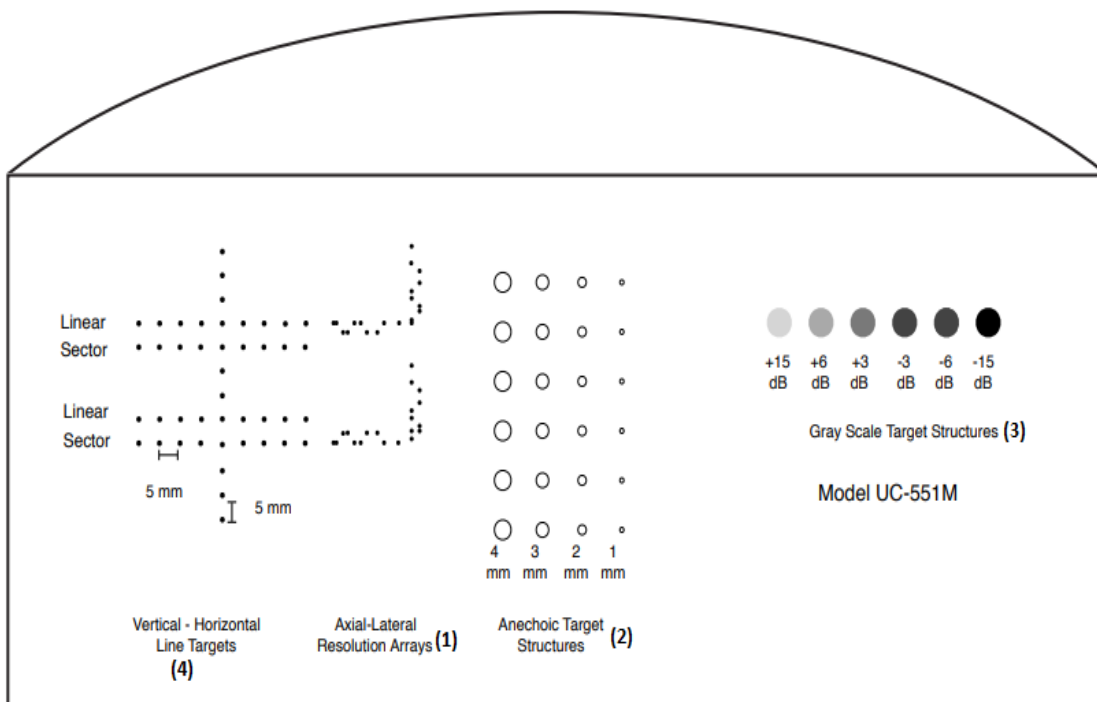
- Το ελαστικό υλικό που περιέχει το ομοίωμα μιμείται την μορφή των ιστών και έχει ταχύτητα ήχων ίση με 1450 m/sec και εξασθένηση 0.5 dB/cm/MHz σε θερμοκρασία δωματίου, 23 °C.

Τρόπος Αξιολόγησης:

Το ομοίωμα αυτό χρησιμοποιείται με τον σαρωτή της Invenia για αυτοματοποιημένους υπέρηχους μαστού. Η κεφαλή του μηχανήματος εφάπτεται ακριβώς στο ομοίωμα και πραγματοποιείται η απεικόνιση. Μπορεί να γίνει χρήση και του θερμομέτρου που παρέχει, με σκοπό μια μεγαλύτερη ακρίβεια. Τα αποτελέσματα, εμφανίζονται στην οθόνη και από εκεί γίνεται οπτικός έλεγχος. Κάποιοι από τους υπολογισμούς που μπορούν να πραγματοποιηθούν είναι της αξονικής μέτρησης, της πλευρικής μέτρησης, της αξονικής ευκρίνειας, της πλευρικής ευκρίνειας, της ευκρίνειας αντίθεσης και του λόγου σήματος προς θόρυβο (SNR). (139)

Πίνακας 15. Χαρακτηριστικά του ομοιώματος

Διαστάσεις	28.5x12x10.6 cm
Βάρος	3.6 kg
Υλικά περιβλήματος	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)
Επιφάνειες σάρωσης	1
Διαστάσεις επιφάνειας σάρωσης	26.7x10 cm Καμπυλωτό, ακτίνας 44.5 cm
Υλικό μιμούμενου ιστού	Καουτσούκ ουρεθάνης



Εικόνα 61. Σχεδιάγραμμα του ομοιώματος

Πίνακας 16. Χαρακτηριστικά δομών του ομοιώματος της Εικόνας 61

	Ομάδες αξονικής-πλευρικής ανάλυσης (1)	Ανηχοϊκός βηματικός κύλινδρος (2)	Στόχοι κλίμακας του γκρι (3)
Τύπος		Μη ηχογονικός, κυλινδρικός	Ηχογενής, κυλινδρικός
Αριθμός γκρουπ		4	
Αριθμός στόχων	2	6	6
Σετ στόχων ανά βάθος	10		
Διάμετροι		1, 2, 3, 4 mm	6 mm
Διαχωρισμός	0.25, 0.5, 1, 2, 3 mm	1 cm κέντρο προς κέντρο	1 cm κέντρο προς κέντρο
Βάθος	2, 4.5 cm	1-6 cm	2 cm
Αντίθεση (dB)			-15, -6, -3, +3, +6, +15

Πίνακας 17. Χαρακτηριστικά δομών του ομοιώματος της Εικόνας 61

(4)	Κάθετη απόσταση γκρουπ	Οριζόντια απόσταση γκρουπ
Αριθμός στόχων	12	2
Εύρος βάθους	0.5-5.0 cm	Γραμμικός: 2.0, 4.0 cm Τομέας: 2.5, 4.5 cm
Διαχωρισμός	0.5 cm	0.5 cm

Πίνακας 18. Χαρακτηριστικά δομών του ομοιώματος της Εικόνας 61

Ιδιότητες ουρεθάνης	
Σημείο πήξης	<-40 °C
Σημείο τήξης	>100°C
Ταχύτητα ήχου	1450 m/s στους 23 °C
Συντελεστής εξασθένησης	0.5 dB/cm/MHz
Γραμμικοί στόχοι	
Υλικό	Μονοϊνές νάιλον

Το Ομοίωμα στην Έρευνα:

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική βάση δεδομένων PubMed και βάζοντας ως λέξη κλειδί: «Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M CIRS», δεν βρέθηκε καμία σχετική δημοσίευση.

Αλλάζοντας τη φράση αναζήτησης σε: «CIRS Invenia ABUS Phantom», πάλι δεν εμφανίστηκε καμία σχετική δημοσίευση. Μόνο όταν μπήκε ένας πιο γενικός όρος αναζήτησης: «ABUS Phantom», τότε βρέθηκαν συνολικά 7 αποτελέσματα, τα οποία καλύπτουν το χρονικό εύρος από το έτος 2015 έως και σήμερα, το έτος 2022. Εδώ παρατηρείτε ότι, οι έρευνες σχετικά με ομοιώματα αυτοματοποιημένων υπερήχων μαστού (ABUS) έχουν ξεκινήσει τα τελευταία χρόνια. Πράγματι, όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο, το σύστημα αυτό έλαβε την άδεια του Οργανισμού Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) ως πρόσθετο στη μαστογραφική εξέταση το έτος 2008, όπως επίσης οι σαρωτές τύπου πρηγής είναι ακόμη υπό ανάπτυξη, ενώ σε κλινική πράξη χρησιμοποιούνται τακτικά σαρωτές σε ύπτια θέση.



Εικόνα 62. Κατανομή δημοσιεύσεων

Ο συγκεκριμένος όρος αναζήτησης περιλαμβάνει γενικά ομοιώματα ABUS και όχι απαραίτητα του κατασκευαστή CIRS. Ακόμη, στις έρευνες που βρέθηκαν δεν χρησιμοποιούνται απαραίτητα ABUS ομοιώματα, αλλά πολυτροπικά.

Κάποιες από τις έρευνες που εμφανίζονται, συγκρίνουν τεχνικές απεικόνισης μεταξύ τους με την χρήση ομοιωμάτων. Αυτές είναι, η εργασία των Park KW. et al., 2022, με τίτλο: «Reproducibility of Automated Breast Ultrasonography and Handheld Ultrasonography for Breast Lesion Size Measurement», στην οποία μελετάται η σύγκριση του μεγέθους των αλλοιώσεων του μαστού με τη χρήση φορητής υπερηχογραφίας (HHUS) και με αυτοματοποιημένης υπερηχογραφίας μαστού (ABUS), και η εργασία των Green CA. et al., 2018, με τίτλο: «Deformable mapping technique to correlate lesions in digital breast tomosynthesis and automated breast ultrasound images», η οποία μελετάει τις αλλοιώσεις που προκύπτουν στις ψηφιακές απεικονίσεις μαστού (DBT), σε σχέση με την ABUS, με τεχνική παραμορφώσιμης χαρτογράφησης. (140) (141)

3.3 Μαστογραφία Μαγνητικού Συντονισμού / Magnetic Resonance Mammography

Έπειτα από αναζήτηση παρατηρήθηκε πως δεν βρέθηκαν ομοιώματα απεικόνισης μαστού αποκλειστικά αφιερωμένα για την μαστογραφία μαγνητικού συντονισμού (MRM).

Ωστόσο, κυκλοφορούν διάφορα πολυτροπικά (multimodal) ομοιώματα, τα οποία βρίσκουν χρήση σε επιπλέον τρόπους απεικόνισης πέρα από την μαγνητική τομογραφία μαστού. Ένα τέτοιο ομοίωμα αναφέρεται στην εργασία των He Y. et al, 2019, με τίτλο: «3D-printed breast phantom for multi-purpose and multi-modality imaging», οι οποίοι κατασκεύασαν ένα ανθρωπομορφικό ομοίωμα μαστού, από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και υλικά μίμησης ιστών, το οποίο απεικονίζει τρισδιάστατες εικόνες και πραγματοποιεί ποιοτικές αξιολογήσεις των εικόνων, μέσω των ενσωματωμένων ένθετων που περιέχει. Το ομοίωμα αυτό είναι ικανό για πολλαπλές αξιολογήσεις απεικόνισης στη μαστογραφία, τη μαγνητική τομογραφία και την υπερηχογραφία. (142)

3.4 Μαστογραφία Υπολογιστικής Τομογραφίας / Computerized Tomography Mammography

Έπειτα από αναζήτηση παρατηρήθηκε πως δεν βρέθηκαν ομοιώματα απεικόνισης μαστού αποκλειστικά αφιερωμένα για την μαστογραφία υπολογιστικής τομογραφίας (CT).

Παρόλα αυτά υπάρχουν πολυτροπικά (multimodal) ομοιώματα, τα οποία βρίσκουν χρήση σε επιπλέον τρόπους απεικόνισης πέρα από την αξονική τομογραφία. Ένα από τα ομοιώματα αυτά είναι το μοντέλο BR3D Breast Imaging Phantom Model 020 του κατασκευαστικού οίκου CIRS, το οποίο έχει σχεδιαστεί για την αξιολόγηση της ανιχνευσιμότητας διάφορων μεγεθών αλλοιώσεων μέσα σε ένα ισοδύναμο ιστό, με ετερογενές υπόβαθρο. Το ομοίωμα αυτό βρίσκει εφαρμογή στην αξονική τομογραφία μαστού (CT), καθώς και στην τομοσύνθεση. (143)

Συμπεράσματα

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να γίνει μια αναζήτηση των ομοιωμάτων που αφορούν τους διαφορετικούς τρόπους απεικόνισης του μαστού - κλασική μαστογραφία, υπέρηχος, αξονική τομογραφία και μαγνητική τομογραφία. Παράλληλα, έγινε μια αναζήτηση στη ποσότητα των εργασιών που έχουν χρησιμοποιήσει τα ομοιώματα αυτά στον ερευνητικό τομέα.

Το πλήθος των ομοιωμάτων που βρέθηκε είναι ενδεικτικό και υπάρχουν πολλά περισσότερα ομοιώματα ακόμα στην αγορά και στην έρευνα. Ωστόσο, βρέθηκαν αρκετά ομοιώματα για την κλασική μαστογραφία, κυρίως για την ψηφιακή απεικόνιση και κάποια ακόμα για τον υπέρηχο. Υπάρχουν ομοιώματα που βρίσκουν εφαρμογή σε κάθε είδος απεικόνισης, τα οποία ωστόσο, δεν αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία, καθώς αποτελούν πολυτροπικά ομοιώματα, βρίσκουν δηλαδή εφαρμογή σε περισσότερους από έναν τρόπους απεικόνισης.

Αξίζει να αναφερθεί ότι, όλα τα ομοιώματα, καθώς και τα ομοιώματα που αναφέρθηκαν στην παρούσα διπλωματική, περιέχουν διάφορους παραμέτρους υπολογισμού που αξιοποιούνται βάση των εκάστοτε διεθνών πρωτοκόλλων που υπάρχουν, τα οποία περιέχουν διάφορους τρόπους αξιολόγησης, όπως την διακριτική ικανότητα οπτικής αντίθεσης, η οποία βγαίνει οπτικά, έπειτα από την εξέταση των εικόνων που έχουν ληφθεί και ο λόγος του σήματος ως προς τον θόρυβο (SNR). Το πρωτόκολλο που εφαρμόζεται στην Ελλάδα είναι της ΕΕΑΕ - Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (KA-ΕΕΑΕ-KO-112019-03).

Για να γίνει εκτίμηση ως προς το ποιο ομοίωμα είναι καλύτερο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο σημαντικοί παράγοντες, το κόστος του εκάστοτε ομοιώματος, αλλά και οι διαφορετικοί παράγοντες μέτρησης. Προσωπική μου άποψη είναι ότι, είναι προτιμότερο ένα ομοίωμα, το οποίο συνδυάζει διαφορετικούς παράγοντες και δεν αποτελείται μόνο από έναν. Έτσι, θα ήταν προτιμότερο να περιέχει πέρα από την οπτική διακριτική ικανότητα και επιπρόσθετους παράγοντες μέτρησης όπως, αναλογία σήματος ως προς θόρυβο (SNR), γεωμετρική τρισδιάστατη ακρίβεια, ομοιομορφία.

Στο τέλος της διπλωματικής, προστέθηκαν ως παραρτήματα, φύλλα excel, τα οποία δημιουργήθηκαν ως μια βάση δεδομένων για κάθε ομοίωμα. Εκεί, προστίθενται τα αποτελέσματα έπειτα από μια αξιολόγηση και δίνεται η δυνατότητα αναζήτησης, έτσι ώστε να συγκρίνονται οι διαφορετικές αξιολογήσεις μεταξύ τους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α. Βάση δεδομένων ομοιώματος Mammographic Accreditation Model 015 - CIRS

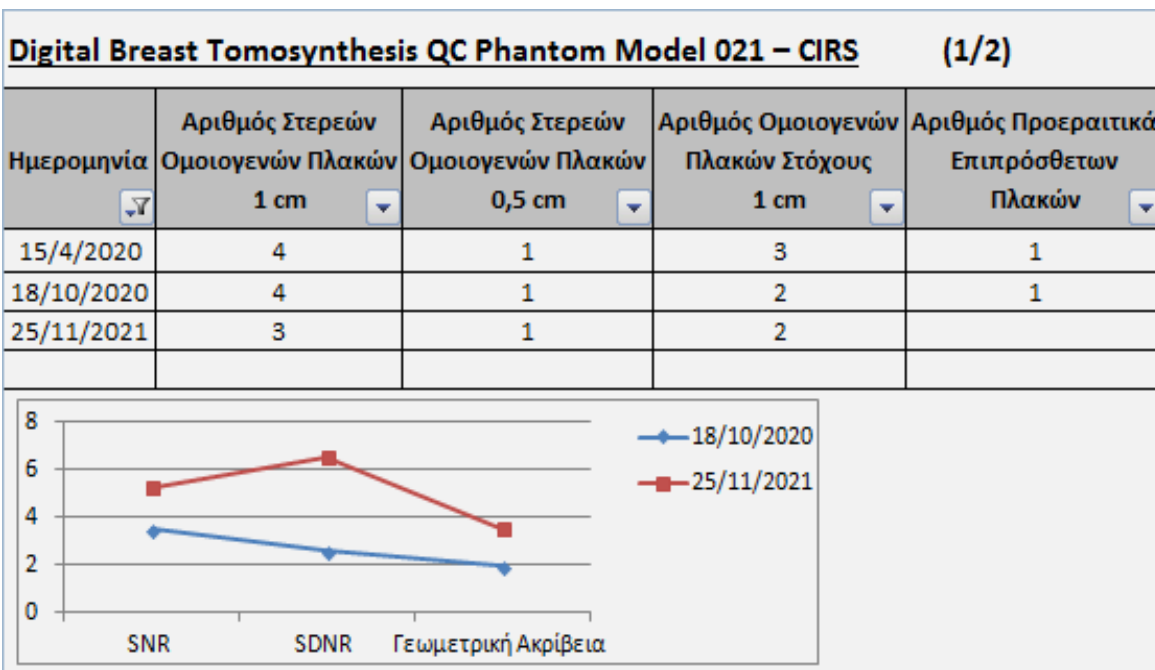
Mammographic Accreditation Phantom Model 015 – CIRS					
Ημερομηνία	Αριθμός Μικροαποτιτανώσεων	Αριθμός Μάζων	Αριθμός Ινώδων Δομών	Αριθμός Συνολικών Δομών	Σχόλια
15/4/2020	5	5	6	16	Μέγιστος αριθμός δομών
18/10/2020	4	5	3	12	Ενδεικτικές τιμές
25/11/2021	3	4	5	12	Ενδεικτικές τιμές

Ημερομηνία	Μικροαποτιτανώσεις	Μάζες	Ινώδεις Δομές
15/4/2020	5	5	6
18/10/2020	4	5	3
25/11/2021	3	4	5

Παράμετρος μέτρησης:
διακριτική ικανότητα από οπτική εξέταση των
εικόνων

Παράρτημα Β. Βάση δεδομένων ομοιώματος Digital Breast Tomosynthesis QC

Model 021 - CIRS



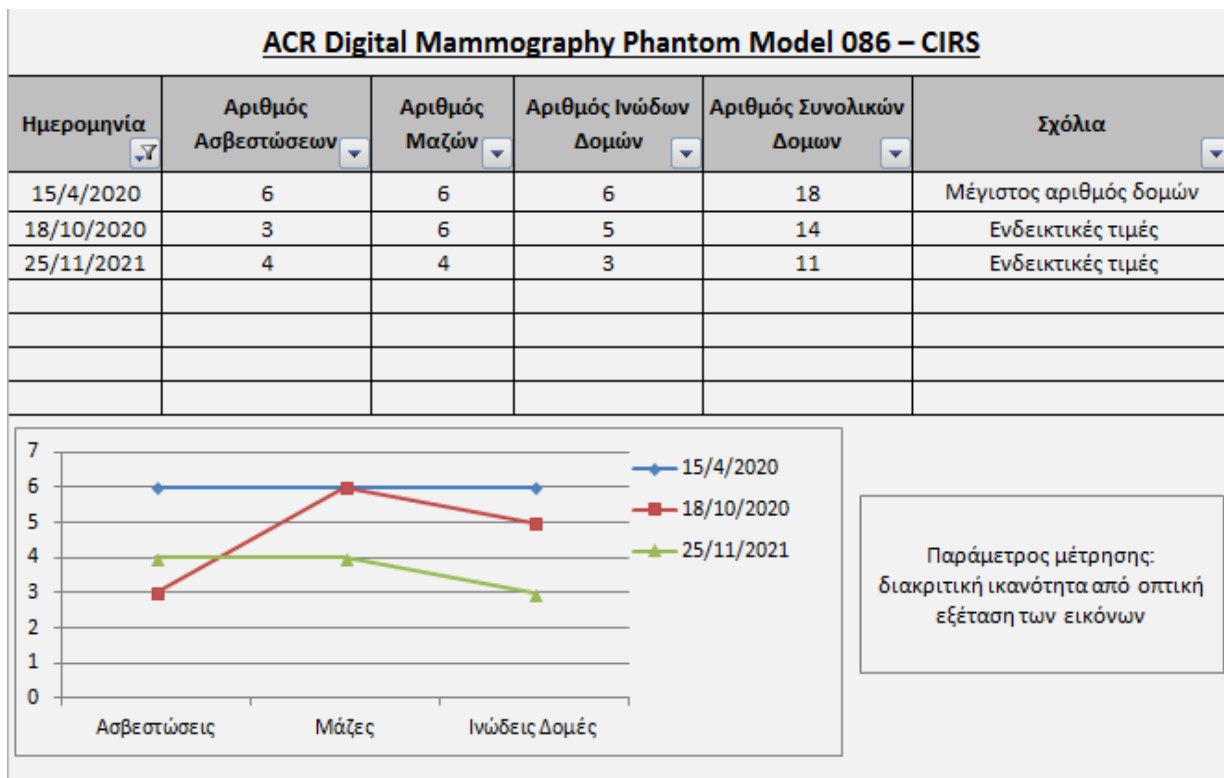
Digital Breast Tomosynthesis QC Phantom Model 021 – CIRS (2/2)

Αναλογία Σήματος ως προς Θόρυβο (SNR)	Αναλογία Διαφοράς Σήματος ως προς Θόρυβο (SDNR)	Γεωμετρική Τρισδιάστατη Ακρίβεια	Ομοιομορφία Τιμής Pixel	Ανάλυση σε άξονες τριών διαστάσεων	Σχόλια
					Μέγιστος αριθμός δομών
3,5	2,6	2	ΝΑΙ		Ενδεικτικές τιμές
5,2	6,5	3,5	ΝΑΙ		Ενδεικτικές τιμές

Επιπρόσθετοι παράμετροι μέτρησης: διακριτική ικανότητα από οπτική εξέταση των εικόνων.
 $SNR = MPV / SD$,
 όπου MRV είναι η μέση τιμή του pixel στη περιοχή ενδιαφέροντος, SD είναι η τυπική απόκλιση.
 $SDNR = (MPV_{σήματος} - MPV_{θορύβου}) / SD$.
 Γεωμετρική ακρίβεια, ομοιομορφία pixel και ανάλυση στους άξονες: βάση το εκάστοτε πρωτόκολλο.

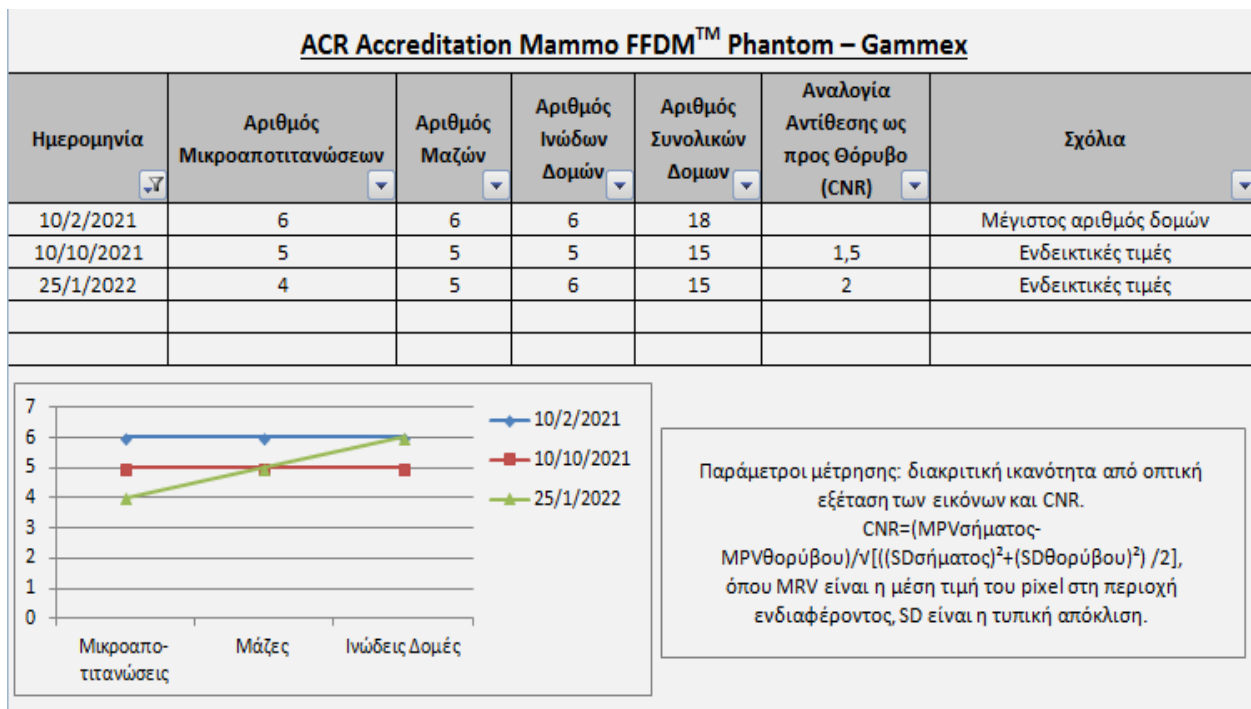
Παράρτημα Γ. Βάση δεδομένων ομοιώματος ACR Digital Mammography Model

086 - CIRS



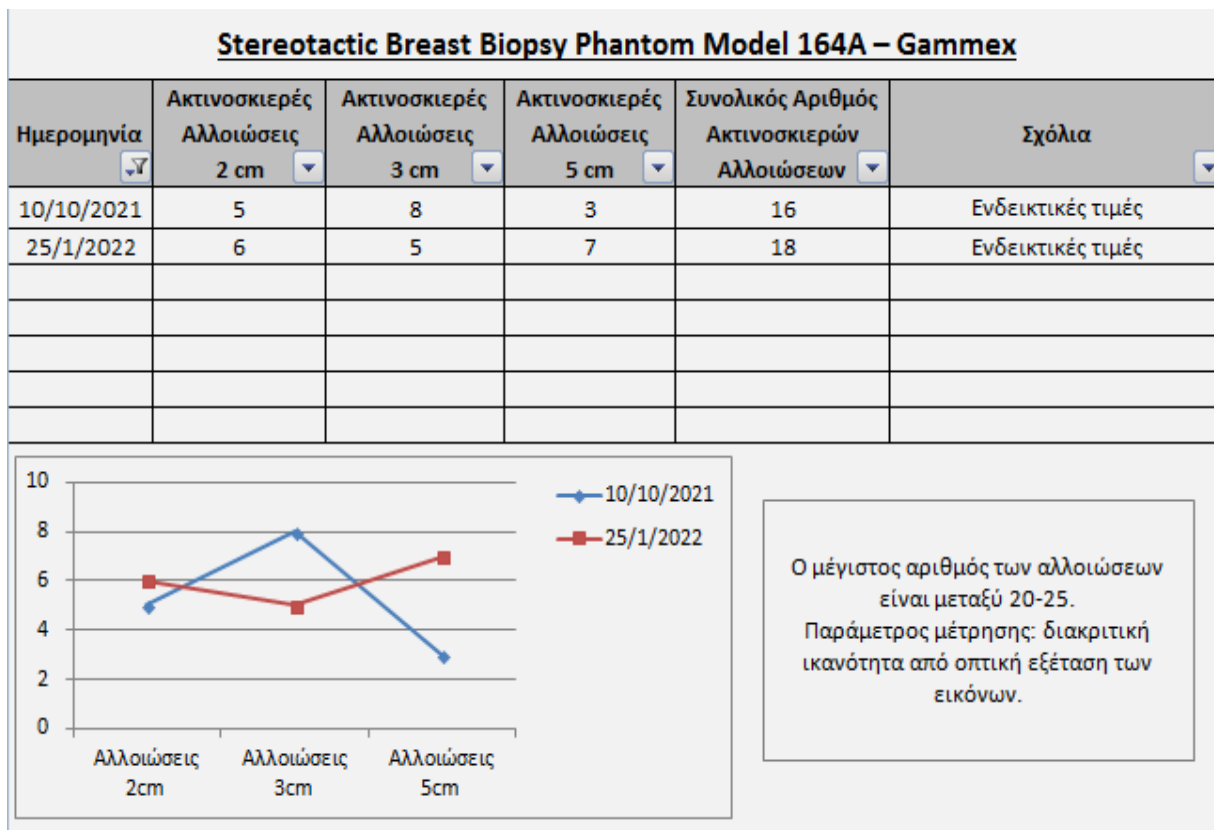
Παράρτημα Δ. Βάση δεδομένων ομοιώματος ACR Accreditation Mammo FFDM™

- Gammex



Παράρτημα Ε. Βάση δεδομένων ομοιώματος Stereotactic Breast Biopsy Model

164A - Gammex



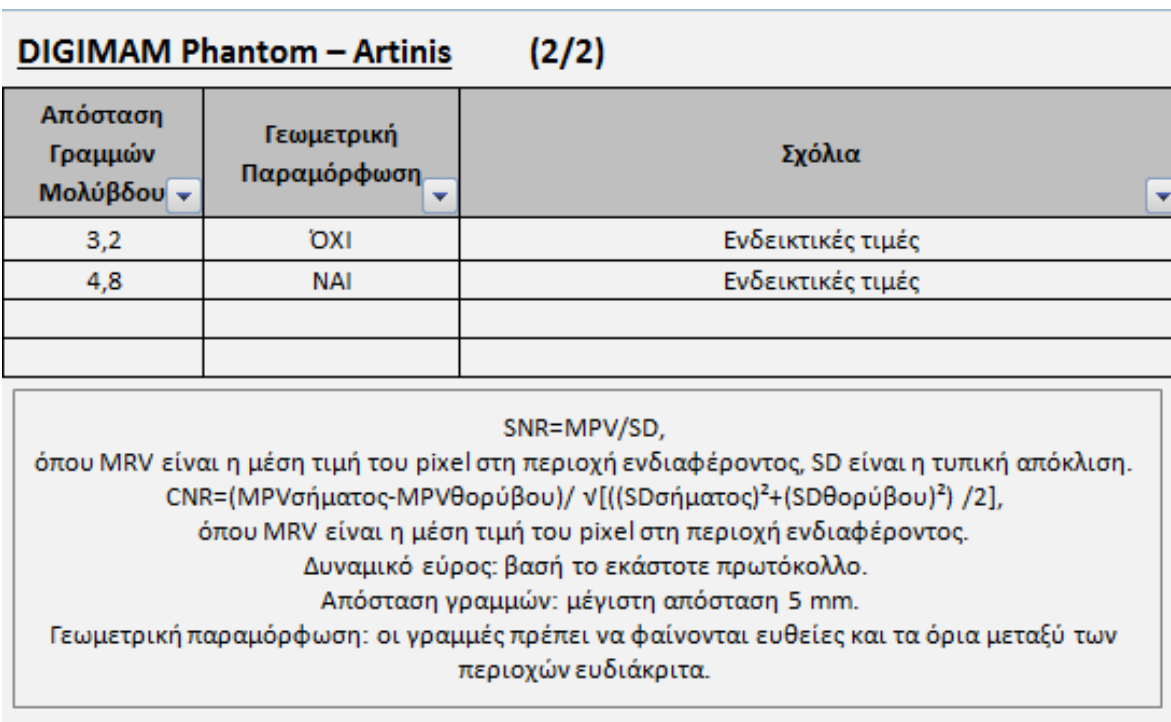
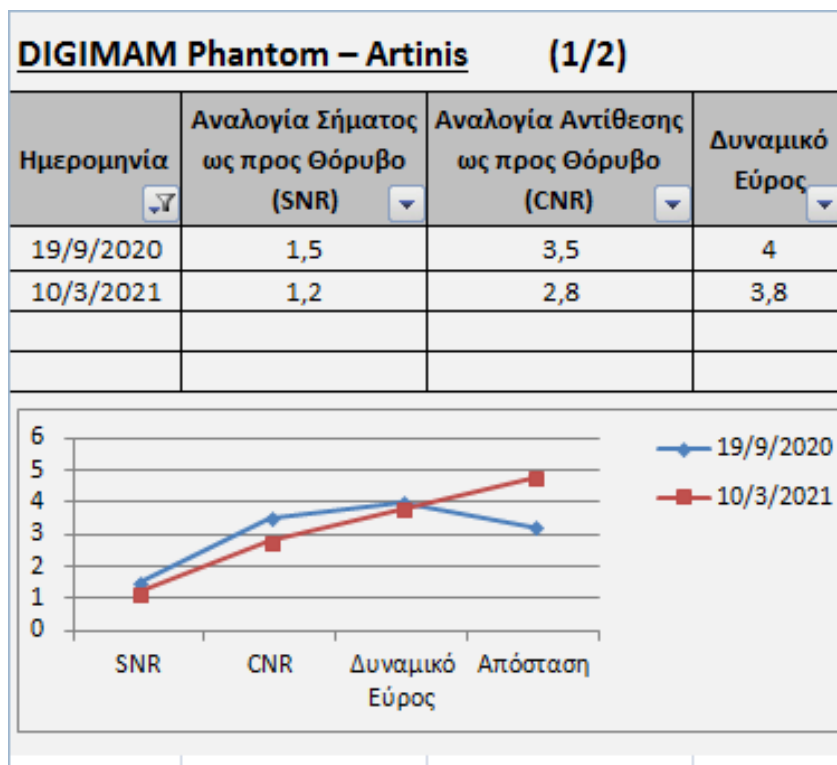
Παράρτημα ΣΤ. Βάση δεδομένων ομοιώματος Stereotactic Mammographic Accreditation Model 156D - Gammex

Stereotactic Mammographic Accreditation Phantom Model 156D – Gammex					
Ημερομηνία	Αριθμός Μικροασβεστώσεων	Αριθμός Μάζων	Αριθμός Ινώδων Δομών	Αριθμός Συνολικών Δομών	Σχόλια
10/2/2021	4	4	4	12	Μέγιστος αριθμός δομών
10/10/2021	4	3	3	10	Ενδεικτικές τιμές
25/1/2022	3	4	2	9	Ενδεικτικές τιμές

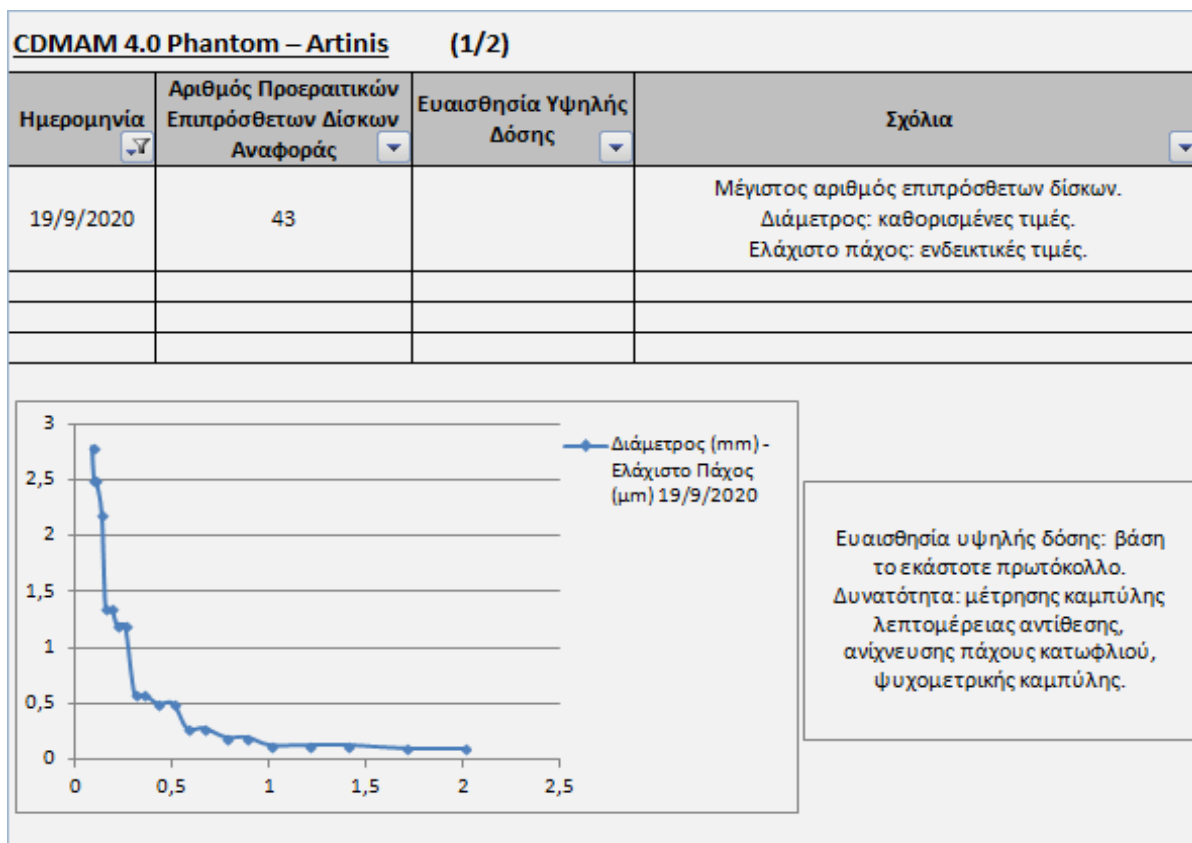
Ημερομηνία	Μικροασβεστώσεις	Μάζες	Ινώδεις Δομές
10/2/2021	4	4	4
10/10/2021	4	3	3
25/1/2022	3	4	2

Παράμετρος μέτρησης:
διακριτική ικανότητα από οπτική
εξέταση των εικόνων

Παράρτημα Ζ. Βάση δεδομένων ομοιώματος DIGIMAM - Artinis



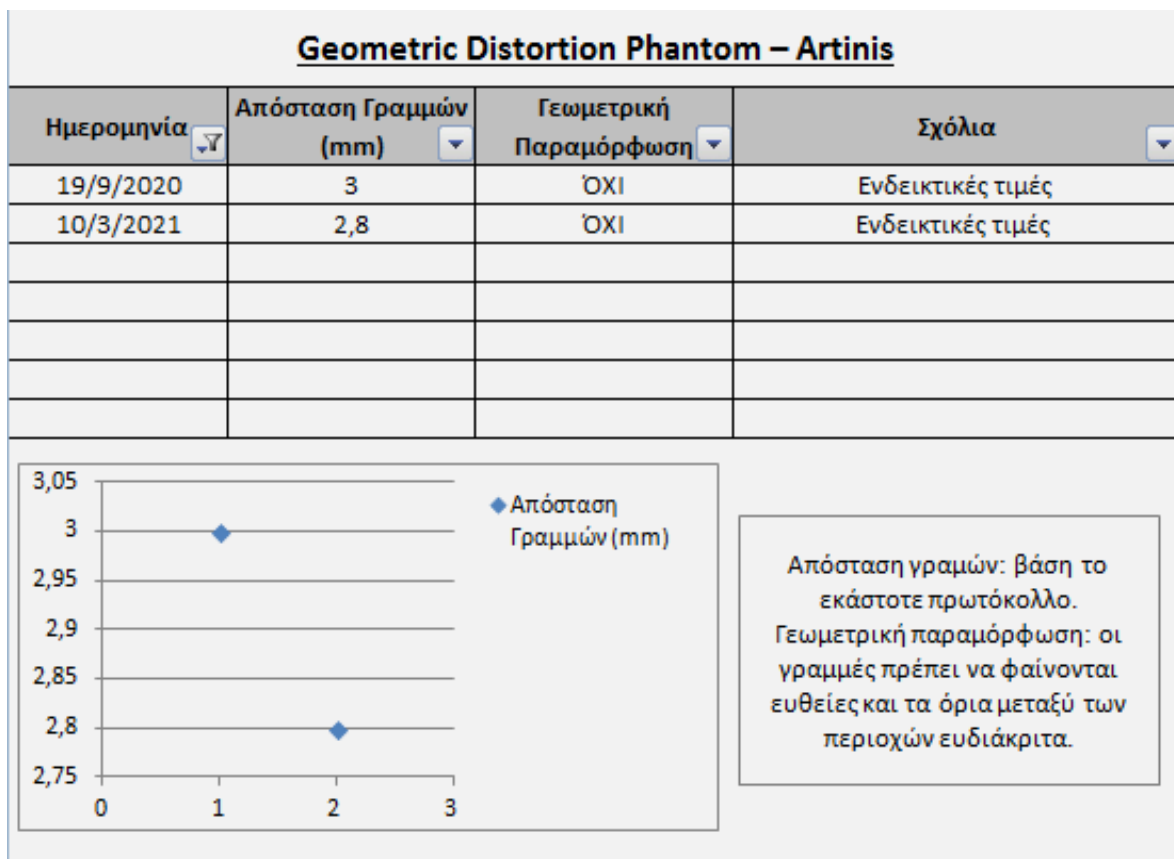
Παράρτημα Η. Βάση δεδομένων ομοιώματος CDMAM 4.0 - Artinis



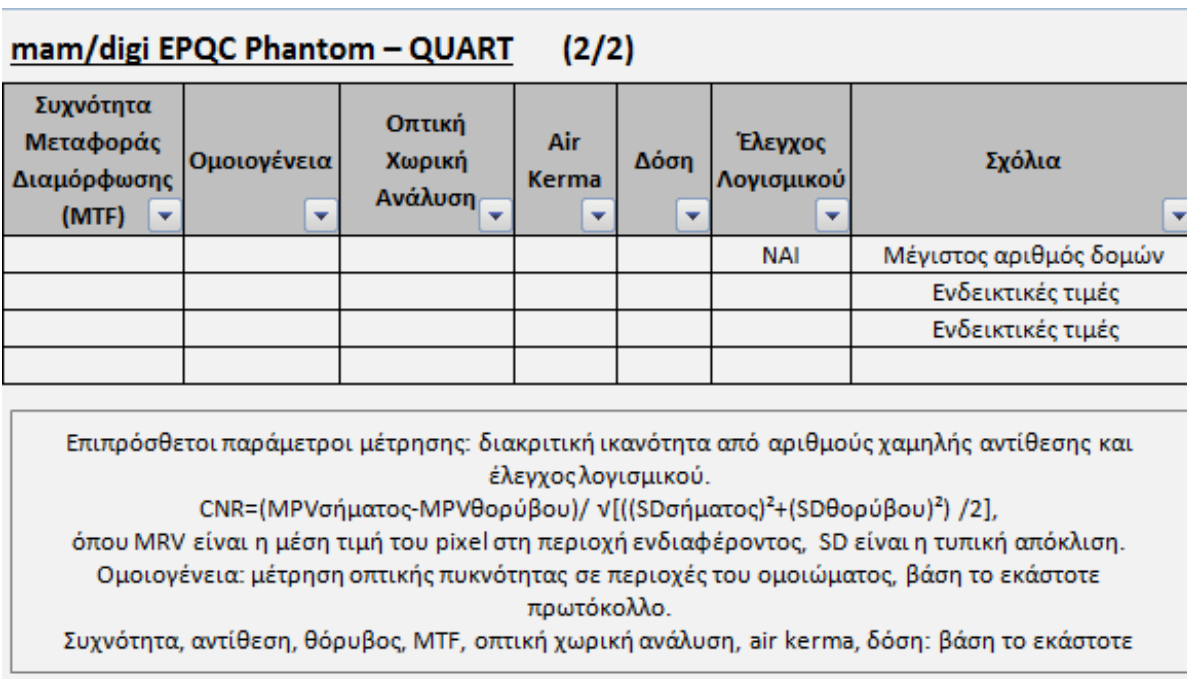
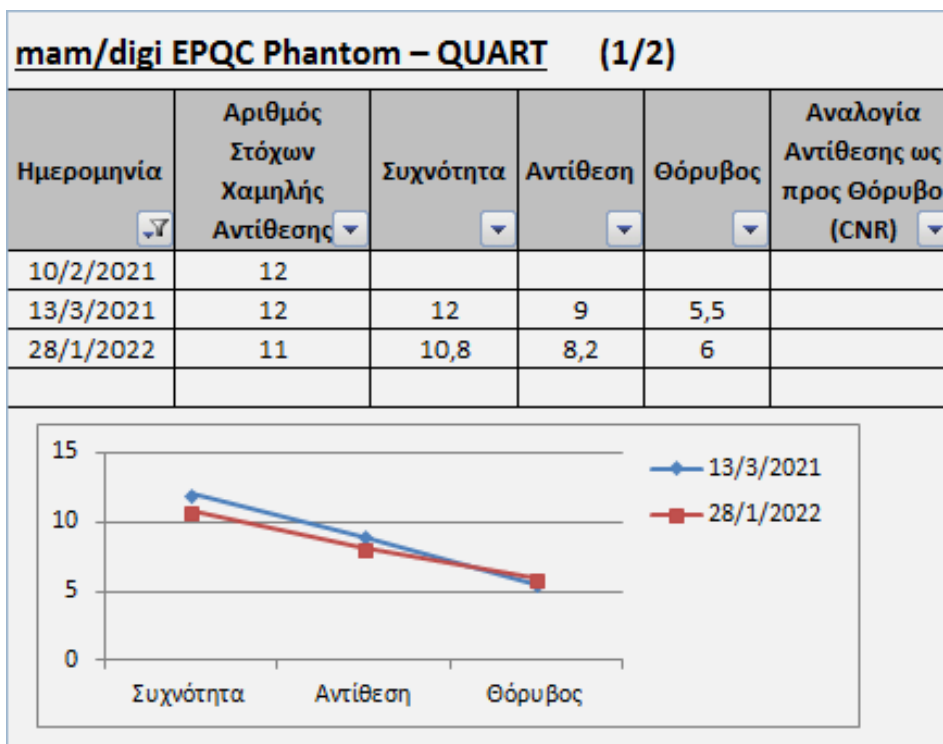
CDMAM 4.0 Phantom – Artinis (2/2)

Διάμετρος (mm)	Ελάχιστο Πάχος (μm) (19/9/2020)	Ελάχιστο Πάχος (μm)	Ελάχιστο Πάχος (μm)	Ελάχιστο Πάχος (μm)
2	0,1			
1,7	0,1			
1,4	0,13			
1,2	0,13			
1	0,13			
0,88	0,2			
0,77	0,2			
0,66	0,28			
0,57	0,28			
0,5	0,5			
0,42	0,5			
0,35	0,58			
0,3	0,58			
0,25	1,2			
0,21	1,2			
0,18	1,35			
0,15	1,35			
0,13	2,2			
0,1	2,5			
0,09	2,5			
0,08	2,8			

Παράρτημα Θ. Βάση δεδομένων ομοιώματος Geometric Distortion - Artinis

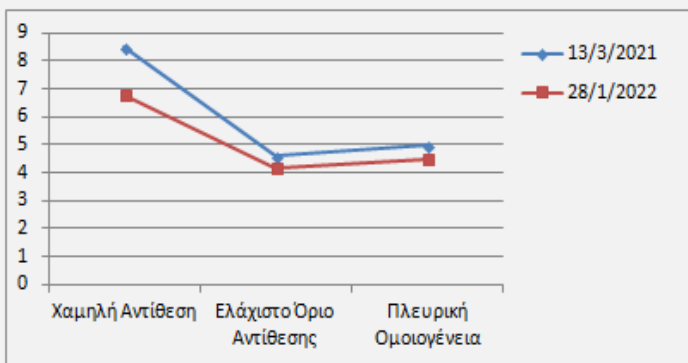


Παράρτημα Ι. Βάση δεδομένων ομοιώματος mam/digi EPQC - QUART



Παράρτημα Κ. Βάση δεδομένων ομοιώματος Biopsy - QUART

Biopsy Phantom – QUART						
Ημερομηνία	Οπτική Χωρική Ανάλυση	Χαμηλή Αντίθεση	Ελάχιστο Όριο Αντίθεσης	Πλευρική Ομοιογένεια	Διαμόρφωση Πεδίου Ακτίνων-χ	Σχόλια
13/3/2021		8,5	4,6	5		Ενδεικτικές τιμές
28/1/2022		6,8	4,2	4,5		Ενδεικτικές τιμές



Οπτική χωρική ανάλυση, χαμηλή αντίθεση, ελάχιστο όριο αντίθεσης, πλευρική ομοιογένεια, διαμόρφωση πεδίου ακτίνων-χ: βάση το εκάστοτε πρωτόκολλο.

Παράρτημα Α. Βάση δεδομένων ομοιώματος mamFS - QUART

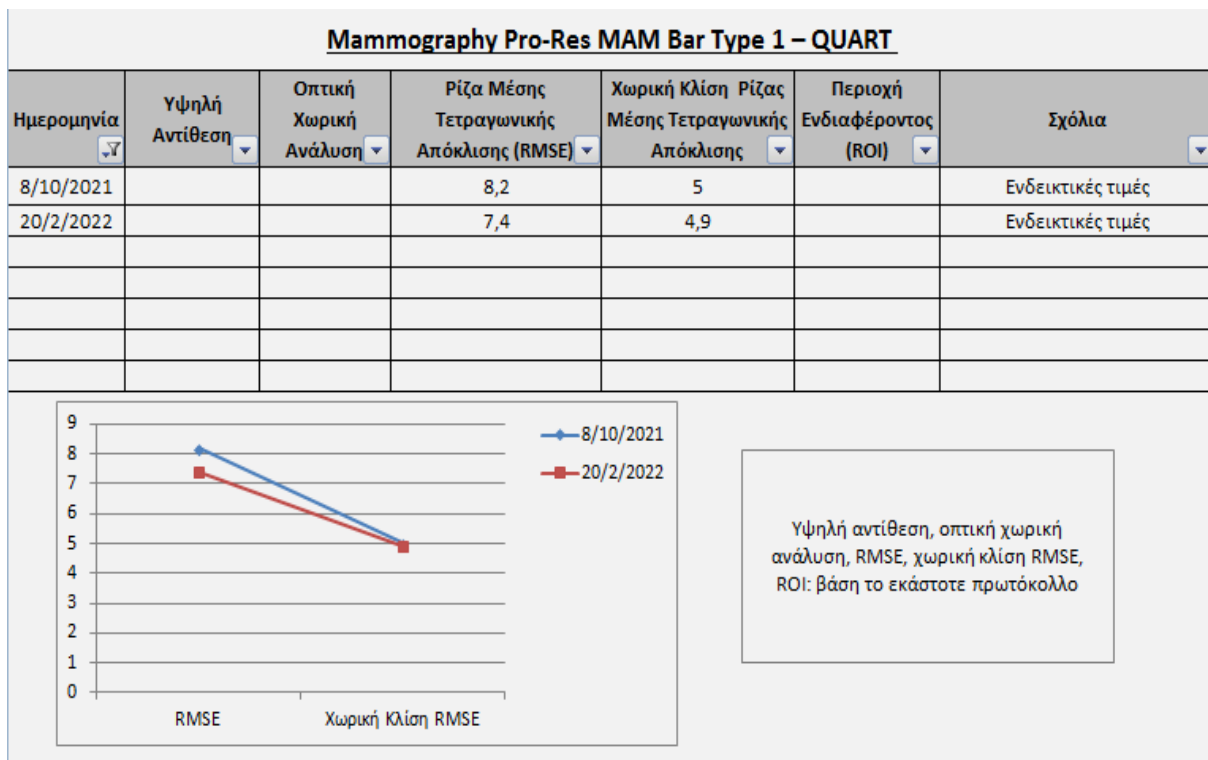
MamFS Phantom – QUART								
Ημερομηνία	Αριθμός Σειρών Ακτινοσκιερών Μπαλών	Οπτική Χωρική Ανάλυση	Χαμηλή Αντίθεση	Δείκτης Δόσης	Οπτική Πυκνότητα	Ομοιογένεια	Ευθυγράμμιση Πεδίου Ακτινοβολίας	Σχόλια
10/2/2021	2							Μέγιστος αριθμός δομών
13/3/2021	2		5,8	5,2	4,2			Ενδεικτικές τιμές
28/1/2022	2		7	8,6	5,6			Ενδεικτικές τιμές

Παράμετρος	13/3/2021	28/1/2022
Χαμηλή Αντίθεση	5,8	7
Δείκτης Δόσης	5,2	8,6
Οπτική Πυκνότητα	4,2	5,6

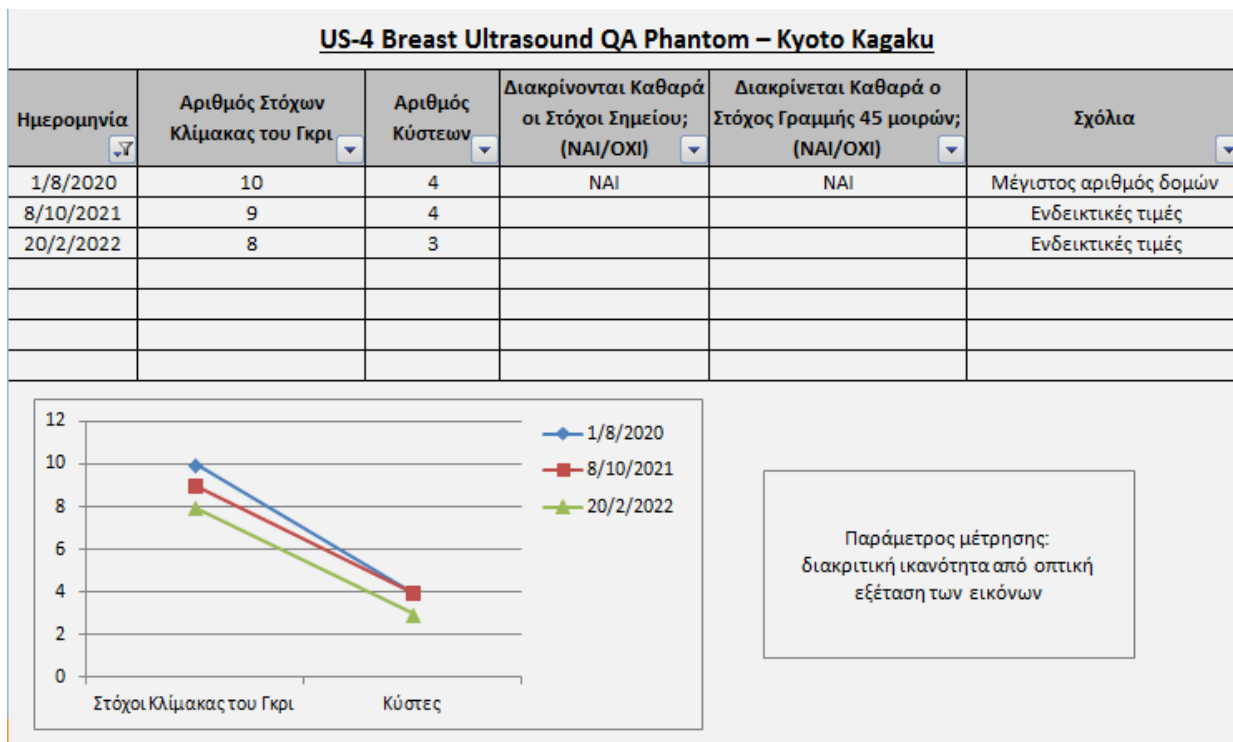
Επιπρόσθετοι παράμετροι μέτρησης: αριθμός σειρών ακτινοσκιερών μπαλών. Οπτική χωρική ανάλυση, χαμηλή αντίθεση, δείκτης δόσης, οπτική πυκνότητα, ομοιογένεια, ευθυγράμμιση πεδίου ακτινοβολίας: βάση το εκάστοτε πρωτόκολλο.

Παράρτημα Μ. Βάση δεδομένων ομοιώματος Mammography Pro-Res MAM Bar

Type 1 - QUART



Παράρτημα Ν. Βάση δεδομένων ομοιώματος US-4 Breast Ultrasound QA - Kyoto
Kagaku

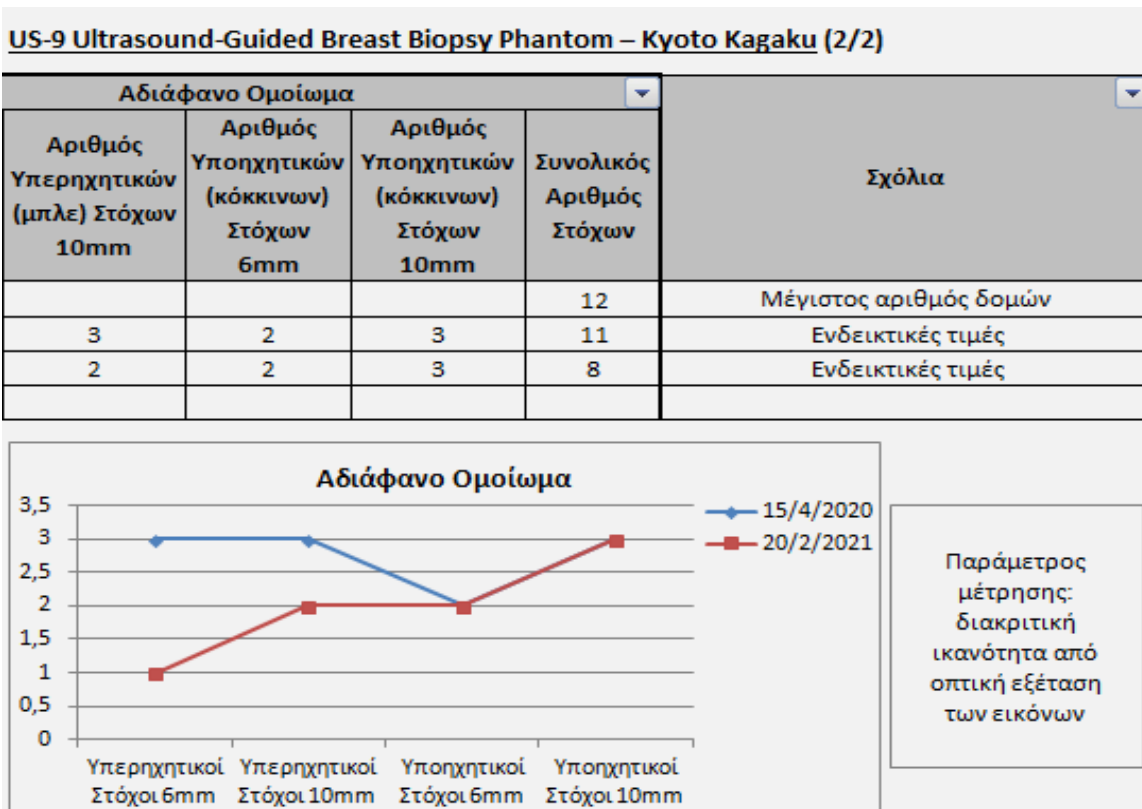
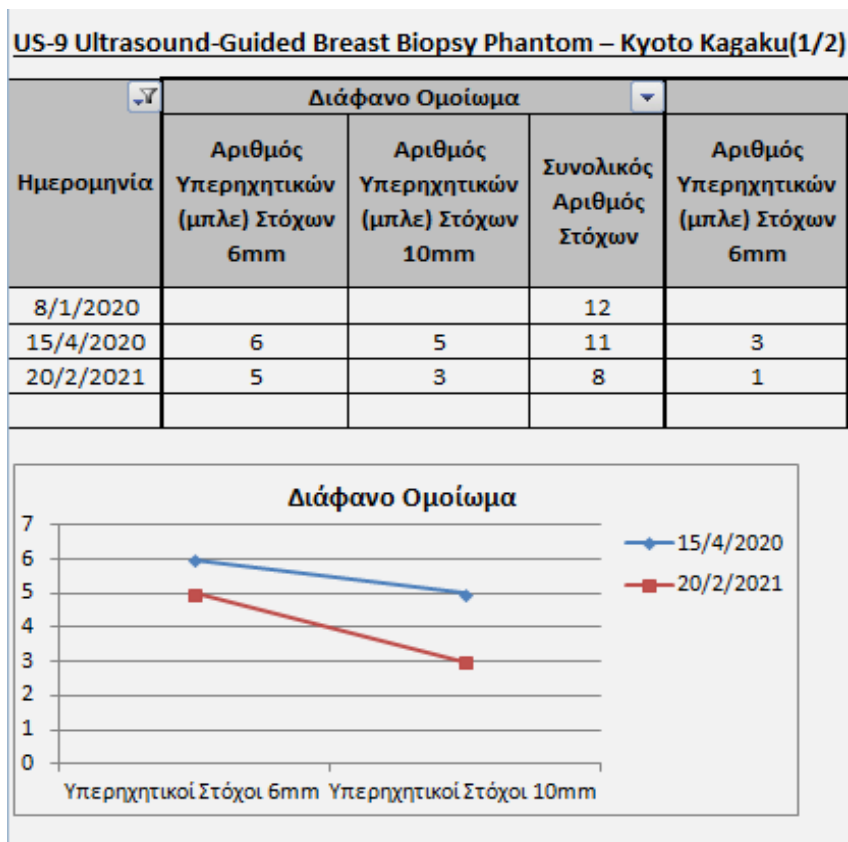


Παράρτημα Ξ. Βάση δεδομένων ομοιώματος Breast Ultrasound Examination
 "BREAST FAN" US-6 - Kyoto Kagaku

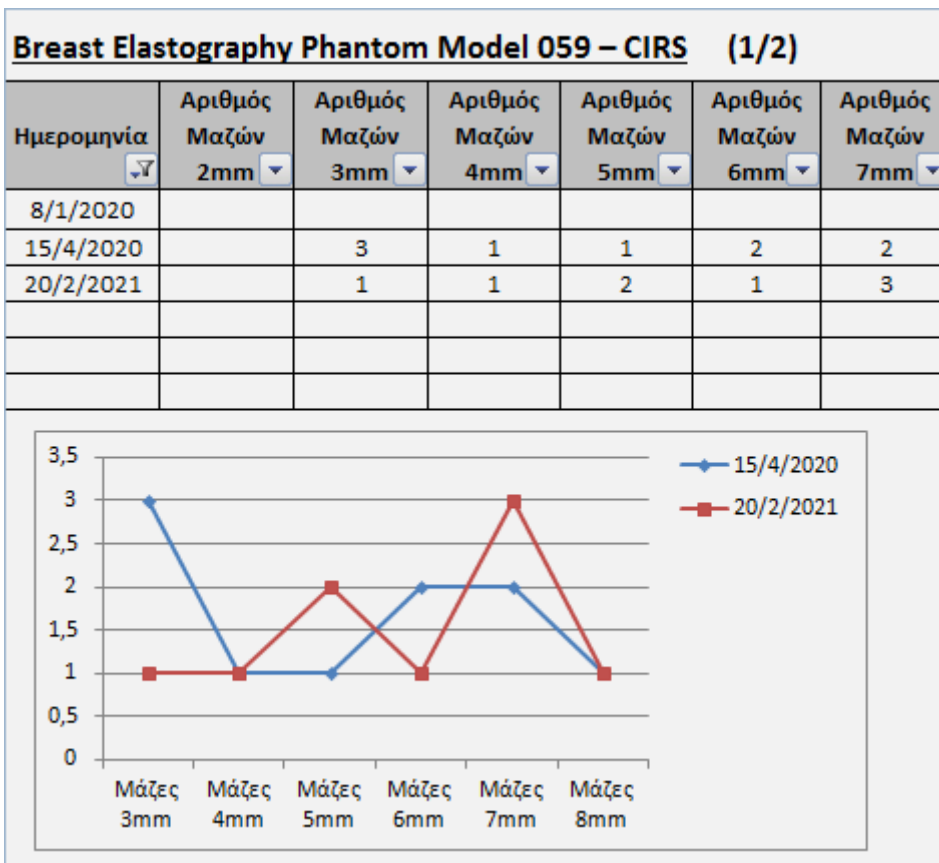
Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN" US-6 – Kyoto Kagaku						
Ημερομηνία ▼	Κακοήθης Όγκος (ΝΑΙ/ΟΧΙ) ▼	Καλοήθης Όγκος (ΝΑΙ/ΟΧΙ) ▼	Κύστες (ΝΑΙ/ΟΧΙ) ▼	Λεμφαδένες (ΝΑΙ/ΟΧΙ) ▼	Εκτασία Γαλακτοφόρου Αδένα (ΝΑΙ/ΟΧΙ) ▼	Σχόλια ▼
8/10/2021	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Ενδεικτικές τιμές
20/2/2022	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Ενδεικτικές τιμές

Παράμετρος μέτρησης:
 διακριτική ικανότητα από οπτική
 εξέταση των εικόνων

Παράρτημα Ο. Βάση δεδομένων ομοιώματος US-9 Ultrasound-Guided Breast Biopsy - Kyoto Kagaku



Παράρτημα Π. Βάση δεδομένων ομοιώματος Breast Elastography Model 059 - CIRS



Breast Elastography Phantom Model 059 – CIRS (2/2)

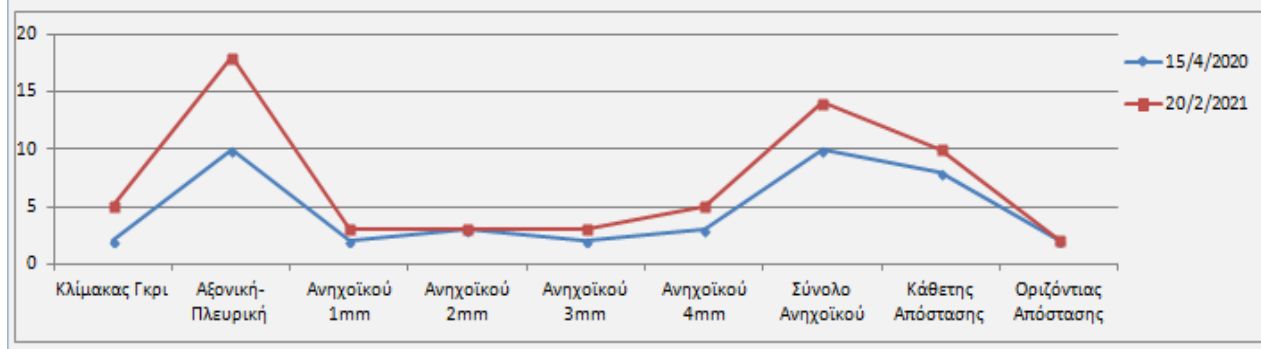
Αριθμός Μαζών 8mm	Αριθμός Μαζών 9mm	Αριθμός Μαζών 10mm	Συνολικός Αριθμός Μαζών	Σχόλια
			12	Αριθμός μέγιστων δομών
1			10	Ενδεικτικές τιμές
1			9	Ενδεικτικές τιμές

Παράμετρος μέτρησης:
 διακριτική ικανότητα από οπτική
 εξέταση των εικόνων

Παράρτημα Ρ. Βάση δεδομένων ομοιώματος Invenia ABUS Model ATS UC-551M - CIRS

Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M – CIRS (1/2)

Ημερομηνία	Αριθμός Στόχων Κλίμακας του Γκρι (6mm)	Αριθμός Στόχων Αξονικής-Πλευρικής Ανάλυσης	Αριθμός Στόχων Ανηχοϊκού Βηματικού Κυλίνδρου				Συνολικός Αριθμός Στόχων Ανηχοϊκού Βηματικού Κυλίνδρου	Αριθμός Στόχων Γκρουπ Κάθετης Απόστασης	Αριθμός Στόχων Γκρουπ Οριζόντιας Απόστασης	Συνολικός Αριθμός Στόχων
			1mm	2mm	3mm	4mm				
22/2/2020	6	20					18	12	2	58
15/4/2020	2	10	2	3	2	3	10	8	2	32
20/2/2021	5	18	3	3	3	5	14	10	2	49



Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M – CIRS (2/2)

Αξονική Ευκρίνεια	Πλευρική Ευκρίνεια	Ευκρίνεια Αντίθεσης	Αναλογία Σήματος ως προς Θόρυβο (SNR)	Σχόλια
				Μέγιστος αριθμός δομών
				Ενδεικτικές τιμές
				Ενδεικτικές τιμές

Επιπρόσθετοι παράμετροι μέτρησης:
 διακριτική ικανότητα από οπτική εξέταση των εικόνων.
 $SNR = MPV / SD$,
 όπου MRV είναι η μέση τιμή του pixel στη περιοχή ενδιαφέροντος, SD είναι η τυπική απόκλιση.
 Αξονική, πλευρική ευκρίνεια, ευκρίνεια αντίθεσης:
 βάση το εκάστοτε πρωτόκολλο.

Βιβλιογραφία

- (1) Haynes, M., Stang, J. & Moghaddam, M. (2012). Microwave breast imaging system prototype with integrated numerical characterization. *International Journal of Biomedical Imaging*, 21(5), 94-119. doi: 10.1155/2012/706365
- (2) Neira, L.M., Mays, O. & Hagness, S.C. (2017). Human breast phantoms. *Advancing technology for humanity*. <https://www.embs.org/pulse/articles/human-breast-phantoms/>
- (3) Sree, A.V., Eddie, Y.K., Acharya, U. & Tan, W. (2010). Breast imaging systems: a review and comparative study. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 10(1), 5-34. <https://doi.org/10.1142/S0219519410003277>
- (4) Jesinger, R.A. (2014). Breast anatomy for the interventionalist. *Techniques in vascular and interventional radiology*, 17(1), 3-9. doi: 10.1053/j.tvir.2013.12.002
- (5) Jansen, L.A., Backstein, R.M. & Brown, M.H. (2014). Breast size and breast cancer: a systematic review. *Journal of plastic reconstructive & aesthetic surgery*, 67(12), 1615-1623. doi: 10.1016/j.bjps.2014.10.001.
- (6) Pandya, S. & Moore, G.R. (2011). Breast development and anatomy. *Clinical obstetrics and gynecology*, 54(1), 91-5. doi: 10.1097/GRF.0b013e318207ffe9
- (7) Reisenbichler, E. & Hanley, K.Z. (2019). Development disorders and malformations of the breast. *Seminars in diagnostic pathology*, 36(1), 11-15. doi: 10.1053/j.semmp.2018.11.007
- (8) Kulkarni, D. & Dixon, J.M. (2012). Congenital abnormalities of the breast. *Womens health*, 8(1), 87-88. doi: 10.2217/whe.11.84
- (9) Nielsen, L.J. & Jensen, T.L. (2017). Diagnosing and treating tuberous breast deformity. *Ugeskrift for Laeger*, 179(4). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28115051/>
- (10) Guray, M. & Sahin, A.A. (2006). Benign breast diseases: classification, diagnosis, and management. *Oncologist*, 11(5), 435-449. doi: 10.1634/theoncologist.11-5-435
- (11) Faguy, K. (2018). Infectious and inflammatory breast disease. *Radiologic Technology*, 89(3), 279-295. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29298955/>
- (12) Frazer, H. & Wylie, L. (2021). Diagnostic Mammography. *Inside Radiology*. <https://www.insideradiology.com.au/diagnostic-mammography/>
- (13) Dangola, N. (2016). What is included in a diagnostic mammography exam?. *Medscape*. <https://www.medscape.com/answers/346529-177836/what-is-included-in-a-diagnostic-mammography-exam>
- (14) Funke, M. (2016). Diagnostic imaging of breast cancer: an update. *Radiologe*, 56(10), 921-938. doi: 10.1007/s00117-016-0134-6
- (15) Jackson, V.P. (2004). Diagnostic Mammography. *Radiologic Clinics of North America*, 42(5), 853-870. doi: 10.1016/j.rcl.2004.06.002
- (16) Licari, T.A. (2019). Mammography Safety Revisited. *Radiologic Technology*, 91(2), pp.191-195. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31685598/>
- (17) Endo, T. (2003). Mammography. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai zasshi*, 59(6), 700-706. doi: 10.6009/jjrt.kj00003174150
- (18) Rao, M.V., Levin, D.C., Parker, L., Cavanaugh, B., Frangos, J.A. & Sunshine, J.H. (2010). How widely is computer-aided detection used in screening mammography?. *Journal of the American College of Radiology*, 7(10), 802-5. doi: 10.1016/j.jacr.2010.05.019

- (19) Sree S. V., Yin-Kwee Ng E., Acharya R. U., Faust O. (2011). Breast imaging: A survey. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3100484/>
- (20) Niell, L.B., Freer, P.E., Weinfurter, R.J., Arleo, K.E. & Drukteinis, J.S. (2017). Screening for breast cancer. *Radiology Clinics of North America*, 55(6), 1145-1162. doi: 10.1016/j.rcl.2017.06.004
- (21) Malmgren, J.A., Parikh, J., Atwood, M.K. & Kaplan, H.G. (2012). Impact of mammography detection on the course of breast cancer in women aged 40-49 years. *Radiology*, 262(3), 797-806. doi: 10.1148/radiol.11111734
- (22) Vourtsis, A. & Berg, W.A. (2019). Breast density implications and supplemental screening. *European Radiology*, 29(4), 1762-1777. doi: 10.1007/s00330-018-5668-8
- (23) Fiorica, J.V. (2016). Breast cancer screening, mammography, and other modalities. *Clinical obstetrics and gynecology*, 59(4), 688-709. doi: 10.1097/GRF.0000000000000246
- (24) Loberg, M., Lousdal, M.L., Bretthauer, M. & Kalager, M. (2015). Benefits and harms of mammography screening. *Breast cancer research*, 17(1). doi: 10.1186/s13058-015-0525-z
- (25) Wahab, A.R., Brown, A., Lee, S.J., Zhang, B., Sobel, L. & Mahoney, M.C. (2021). Screening mammogram results in the digital age: video messaging -a pilot study. *Academic Radiology*, 28(4), 487-494. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.01.011>
- (26) Helvie, M.A. & Bevers, T.B. (2018). Screening mammography for average risk women: the controversy and NCCN's position. *Journal of the National Comprehensive Cancer Network*, 16(11), 1398-1404. doi: 10.6004/jnccn.2018.7081
- (27) Mutairi, F.F., Chung, E.M.L., Moran, M.C. & Ramnarine, K.V. (2021). A novel elastography phantom prototype for assessment of ultrasound elastography imaging performance. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 47(8). <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2021.05.015>
- (28) Lehman, C.D., Wellman, R.D., Buist, S.D.M., Kerlikowske, K., Tosteson, A.N.A. & Miglioretti, D.L. (2015). Diagnostic Accuracy of Digital Screening Mammography with and without computer – Aided Detection. *JAMA internal medicine*, 175(11), 1828-37. doi: 10.1001/jamainternmed.2015.5231
- (29) Coleman, C. (2017). Early detection and screening for Breast Cancer. *Seminars in oncology nursing*, 33(2), 141-155. doi: 10.1016/j.soncn.2017.02.009
- (30) Βούρτση, Α. & Βλάχος, Λ. (1999). Απεικονιστική διαγνωστική προσέγγιση του καρκίνου του μαστού. Δημοσιευμένη Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- (31) Burnside, E.S., Stickles, A.E., Sohlich, R.E. & Dee, E.K. (2002). Differential value of comparison with previous examinations in diagnostic versus screening mammography. *American journal of Roentgenology*, 179(5), 1173-1177. <https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/ajr.179.5.1791173>
- (32) Brown, M.L., Houn, F. & Kessler, L.G. (1995). Screening mammography in community practice: positive predictive value of abnormal findings and yield of follow up diagnostic procedures. *American journal of Roentgenology*, 165(6), 1373-1377. <https://www.ajronline.org/doi/abs/10.2214/ajr.165.6.7484568>

- (33) Smith-Bindman, R., Chu, P.W. & Miglioretti, L.D. (2003). Comparison of Screening Mammography in the United States and the United Kingdom. *JAMA*, 290(16), 2129-2137.
<https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/197533>
- (34) Stickles, E.A., Wolverton, D.E. & Dee, E.K. 2002 (performance parameters for screening and diagnostic mammography: specialist and general radiologists. *Radiology*, 224(3). <https://doi.org/10.1148/radiol.2243011482>
- (35) Dean, C.J. & Iivento, C. (2006). Improved cancer detection using computer aided detection with diagnostic and screening mammography: prospective study of 104 cancers. *American journal of Roentgenology*, 187(1), 20-28. <https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.05.0111>
- (36) Welch, H.G. & Fisher, E.S. (1998). Diagnostic testing following screening mammography in the elderly. *NCI: Journal of the National Cancer Institute*, 90(18), 1389-1392. <https://doi.org/10.1093/jnci/90.18.1389>
- (37) Buist, D.S.M., Anderson, L.M., Haneuse, S.J.P.A., Sickles, A., Robert, A.S., Carney, P.A., Taplin, S.H., Robert, D.R., Geller, M.B., Onega, T.L., Monsees, S.B., Basset, L.W., Yankaskas, B.C., Elmore, J.G., Kerlikowske, K. & Miglioretti, D.L. (2011). Influence of Annual interpretive volume on screening mammography performance in the United States. *Radiology*, 259(1). <https://doi.org/10.1148/radiol.10101698>
- (38) Ceugnart, L., Olivier, A. & Oudoux, 2019). Breast cancer: New tools in imaging. *Presse medicale*, 48(10), 1101-1111. doi: 10.1016/j.lpm.2019.10.007
- (39) Heywang-Kobrunner, S.H., Hacker, A. & Sedlacek, S. (2011). Advantages and disadvantages of mammography screening. *Breast Care*, 6(3), 199-207. doi: 10.1159/000329005
- (40) Boyd, N.F., Guo, H., Martin, J.L., Sun, L., Stone, J., Fishell, E., Jong, R.A., Hislop, G., Chiarelli, A., Minkin, S. & Yaffe, M.J. (2007). Mammographic density and the risk and detection of breast cancer. *The new England Journal of Medicine*, 356(3), 227-236. doi: 10.1056/NEJMoa062790
- (41) Zahl, P.H., Maehlen, J. & Welch, H.G. (2008). The natural history of invasive breast cancers detected by screening mammography. *Archives of internal medicine*, 168(21), 2311-6. doi: 10.1001/archinte.168.21.2311
- (42) Puliti, D., Zappa, M., Miccinesi, G., Falini, P., Crocetti, E. & Paci, E. (2009). An estimate of overdiagnosis 15 years after the start of mammographic screening in Florence. *European journal of cancer*, 45(18), 3166-71. doi: 10.1016/j.ejca.2009.06.014
- (43) Parvinen, I., Helenius, H., Pylkkanen, L., Anttila, A., Raiha-Immonen, P., Kauhava, L., Rasanen, O. & Klemi, P.J. (2006). Service screening mammography reduces breast cancer mortality among elderly women in Turku. *Journal of medical screening*, 13(1), 34-40. doi: 10.1258/096914106776179845
- (44) Roder, D., Houssami, N., Farshid, G., Gill, G., Luke, C., Downey, P., Beckmann, K., Iosifidis, P., Grieve, L. & Williamson, L. (2008). Population screening and intensity of screening are associated with reduced breast cancer mortality: evidence of efficacy of mammography screening in Australia. *Breast cancer research and treatment*, 108(3), 409-416. doi: 10.1007/s10549-007-9609-5
- (45) Schoor, G.V., Moss, S.M., Otten, J.M.D., Donders, R., Paap, E., Heeten, G.J., Holland, R., Broeders, M.J.M. & Verbeek, A.L.M. (2011). Increasingly

- strong reduction in breast cancer mortality due to screening. *British journal of cancer*, 104(6), 910-914. doi: 10.1038/bjc.2011.44
- (46) Bonneux, L. (2009). Advantages and disadvantages of breast cancer screening: time for evidence-based information. *Nederlands journal of gynecology*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19900321/>
- (47) Joy, J.E., Penhoet, E.E. & Petitti, D.B. (2005). Saving women's lives: strategies for improving breast cancer detection and diagnosis. National Academic Press. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22311/>
- (48) Sener, S.F., Candela, F.C., Paige, M.L., Bernstein, J.R. & Winchester, D.P. (1988). Limitations of mammography in the identification of noninfiltrating carcinoma of the breast. *Europe PMC*, 167(2), 135-140. <https://europepmc.org/article/med/2840746>
- (49) Fordham, S.D. (1977). Limitations of mammography. *Europe PMC*, 62(3), 138-139. <https://europepmc.org/article/med/852932>
- (50) Khalkhali, I., Mena, I. & Diggles, L. (1993). Limitations of mammography : the role of tc-99m sestamibi scintimammography in the diagnosis of breast cancer. *Clinical Nuclear Medicine*, 18(10), pp.927. https://journals.lww.com/nuclearmed/Citation/1993/10000/LIMITATIONS_OF_MAMMOGRAPHY_MAMM__THE_ROLE_OF.62.aspx
- (51) Miller, A.B. (2014). Digital mammography. *Journal of the National Cancer Institute*, 106(6). doi: 10.1093/jnci/dju125
- (52) Morin, R.L. & Maidment, A.D.A. (2005). Digital mammography : coming of age. *Journal of the American College of Radiology*, 2(9), 798-801. doi: 10.1016/j.jacr.2005.06.008
- (53) Freer, E.P. & Winkler, N. (2017). Synthesized Digital Mammography Imaging. *Radiologic Clinics of North America*, 55(3), 503-512. doi: 10.1016/j.rcl.2016.12.005
- (54) Feig, S.A. (2002). Image quality of screening mammography: effect on clinical outcome. *American Journal of Roentgenology*, 178(4), 805-807. doi: 10.2214/ajr.178.4.1780805
- (55) Eltoukhy, M.M., Faye, I. & Samir, B.B. (2012). A statistical based feature extraction method for breast cancer diagnosis in digital mammogram using multiresolution representation. *Computers in Biology and Medicine*, 42(1), 123-128. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2011.10.016>
- (56) Maitra, K.I., Nag, S. & Bandyopadhyay, S.K. (2012). Technique for preprocessing of digital mammogram. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 107(2), 175-188. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2011.05.007>
- (57) Li, T., Marinovich, M.L. & Houssami, N. (2018). Digital breast tomosynthesis (3D mammography) for breast cancer screening and for assessment of screen-recalled findings: review of the evidence. *Expert review of anticancer therapy*, 18(8), 785-791. doi: 10.1080/14737140.2018.1483243
- (58) Liberatore, M., Cucchi, J.M., Fighiera, M., Binet, M., Missana, M.C., Brunner, P., Mourou, M.Y. & Iannessi, A. (2017). Hormone molecular biology and clinical investigation, 32(2). doi: 10.1515/hmbci-2017-0024
- (59) James, J.R., Pavlicek, W., Hanson, J.A., Boltz, T.F. & Patel, B.K. (2017). Breast Radiation Dose with CESM Compared with 2D FFDM and 3D Tomosynthesis Mammography. *American Journal of Roentgenology*, 208(2), pp.362-372. <https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.16.16743>

- (60) Stuphin, C., Olson, E., Motai, Y., Lee, S.J., Kim, J.G. & Takabe, K. (2019). Elastographic tomosynthesis from X-Ray strain imaging of breast cancer. *Journal of translational engineering in health and medicine*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31497411/>
- (61) Thomson, W. & Argaez, C. (2019). Digital breast tomosynthesis for the screening and diagnosis of breast cancer: a review of the diagnostic accuracy, cost-effectiveness and guidelines. *Canadian Agency of Drugs and Technologies in Health*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31873997/>
- (62) Berggren, K., Cederstrom, B., Lundqvist, M. & Fredenberg, E. (2018). Cascaded systems analysis of shift-variant image quality in slit scanning breast tomosynthesis. *Medical Physics*, 45(10), 4392-4401. doi: 10.1002/mp.13116
- (63) Ahmed-Aldosh, M.S. (2014). Tomosynthesis mammography. *Journal of Medicine Science and Clinical Research*, 2(8), 1986-1992. <http://jmscr.igmpublication.org/v2-i8/17%20jmscr.pdf>
- (64) Dobbins, J.T. & Godfrey, D.J. (2003). Digital x-ray tomosynthesis: current state of the art and clinical potential. *Physics in medicine and biology*, 48(19), 65-106. doi: 10.1088/0031-9155/48/19/r01
- (65) James, J.J. & Tennant, S.L. (2018). Contrast – enhanced spectral mammography. *Clinical Radiology*, 73(8), 715-723. doi: 10.1016/j.crad.2018.05.005
- (66) Sogani, J., Mango, V.L., Keating, D., Sung, S.J. & Jochelson, M.S. (2021). Contrast enhanced mammography: past, present and future. *Clinical Imaging*, 69, 269-279. doi: 10.1016/j.clinimag.2020.09.003
- (67) Suter M. B., Pesapane F., Agazzi G. M., Gagliardi T., Nigro O., Bozzini A, Priolo F., Penco S., Cassano E., Chini C., Squizzato A. (2020) Diagnostic accuracy of contrast-enhanced spectral mammography for breast lesions: A systematic review and meta-analysis. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960977620301326>
- (68) Polat, D.S., Evans, W.P. & Dogan, B.E. (2020). Contrast- enhanced digital mammography: technique, clinical applications, and Pitfalls. *American Journal of roentgenology*, 215(5), 1267-1278. doi: 10.2214/AJR.19.22412
- (69) Dubose, C. (2020). Breast Magnetic Resonance Imaging. *Radiologic Technology*, 91(5), pp.447-462. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32381678/>
- (70) Pediconi, F., Catalano, C., Roselli, A., Padula, S., Altomari, F., Moriconi, E., Pronio, A.M., Kirchin, A.M. & Passariello, R. (2007). Contrast enhanced MR mammography for evaluation of the contralateral breast in patients with diagnosed unilateral breast cancer or high risk lesions. *Radiology*, 243(3), 670-680. doi: 10.1148/radiol.2433060838
- (71) Fallenberg, E.M. (2021). Contrast- enhanced mammography. *Radiologie*, 1(2), 177-182. doi: 10.1007/s00117-021-00805-7
- (72) Lebron-Zapata, L. & Jochelson, M.S. (2018). Overview of Breast Cancer Screening and Diagnosis. *PET Clinics*, 13(3), 301-323. doi: 10.1016/j.cpet.2018.02.001
- (73) Nicosia, L., Ferrari, F., Bozzini, A.C., Latronico, A., Trentin, C., Meneghetti, L., Pesapane, F., Pizzamiglio, M., Balesereri, N. & Cassano, E. (2020). Automatic breast ultrasound: state of the art and future perspectives. *Ecancer medical science*. <https://doi.org/10.3332/ecancer.2020.1062>
- (74) Elkhalek, Y.I.A., Bassiouny, A.M. & Abdel Hamid, R.W.A. (2019). Automated breast ultrasound system (ABUS): can it replace mammography

- as a screening tool? *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 50(51). <https://link.springer.com/article/10.1186/s43055-019-0051-6>
- (75) Allajbeu, I., Hickman, S.E., Payne, N., Moyle, P., Taylor, K., Sharma, N. & Gilbert, F. J. (2021). Automated breast Ultrasound: technical aspects, impact on breast screening, and future perspectives. *Current breast cancer reports*, 13, pp.141-150. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12609-021-00423-1>
- (76) Sung Hun, K., Hak Hee, K. & Moon, W.K. (2019). Automated Breast Ultrasound Screening for Dense Breasts. *Korean Journal of Radiology*, 21(1), 15-24. doi: 10.3348/kjr.2019.0176
- (77) Markund M., Moller J.M., Burchardt A.J., Bentzon N., Balslev E., Sletting S., Nolsoe C.P. (2006). Is 0.6T Magnetic Resonance Mammography Adequate in the Detection of Breast Cancer? *Acta Radiologica*, 47, pp. 446-453. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02841850600643263>
- (78) Preda L., Villa G., Rizzo S., Bazzi L., Origgi D., Cassano E., Bellomi M. (2006). Magnetic resonance mammography in the evaluation of recurrence at the prior lumpectomy site after conservative surgery and radiotherapy. <https://breast-cancer-research.biomedcentral.com/articles/10.1186/bcr1600>
- (79) Bakhtavar K., Sran M., Behzadifar M., Farsi M. (2017). Magnetic resonance mammography in comparison with mammography in the discovery of multifocal, multicentric and bilateral lesions of breast cancer. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5614295/>
- (80) Kuroki Y., Nawano S., Hasebe T., Imoto S., Nasu K., Murakami K., Satake M., Sekiguchi R., Hayashi T. (2002). Efficacy of MR mammography (MRM) in providing preoperative locoregional information on breast cancer: correlation between MRM and histological findings. doi: <https://doi.org/10.2463/mrms.1.73>
- (81) Glick S.J. (2007). Breast CT. 9:501-526 <https://doi.org/10.1146/annurev.bioeng.9.060906.151924>
- (82) Sarno A., Mettivier G., Russo P. (2015). Dedicated breast computed tomography: Basic aspects. *Medical Physics*. 42. 6(1). pp. 2786-28041. <https://doi.org/10.1118/1.4919441>
- (83) Alumuku L. (2020). Optimization of CT images for breast cancer screening using spectral imaging. Masters Dissertation. University of Surrey. doi: <https://doi.org/10.15126/thesis.00851849>
- (84) Kwan A., Boone JM., Shah N. (2005). Evaluation of x-ray scatter properties in a dedicated cone-beam breast CT scanner. *Medical Physics*. 32. 9. pp. 2967-2975. <https://doi.org/10.1118/1.1954908>
- (85) IEEE. Advancing Technology for Humanity, EMB, Human Breast Phantoms. Neira LM., Mays RO., Hagness SC. July/August 2017. <https://www.embs.org/pulse/articles/human-breast-phantoms/>
- (86) CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. MAMMOGRAPHIC ACCREDITATION PHANTOM. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/mammography/mammographic-accreditation-phantom/>
- (87) Supertech. Mammographic Accreditation Phantom - CIRS 015. The Required Standard for Image Quality Evaluations. 2022. <https://www.supertechx-ray.com/BreastImagingandMammography/QCC/CIRS015.php>

- (88) CRCPD's Committee on Quality Assurance in Diagnostic X-Ray (H-7). 2008. Q.A. Collectible, Mammography Phantom Image Quality Evaluation. https://cdn.ymaws.com/www.crcpd.org/resource/resmgr/docs/QA_Collectibles/MammoPhantomImageQualityEval.pdf
- (89) Khalifah KH., Brindhaban A., Saeed RA. (2014). Quality of images acquired with and without grid in digital mammography. *Radiol Phys Technol.* 1:109-13. doi: 10.1007/s12194-013-0238-x
- (90) CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. DIGITAL BREAST TOMOSYNTHESIS QC PHANTOM MODEL 021. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/mammography/digital-breast-tomosynthesis-qc-phantom/>
- (91) BCMarketplace. A unit of bc group international, inc., Digital Breast Tomosynthesis QC Phantom. 2022. <https://www.bcgroupestore.com/Digital-Breast-Tomosynthesis-QC-Phantom-See-NOTE-below-for-restrictions-P3082.aspx>
- (92) Khalifah KA., Brindabhan A., Mathew M., Davidson R. (2019). Validity of Using Accreditation Phantom in Quality Control of Digital Tomosynthesis. *J. Allied Health.* 48(1):e15-e19. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30826837/>
- (93) Bliznakova K., Russo P., Kamarianakis Z., Mettievier G., Requardt H., Bravin A., Buliev I. (2016). In-line phase-contrast breast tomosynthesis: a phantom feasibility study at a synchrotron radiation facility. *Phys Med Biol.* 61(16):6243-63. doi: 10.1088/0031-9155/61/16/6243
- (94) Asbeutah AM., Brindhaban A., AlMajran AA., Asbeutah SA. (2020). The effect of different exposure parameters on radiation dose in digital mammography and digital breast tomosynthesis: A phantom study. *Radiography (Lond).* (3):e129-e133. doi: 10.1016/j.radi.2019.12.004
- (95) Vancoillie L., Cockmartin L., Marshall N., Bosmans H. (2021). The impact on lesion detection via a multi-vendor study: A phantom-based comparison of digital mammography, digital breast tomosynthesis, and synthetic mammography. *Med Phys.* 48(10):6270-6292. doi: 10.1002/mp.15171
- (96) CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. ACR Digital Mammography Phantom Model 086. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/mammography/acr-digital-mammography-phantom/>
- (97) Tanguay J., Lalonde R., Bjarnason TA., Yang CYJ. (2019). Cascaded systems analysis of anatomic noise in digital mammography and dual-energy digital mammography. *Phys Med Biol.* 64(21):215002. doi: 10.1088/1361-6560/ab3fcd
- (98) Supertech. ACR Accreditation Mammo FFDM™ Phatom-Gammex. 2022. <https://www.supertechx-ray.com/BreastImagingandMammography/QCC/Gammex-Mammo-FFDM.php>
- (99) SUN NUCLEAR corporation. Mammography Compliance Phantoms. Mammo FFDM Phantom for Full Field Digital Mammograph. 2022. https://www.sunnuclear.com/uploads/documents/datasheets/Diagnostic/FFDM_Mammo_Phantom_011821.pdf
- (100) Lai CJ, Shaw CC, Geiser W, Chen L, Arribas E, Stephens T, Davis PL, Ayyar GP, Dogan BE, Nguyen VA, Whitman GJ, Yang WT. (2008). Comparison of slot scanning digital mammography system with full-field

- digital mammography system. *Med Phys.* 35(6):2339-46. doi: 10.1118/1.2919768
- (101) Faulkner K, Law J. (1994). A comparison of mammographic phantoms. *Br J Radiol.* 67(794):174-80. doi: 10.1259/0007-1285-67-794-174
- (102) Huda W, Sajewicz AM, Ogden KM, Scalzetti EM, Dance DR. (2002). How good is the ACR accreditation phantom for assessing image quality in digital mammography? *Acad Radiol.* 9(7):764-72. doi: 10.1016/s1076-6332(03)80345-8
- (103) Song SE, Seo BK, Yie A, Ku BK, Kim HY, Cho KR, Chung HH, Lee SH, Hwang KW. (2012). Which phantom is better for assessing the image quality in full-field digital mammography? American College of Radiology Accreditation phantom versus digital mammography accreditation phantom. *Korean J Radiol.* 13(6):776-83. doi: 10.3348/kjr.2012.13.6.776
- (104) Ślusarczyk-Kacprzyk W, Skrzyński W, Fabiszewska E. (2016). Evaluation of Doses and Image Quality in Mammography with Screen-Film, CR, and DR Detectors - Application of the ACR Phantom. *Pol J Radiol.* 81:386-91. doi: 10.12659/PJR.897304. eCollection 2016
- (105) Peo medical. Model 164A -Stereotactic Breast Biopsy Phantom- Gammex. 2022. <https://gotopeo.com/medical/medical-imaging-radiology/qa-phantoms/model-164a-stereotactic-breast-biopsy-phantom-gammex/>
- (106) Fischmann A., Siegnamm KC. (2010). Low-cost phantoms for training of stereotactic vacuum-assisted biopsy of the breast. *Clin Imaging.* 34(2):97-9. doi: 10.1016/j.clinimag.2009.03.011
- (107) Supertech. Stereotactic Mammographic Accreditation Phantom-Gammex 156D. 2022. <https://www.supertechx-ray.com/BreastImagingandMammography/QCC/Gammex-156D.php>
- (108) Roehrig H., Yu T., Krupinski E. (1995). Image quality control for digital mammographic systems: initial experience and outlook. *J Digit Imaging.* 8(2):52-66. doi: 10.1007/BF03168128
- (109) Artinis. DIGIMAM Phantom. Phantom to asses Digital Mammography. 2022. <https://www.phantoms.artinis.com/digimam-phantom>
- (110) Yumpu. DIGIMAM- IBA Dosimetry. 2022. <https://www.yumpu.com/en/document/view/29088440/digimam-iba-dosimetry>
- (111) Jakubiak RR., Gamba HR., Neves EB., Peixoto JE. (2013). Image quality, threshold contrast and mean glandular dose in CR mammography. *Phys Med Biol.* 58(18):6565-83. doi: 10.1088/0031-9155/58/18/6565
- (112) Artinis. CDMAM 4.0 & Analyser. Optimization and evaluation of digital mammography systems. 2022. <https://www.phantoms.artinis.com/cdmam-40-analyser>
- (113) Figl M., Semturs F., Kaar M., Hoffmann R., Floor-Westerdijk M., Brught R., Homolka P., Hummel J. (2015). On the dose sensitivity of a new CDMAM phantom. *Phys Med Biol.* 60(9):N177-85. doi: 10.1088/0031-9155/60/9/N177
- (114) Artinis. Geometric Distortion Phantom, Designed for evaluation of possible geometric distortions in mammography images. 2022. <https://www.phantoms.artinis.com/geometric-distortion-phantom>
- (115) Cesario GJ., Paixao L., Santos R., Chevalier M., Attie MR., Nogueira MS., Souza DN. (2021). Proposal of an algorithm to evaluate geometric distortion

- and artifact spreading in digital breast tomosynthesis. *Acta Radiol.* doi: 10.1177/02841851211041823
- (116) QUART. Quality Assurance in Radiological Technologies. QUART mam/digi EPQC. 2022. <https://quart.de/en/products/test-phantoms/mammography/quart-mam-digi-epqc>
- (117) Heras H., Schofer F., Tiller B., Chevalier M., Zwettler G., Semturs F. (2013). A phantom using titanium and Landolt rings for image quality evaluation in mammography. *Phys Med Biol.* 58(8):L17-30. doi: 10.1088/0031-9155/58/8/L17
- (118) QUART. Quality Assurance in Radiological Technologies. QUART Biopsy Phantom. 2022. <https://quart.de/en/products/test-phantoms/mammography/quart-biopsy-phantom>
- (119) Byl KM., Kruger JM., Kinns J., Nelson NC., Hauptman JG., Johnson CA. (2010). In vitro comparison of plain radiography, double-contrast cystography, ultrasonography, and computed tomography for estimation of cystolith size. *Am J Vet Res.* 71(3):374-80. doi: 10.2460/ajvr.71.3.374
- (120) QUART. Quality Assurance in Radiological Technologies. QUART mamFS. 2022. <https://quart.de/en/products/test-phantoms/mammography/quart-mamfs>
- (121) Heras H., Britta FS., Tiller B., Chevalier M., Zwettler G., Semturs F. (2013). A phantom using titanium and Landolt rings for image quality evaluation in mammography. *Phys Med Biol.* 58(8):L17-30. doi: 10.1088/0031-9155/58/8/L17
- (122) JRT Associates. Your Source, Your Solution. Mammographic Resolution Test Patterns. <https://jrtassociates.com/mammographicresolutiontestpatterns-2.aspx>
- (123) Rose SD., Sanchez AA., Sidky EY., Pan X. (2017). Investigating simulation-based metrics for characterizing linear iterative reconstruction in digital breast tomosynthesis. *Med Phys.* 44(9). <https://doi.org/10.1002/mp.12445>
- (124) Acciavatti RJ., Maidment AD. (2013). Oblique reconstructions in tomosynthesis. II. Super-resolution. *Med Phys.* 40(11):111912. doi: 10.1118/1.4819942
- (125) Law J. (1993). The influence of focal spot size on image resolution and test phantom scores in mammography. *Br J Radiol.* 66(785):441-6. doi: 10.1259/0007-1285-66-785-441
- (126) Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education, Product Data. US-4, Breast Ultrasound QA Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-4/
- (127) Sawai K., Nakajima H., Mizuta N., Sakaguchi K., Hacimine Y. (2004). Key issues in sentinel node biopsy for breast cancer. *Gan To Kagaku Ryoho.* 31(8):1271-4. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15332557/>
- (128) Cannon LM., Fagan AJ., Browne JE. (2011). Novel tissue mimicking materials for high frequency breast ultrasound phantoms. *Ultrasound Med Biol.* 37(1):122-35. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2010.10.005
- (129) Ruschin M., Davidson SR., Phounsy W., Yoo TS., Chin L., Pignol JP., Ravi A., McCann C. (2016). Technical Note: Multipurpose CT, ultrasound, and MRI breast phantom for use in radiotherapy and minimally invasive interventions. *Med Phys.* 43(5):2508. doi: 10.1118/1.4947124

- (130) Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-6, Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN". 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-6/
- (131) Gresens AA., Britt RC., Feliberti EC., Britt LD. (2012). Ultrasound-guided breast biopsy for surgical residents: evaluation of a phantom model. *J Surg Educ.* 69(3):411-5. doi: 10.1016/j.jsurg.2011.10.015
- (132) Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-9, Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-9/
- (133) Supertech. Breast Elastography Ultrasound Phantom CIRS 059. 2022. <https://supertechx-ray.com/Ultrasound/TrainingPhantoms/CIRS059.php>
- (134) CSP Medical. Breast Elastography Phantom. CIRS. 2022. <https://cspmedical.com/breast-elastography-phantom/>
- (135) CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. Breast Elastography Phantom Model 059. User Guide. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/>
- (136) Woo JH., Ko EY., Han BK. (2021). Comparison of 2 shear wave elastography systems in reproducibility and accuracy using an elasticity phantom. *Medicine (Baltimore).* 100(15):e24921. doi: 10.1097/MD.00000000000024921
- (137) Shahraki DP., Kumar V., Ghavami S., Urban MW., Alizad A., Guzina BB., Fatemi M. (2020). C-Elastography: In Vitro Feasibility Phantom Study. *Ultrasound Med Biol.* 46(7):1738-1754. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.02.005
- (138) Hendriks GAGM., Hollander B., Menssen J., Milkowski A., Hansen HHG., Korte CL. (2016). Automated 3D ultrasound elastography of the breast: a phantom validation study. *Phys Med Biol.* 61(7):2665-79. doi: 10.1088/0031-9155/61/7/2665
- (139) CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/ultrasound/ats-urethane/invenia-abus-phantom/>
- (140) Park KW., Ko EY., Park S., Han BK., Ko ES., Choi JS., Kwon MR. (2022). Reproducibility of Automated Breast Ultrasonography and Handheld Ultrasonography for Breast Lesion Size Measurement. *Ultrasound Q.* doi: 10.1097/RUQ.0000000000000568
- (141) Green CA., Goodsitt MM., Brock KK., Davis CL., Larson ED., Lau JH., Carson PL. (2018). Deformable mapping technique to correlate lesions in digital breast tomosynthesis and automated breast ultrasound images. *Med Phys.* 45(10):4402-4417. doi: 10.1002/mp.13113
- (142) He Y., Liu Y., Dyer BA., Boone JM., Liu S., Chen T., Zheng F., Zhu Y., Sun Y., Rong Y., Qiu J. (2019). 3D-printed breast phantom for multi-purpose and multi-modality imaging. doi: 10.21037/qims.2019.01.05
- (143) CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. BR3D Breast Imaging Phantom Model 020. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/mammography/br3d-breast-imaging-phantom/>

Βιβλιογραφία Εικόνων

Εικόνα 1: CIRS. MAMMOGRAPHIC ACCREDITATION PHANTOM. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/mammography/mammographic-accreditation-phantom/>

Εικόνα 2: Supertech. Mammographic Accreditation Phantom - CIRS 015. The Required Standard for Image Quality Evaluations. 2022. <https://www.supertechx-ray.com/BreastImagingandMammography/QCC/CIRS015.php>

Εικόνα 3: Supertech. Mammographic Accreditation Phantom - CIRS 015. The Required Standard for Image Quality Evaluations. 2022. <https://www.supertechx-ray.com/BreastImagingandMammography/QCC/CIRS015.php>

Εικόνα 4: CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. DIGITAL BREAST TOMOSYNTHESIS QC PHANTOM MODEL 021. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/mammography/digital-breast-tomosynthesis-qc-phantom/>

Εικόνα 5: BCMarketplace. A unit of bc group international, inc. Digital Breast Tomosynthesis QC Phantom. 2022. <https://www.bcgroupestore.com/Digital-Breast-Tomosynthesis-QC-Phantom-See-NOTE-below-for-restrictions-P3082.aspx>

Εικόνα 6: BCMarketplace. A unit of bc group international, inc.. Digital Breast Tomosynthesis QC Phantom. 2022. <https://www.bcgroupestore.com/Digital-Breast-Tomosynthesis-QC-Phantom-See-NOTE-below-for-restrictions-P3082.aspx>

Εικόνα 7: PubMed.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Digital%20Breast%20Tomosynthesis%20Phantom%20>

Εικόνα 8: CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. ACR Digital Mammography Phantom Model 086. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/mammography/acr-digital-mammography-phantom/>

Εικόνα 9: CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. ACR Digital Mammography Phantom Model 086. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/mammography/acr-digital-mammography-phantom/>

Εικόνα 10: CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. ACR Digital Mammography Phantom Model 086. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/mammography/acr-digital-mammography-phantom/>

Εικόνα 11: SUN NUCLEAR corporation. Mammography Compliance Phantoms. Mammo FFDM Phantom for Full Field Digital Mammograph. 2022. <https://www.sunuclear.com/products/mammography-compliance-phantoms>

Εικόνα 12: Supertech. ACR Accreditation Mammo FFDM™ Phatom-Gammex. 2022. <https://www.supertechx-ray.com/BreastImagingandMammography/QCC/Gammex-Mammo-FFDM.php>

Εικόνα 13: PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

Εικόνα 14: Peo medical. Model 164A -Stereotactic Breast Biopsy Phatom- Gammex. 2022. <https://gotopeo.com/medical/medical-imaging-radiology/qa-phantoms/model-164a-stereotactic-breast-biopsy-phantom-gammex/>

Εικόνα 15: PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Stereotactic%20Breast%20Biopsy%20Phantom&timeline=expanded>

Εικόνα 16: Supertech. Stereotactic Mammographic Accreditation Phantom-Gammex 156D. 2022. <https://www.supertechx-ray.com/BreastImagingandMammography/QCC/Gammex-156D.php>

Εικόνα 17: Supertech. Stereotactic Mammographic Accreditation Phantom-Gammex 156D. 2022. <https://www.supertechx-ray.com/BreastImagingandMammography/QCC/Gammex-156D.php>

Εικόνα 18: Artinis. DIGIMAM Phantom. Phantom to asses Digital Mammography. 2022. <https://www.phantoms.artinis.com/digimam-phantom>

Εικόνα 19: Yumpu. DIGIMAM - IBA Dosimetry. 2022. <https://www.yumpu.com/en/document/view/29088440/digimam-iba-dosimetry>

Εικόνα 20: PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Artinis%20Breast%20Phantom%20>

Εικόνα 21: Artinis. CDMAM 4.0 & Analyser. Optimization and evaluation of digital mammography systems. 2022. <https://www.phantoms.artinis.com/cdmam-40-analyser>

Εικόνα 22: Artinis. CDMAM 4.0 & Analyser. Optimization and evaluation of digital mammography systems. 2022. <https://www.phantoms.artinis.com/cdmam-40-analyser>

Εικόνα 23: Artinis. CDMAM 4.0 & Analyser. Optimization and evaluation of digital mammography systems. 2022. <https://www.phantoms.artinis.com/cdmam-40-analyser>

Εικόνα 24: Artinis. CDMAM 4.0 & Analyser. Optimization and evaluation of digital mammography systems. 2022. <https://www.phantoms.artinis.com/cdmam-40-analyser>

Εικόνα 25: Artinis. Geometric Distortion Phantom. Designed for evaluation of possible geometric distortions in mammography images. 2022. <https://www.phantoms.artinis.com/geometric-distortion-phantom>

Εικόνα 26: PubMed.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Geometric%20Distortion%20breast%20Phantom%20&timeline=expanded>

Εικόνα 27: QUART. Quality Assurance in Radiological Technologies, QUART mam/digi EPQC. 2022. <https://quart.de/en/products/test-phantoms/mammography/quart-mam-digi-epqc>

Εικόνα 28: Supertech. QUART mam/digi EPQC-12305. Technical & Clinical Mammography IQ Phantom. 2022. <https://www.supertechx-ray.com/BreastImagingandMammography/QCC/quart-mam-digi-epqc.php>

Εικόνα 29: Active Radsys. Software MammoPro. 2022. <https://www.activeradsys.com/tp/en/mammografia/software-quart-mammo-pro.html>

Εικόνα 30: PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=EPQC%20BREAST%20PHANTOM&timeline=expanded>

Εικόνα 31: QUART. Quality Assurance in Radiological Technologies, QUART Biopsy Phantom. 2022. <https://quart.de/en/products/test-phantoms/mammography/quart-biopsy-phantom>

Εικόνα 32: Supertech. QUART Biopsy Phantom-12311, Stereotactic Mammography Test Phantom. 2022. <https://www.supertechx-ray.com/BreastImagingandMammography/QCC/quart-biopsy-phantom.php>

Εικόνα 33: QUART. Quality Assurance in Radiological Technologies, QUART mamFS. 2022. <https://quart.de/en/products/test-phantoms/mammography/quart-mamfs>

Εικόνα 34: JRT Associates. Your Source, Your Solution. Mammographic Resolution Test Patterns. 2022. <https://jrtassociates.com/mammographicresolutiontestpatterns-2.aspx>

Εικόνα 35: PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Bar%20pattern%20Mammography%20&timeline=expanded>

Εικόνα 36: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-4, Breast Ultrasound QA Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-4/

Εικόνα 37: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-4, Breast Ultrasound QA Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-4/

Εικόνα 38: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-4, Breast Ultrasound QA Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-4/

Εικόνα 39: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-4, Breast Ultrasound QA Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-4/

Εικόνα 40: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-4, Breast Ultrasound QA Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-4/

Εικόνα 41: PubMed.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=%20Breast%20Ultrasound%20QA%20Phantom&timeline=expanded>

Εικόνα 42: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-6, Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN". 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-6/

Εικόνα 43: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-6, Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN". 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-6/

Εικόνα 44: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-6, Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN". 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-6/

Εικόνα 45: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-6, Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN". 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-6/

Εικόνα 46: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-6, Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN". 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-6/

Εικόνα 47: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-6, Breast Ultrasound Examination Phantom "BREAST FAN". 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-6/

Εικόνα 48: PubMed.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Breast%20Ultrasound%20phantom&timeline=expanded>

Εικόνα 49: 3-D MED. Learning Through Simulation, Breast Biopsy Training Model. 2022. <https://www.3-dmed.com/product/breast-biopsy-training-model/>

Εικόνα 50: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-9, Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-9/

Εικόνα 51: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-9, Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-9/

Εικόνα 52: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-9, Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-9/

Εικόνα 53: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-9, Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-9/

Εικόνα 54: Kyoto Kagaku. Crafting Solutions in Medical Education. Product Data. US-9, Ultrasound-Guided Breast Biopsy Phantom. 2022. https://www.kyotokagaku.com/en/products_data/us-9/

Εικόνα 55: PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=breast%20ultrasound%20biopsy%20phantom&timeline=expanded>

Εικόνα 56: CSP Medical. Breast Elastography Phantom. CIRS. 2022. <https://cspmedical.com/breast-elastography-phantom/>

Εικόνα 57: Supertech. Breast Elastography Ultrasound Phantom CIRS 059. 2022. <https://supertechx-ray.com/Ultrasound/TrainingPhantoms/CIRS059.php>

Εικόνα 58: Supertech. Breast Elastography Ultrasound Phantom CIRS 059. 2022. <https://supertechx-ray.com/Ultrasound/TrainingPhantoms/CIRS059.php>

Εικόνα 59: PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Breast+Elastography+Phantom>

Εικόνα 60: CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/ultrasound/ats-urethane/invenia-abus-phantom/>

Εικόνα 61: CIRS. Tissue Simulation & Phantom Technology. Invenia ABUS Phantom Model ATS UC-551M. 2022. <https://www.cirsinc.com/products/ultrasound/ats-urethane/invenia-abus-phantom/>

Εικόνα 62: PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=ABUS%20Phantom>