



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ
ΠΜΣ «Σύγχρονες Εφαρμογές στην Ιατρική Απεικόνιση»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τίτλος:

“ Μαστογραφία με σκιαγραφικό “

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ: ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ
ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ: ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ ΚΑΤΣΕΝΟΥ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: 21011

Αθήνα, Φεβρουάριος 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF HEALTH AND CARE SCIENCES
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES
DIVISION RADIOLOGY AND RADIOTHERAPY
MSc «Current Applications in Medical Imaging»

DISSERTATION

“ Contrast Enhanced Mammography “

SUPERVISOR: PERIKLIS PAPAVALASILEIOU

STUDENT: MAGDALINI KATSENOU

REGISTRATION NUMBER: 21011

Athens, February 2024

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΙΣΗΓΗΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

Περικλής Παπαβασιλείου
Αναπληρωτής Καθηγητής, Υπεύθυνος Συντονιστής

Γεωργία Οικονόμου
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Αθανάσιος Μπάκας
Αναπληρωτής Καθηγητής

Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Κάτσενου Μαγδαληνή του Χρυσόστομου με αριθμό μητρώου (ΑΜ) 21011 φοιτήτριας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών << Σύγχρονες Εφαρμογές στην ιατρική Απεικόνιση >> του Τομέα Ακτινολογίας-Ακτινοθεραπείας του Τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών, της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι :

<< Είμαι συγγραφέας της μεταπτυχιακής εργασίας με τίτλο <<ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΚΙΑΓΡΑΦΙΚΟΥ >> και ότι 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 σύνολο 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 συγγράφει 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 πτυχίου μου >>.

Η Δηλούσα



Μ α γ δ α λ η ν ή Κ ά τ σ ε ν ο υ

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας | 3 |
| Έκφραση ευχαριστιών | 7 |
| Περίληψη στην αγγλική γλώσσα | 9 |
| Κατάλογος εικόνων/σχημάτων | 10 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 19 |
| Κεφάλαιο 1 Ανατομία και Παθολογία του μαστού | 20 |
| 1.1 Η Ανατομία του μαστού | 20 |
| 1.2 Παθολογία του μαστού | 23 |
| Κεφάλαιο 2 Μαστογραφία (Τεχνική)..... | 28 |
| 2.1 Η εξέταση της μαστογραφίας | 28 |
| 2.1.1 Σύστημα μαστογράφου | 29 |
| 2.1.2 Η προετοιμασία και η διαδικασία λήψης | 31 |
| 2.1.3 Η μελέτη της μαστογραφίας..... | 32 |
| 2.2 Η εξέλιξη της μαστογραφίας..... | 34 |
| 2.2.1 Μέθοδοι εξέτασης του μαστού..... | 35 |
| Κεφάλαιο 3 Μαστογραφία με σκιαγραφικό | 39 |
| 3.1 Προετοιμασία και Τοποθέτηση | 39 |
| 3.1.1 Σκιαγραφικό μέσο | 41 |
| 3.2 Μαστογραφία με φασματική ανάλυση και ενίσχυση σκιαγραφικού μέσου (CESM)- Τεχνική Διπλής ενέργειας | 41 |
| 3.2.1 Μαστογραφία με χρονική ανάλυση και ενίσχυση σκιαγραφικού μέσου (CESM) | 45 |
| 3.2.2 Πλεονεκτήματα μαστογραφίας με χρήση σκιαγραφικού μέσου και αντενδείξεις | 46 |
| 3.2.3 Σύγκριση 2D mammography - CESM | 50 |
| 3.3 Χρήση CESM σε ασθενείς με αντενδείξεις για εξέταση μαγνητικής μαστογραφίας (MRI)..... | 52 |
| 3.3.1 Χρησιμότητα CEM | 53 |
| Κεφάλαιο 4 Ποιότητα εικόνας..... | 55 |
| 4.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα εικόνας στην ιατρική απεικόνιση..... | 55 |
| 4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα εικόνας της CEM | 56 |
| 4.3 Βελτίωση ποιότητας εικόνας στη CEM | 57 |

Βιβλιογραφία 60

Έκφραση ευχαριστιών

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται ο κύκλος των σπουδών μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών << Σύγχρονες Εφαρμογές στην Ιατρική Απεικόνιση >> του Τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών της Σχολής Επαγγελματιών Υγείας και Πρόνοιας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τόσο την οικογένεια μου για την στήριξη όσο και τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Περικλή Παπαβασιλείου Τεχνολόγο Ακτινολογίας Ακτινοθεραπείας (Αναπληρωτής Καθηγητής του τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής), για την καθοδήγηση του κατά την συγγραφή της εργασίας μου.

Περίληψη στην ελληνική γλώσσα

Η μαστογραφία με σκιαγραφικό (Contrast Enhanced Mammography CEM) αποτελεί μια εξέλιξη της συμβατικής μαστογραφίας. Ο συνδυασμός της ενδοφλέβιας χορήγησης σκιαγραφικού και η χρήση ακτίνων Χ την καθιστούν μια ενδιαφέρουσα τεχνική απεικόνισης με σκοπό την ανίχνευση καρκινικών αλλοιώσεων σε αρκετά πρώιμο στάδιο ενώ παράλληλα παρέχει την απαραίτητη διαγνωστική ακρίβεια. Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι τόσο η περιγραφή της συγκεκριμένης απεικονιστικής τεχνικής όσο και ο ρόλος της ως συμπληρωματική εξέταση. Πιο συγκεκριμένα, η μαστογραφία με σκιαγραφικό προσφέρει εκτίμηση της τοπικής έκτασης του καρκινικού όγκου και θα μπορούσε, υπό προϋποθέσεις, να αντικαταστήσει την μαγνητική τομογραφία μαστού. Από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης εξέτασης είναι η δυνατότητα διαφοροδιάγνωσης μεταξύ κακοήθων και καλοήθων όγκων με την συμβολή της σκιαγραφικής αντίθεσης που αναδεικνύει την ροή του αίματος εντός της βλάβης. Τα μειονεκτήματα της παρούσας μεθόδου αφορούν κυρίως την χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας όσο και την ενδοφλέβια χορήγηση ιωδιούχου σκιαγραφικού μέσου.

Λέξεις κλειδιά: μαστογραφία, σκιαγραφικό, ακτίνες Χ, δόση

Περίληψη στην αγγλική γλώσσα

Contrast enhanced mammography (CEM) is an evolution of conventional mammography. The injection of intravenous contrast and the use of X-rays make it an interesting imaging technique for the detection of cancerous lesions at an early stage while providing the necessary diagnostic accuracy. The aim of this thesis is both to describe this imaging technique and its role as a complementary test. More specifically, contrast-enhanced mammography offers an assessment of the local extent of the cancerous tumour and could possibly replace Breast MRI. One of the main advantages of this examination is the possibility of differentiating between malignant and benign tumours with the contribution of contrast enhancement that highlights the blood flow within the lesion. The disadvantages of this method concern the use of ionising radiation and the injection of intravenous contrast.

Key words: mammography, intravenous contrast, X rays, dose

Κατάλογος εικόνων/σχημάτων

| Α/Α | Περιγραφή | Σελίδα |
|------------|--|---------------|
| Εικόνα 1 | Πρόσθια όψη του μαστού (adipose tissue- λιπώδης ιστός, lymph nodes- λεμφαδένας, muscle-μυς, lobules- λοβοί ,ducts- πόροι ,areola-θηλή) | 17 |
| Εικόνα 2 | Πλάγια όψη του μαστού (muscle-μυς adipose fat- λιπώδης ιστός ducts- πόροι lobules- λοβοί) | 18 |
| Εικόνα 3 | Αγγείωση του μαστού (σχηματική απεικόνιση)Το αίμα μεταφέρεται στον μαστό μέσω των αρτηριών κόκκινο χρώμα και στη συνέχεια απομακρύνεται με τη βοήθεια των φλέβων μπλε χρώμα . Τα λεμφαγγεία απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα. | 19 |

| Α/Α | Περιγραφή | Σελίδα |
|----------|---|--------|
| Εικόνα 4 | Αγγείωση του μαστού (σχηματική απεικόνιση) (external mammary artery - εξωτερική μαστική αρτηρία, anterolateral intercostal perforators- προσθιοπλάγιες μεσοπλεύριες διαπιτραίνουσες αρτηρίες, lateral thoracic artery- πλευρική θωρακική αρτηρία , anteromedial intercostal perforator -πρόσθιομέση μεσοπλεύρια διαπιτραίνουσα αρτηρία - second internal mammary perforator- δεύτερη έσω μαστική διαπιτραίνουσα αρτηρία ,internal mammary perforator- έσω μαστική διαπιτραίνουσα αρτηρία) | 19 |
| Εικόνα 5 | Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται μια απλή κύστη μετά μέθοδο της μαστογραφίας.Στη δεξιά εικόνα απεικονίζεται απλή κύστη με υπερηχογράφημα | 21 |
| Εικόνα 6 | Απεικόνιση απλής κύστης μαστού με την χρήση μαγνητικής τομογραφίας σε ακολουθία T2 | 21 |
| Εικόνα 7 | Ινοαδένωμα σε γυναίκα 35 ετών με μαστογραφία | 22 |
| Εικόνα 8 | Απεικόνιση ινοαδενώματος με μαγνητική τομογραφία σε T1 ακολουθία. Παρατηρείται ομοιογενής εμπλουτισμός στην περιοχή του ινοαδενώματος | 22 |

| Α/Α | Περιγραφή | Σελίδα |
|------------|--|---------------|
| Εικόνα 9 | Διθητικός πορογενής καρκίνος σε γυναίκα 55 ετών με θετικό κληρονομικό ιστορικό. Ψηφιακή μαστογραφία όπου αναδείχθηκε σκίαση μέγιστης διαμέτρου 3εκ | 23 |
| Εικόνα 10 | Πορογενές καρκίνωμα in situ, εικόνα μαστογραφίας | 24 |
| Εικόνα 11 | Σύστημα μαστογραφίας αποτελούμενο από την μονάδα λήψης και τη μονάδα ελέγχου και επεξεργασίας της εικόνας | 27 |
| Εικόνα 12 | Σχηματική απεικόνιση της τοποθέτησης της εξεταζόμενης στο απεικονιστικό σύστημα του μαστογράφου προκειμένου να πραγματοποιηθεί η FACE λήψη | 29 |
| Εικόνα 13 | Σχηματική απεικόνιση των μυών γύρω από τον μαστό καθώς και της ουράς του Spence | 30 |
| Εικόνα 14 | Δείγμα μαστογραφικής εξέτασης όπου στην εικόνα (a) εμφανίζεται λοξή λήψη του δεξιού μαστού, στην εικόνα (b) εμφανίζεται μια FACE λήψη του δεξιού μαστού, στην εικόνα (c) εμφανίζεται FACE λήψη του αριστερού μαστού και τέλος στην εικόνα (d) εμφανίζεται λοξή λήψη του αριστερού μαστού | 30 |

| Α/Α | Περιγραφή | Σελίδα |
|-----------|---|--------|
| Εικόνα 15 | Στα δεξιά μια μαστογραφία από τον Stafford Warren χρησιμοποιώντας 50-60 kVp, 70 mA και 2,5 sec χρόνο έκθεσης και στα αριστερά μια εικόνα από το μηχάνημα που χρησιμοποιούσε ο Raul Leborgne για τη λήψη της μαστογραφίας το 1950 | 32 |
| Εικόνα 16 | Παράδειγμα πρωτοκόλλου ρουτίνας που εφαρμόζεται στην CEM | 37 |
| Εικόνα 17 | <p>Η αρχή της μαστογραφίας με σκιαγραφικό μέσο με χρήση διπλής ενέργειας.</p> <p>a) Σχηματισμός εικόνας στη μαστογραφία με σκιαγραφικό με τη μέθοδο της αφαίρεσης.</p> <p>b) πρωτόκολλο μαστογραφίας με σκιαγραφικό μέσο</p> | 40 |
| Εικόνα 18 | <p>a) φυσιολογική μαστογραφία ενισχυμένη με σκιαγραφική αντίθεση διπλής ενέργειας (μέσα και αριστερά σε λοξή και FACE όψη): απουσία παθολογικής ενίσχυσης. Λευκό βέλος: αγγεία- μαύρο βέλος: διάχυτη ενίσχυση της μήτρας b) FACE λήψη με συμπίεση σε τυπική μαστογραφία (αριστερά) και μαστογραφία με ενισχυμένη με σκιαγραφικό μέσο με τεχνική διπλής ενέργειας (δεξιά) του αριστερού μαστού: οζώδης ενίσχυση με κανονικό περίγραμμα (μαύρο βέλος) που δεν είναι σαφώς ορατή με την τυπική μαστογραφία: ινοαδένωμα</p> | 40 |

| Α/Α | Περιγραφή | Σελίδα |
|-----------|---|--------|
| Εικόνα 19 | <p>Η CEMM παράγει εικόνες χαμηλής ενέργειας (α) που ομοιάζουν με την συμβατική μαστογραφία (β) εμφανίζουν πρόσληψη ιωδιούχου σκιαγραφικού εντός του όγκου. Στην εικόνα (c) εμφανίζεται εικόνα MIP από εξέταση μαγνητικής τομογραφίας</p> | 41 |
| Εικόνα 20 | <p>Γυναίκα 67 ετών σε προσυμπτωματικό έλεγχο μαστού λόγω νέας, ύποπτη μάζα στο δεξί μαστό. A-D: Εικόνες χαμηλής ενέργειας E-H: ανασυνδυασμένες εικόνες. Έγιναν λήψεις(CC,MLO) και στον δεξί και στον αριστερό μαστό. Η μάζα είναι εμφανής στις εικόνες χαμηλής ενέργειας (βέλη στις A,D). Οι ανασυνδυασμένες εικόνες του δεξιού μαστού δείχνουν ενίσχυση στην περιοχή της βλάβης τόσο στην FACE όσο και στην PROFILE λήψη</p> | 41 |
| Εικόνα 21 | <p>Γυναίκα 65 ετών με διηθητικό πορώδες καρκίνωμα. Δεξιά, οι εικόνες με μαστογραφία ενισχυμένη με σκιαγραφικό διπλής ενέργειας σε FACE (CC) λήψη δείχνουν εκτεταμένη δεξιά οπισθοαρτηριακή ενίσχυση απέναντι από την κλινική βλάβη και μια ύποπτη μάζα που εμφανίζεται στην τυπική μαστογραφία. Ο αριστερός μαστός είναι φυσιολογικός</p> | 45 |

| Α/Α | Περιγραφή | Σελίδα |
|-----------|--|--------|
| Εικόνα 22 | <p>Γυναίκα 68 ετών με ιστορικό καρκίνου του μαστού αφαίρεσε τον δεξιό μαστό με χειρουργική επέμβαση. Η συμβατική μαστογραφία (αριστερά) δείχνει πυκνούς και δύσκολα αναλύσιμους μαστούς. Από την άλλη, οι εικόνες που λαμβάνονται από τη μαστογραφία με σκιαγραφικό διπλής ενέργειας δεν αποκαλύπτουν ενίσχυση, γεγονός που είναι καθησυχαστικό. Μετά από υπερηχογραφικό έλεγχο, το οποίο είναι φυσιολογικό και επιβεβαιώνει την προηγούμενη εξέταση</p> | 45 |
| Εικόνα 23 | <p>Γυναίκα 55 ετών με προηγηθείσα μαστεκτομή λόγω πορογενούς καρκινώματος. Στην αριστερή εικόνα, παρατηρείται φυσιολογική μαστογραφία με σκιαγραφικό καθώς και φυσιολογικό υπερηχογράφημα. Στην δεξιά εικόνα, παρατηρείται αδеноπάθεια μετά από εξέταση μαγνητικής τομογραφίας μαστού. Μετά από βιοψία, η τελική διάγνωση είναι καρκινωμάτωσης λεμφαγγειίτιδα</p> | 46 |

| Α/Α | Περιγραφή | Σελίδα |
|-----------|---|--------|
| Εικόνα 24 | <p>Παράδειγμα περιορισμού απεικόνισης μαζών που γειτνιάζουν με το θωρακικό τοίχωμα. Γυναίκα 53 ετών προσέρχεται με ψηλαφητή μάζα στον αριστερό μαστό στο κάτω έσω τεταρτημόριο. Μόνο στη λοξή λήψη της μαστογραφίας με σκιαγραφικό, απεικονίζεται μια περιοχή με μερική ενίσχυση δίπλα στο θωρακικό τοίχωμα (βέλος). (b) απεικόνιση της μάζας με υπέρηχο (c) ιστοπαθολογική ανάλυση ανέδειξε μάζα μεγέθους 2 cm</p> | 47 |
| Εικόνα 25 | <p>Παρουσίαση μαζών ως περιοχή ανώμαλης ενίσχυσης χρησιμοποιώντας CEM. Α) συμπαγής μάζα με σκιαγραφική ενίσχυση Β) περιφερικά ενισχυόμενη μάζα C) συνθέτη μυστική και συμπαγής μάζα με οζώδη ενίσχυση (βέλος)</p> | 48 |
| Εικόνα 26 | <p>Στην εικόνα (a) εμφανίζεται η κλινική εξέταση του μαστού. (b) Στον υπέρηχο αναδεικνύεται διάχυτη διήθηση του δερματικού όγκου (c) Η CESM αδυνατεί να διαφοροποιήσει τις ενδομυελικές βλάβες από τη δερμική επικάλυψη</p> | 49 |

| Α/Α | Περιγραφή | Σελίδα |
|-----------|--|--------|
| Εικόνα 27 | <p>Γυναίκα 55 ετών με υψηλό κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του μαστού. α) FACE και λοξές προβολές χρησιμοποιώντας τον τυπικό αλγόριθμο, εμφανίζεται ύποπτη περιοχή με σκιαγραφική ενίσχυση και διάχυτη ενίσχυση της μήτρας του μαστού β) FACE και λοξές προβολές χρησιμοποιώντας τον νέο αλγόριθμο εμφανίζοντας με την ίδια σκιαγραφική πρόσληψη χωρίς την διάχυτη ενίσχυση της μήτρας . Γυναίκα 62 ετών με πυκνούς μαστούς παρουσιάζει πρόσληψη σκιαγραφικού που αντιστοιχεί σε στρογγυλή βλάβη 7 mm πίσω από τη θηλή c) FACE και λοξές προβολές χρησιμοποιώντας τον τυπικό αλγόριθμο όπου ψευδένδειξη breast in breast d) FACE και λοξές προβολές χρησιμοποιώντας τον νέο αλγόριθμο όπου οι ψευενδείξεις εξαλείφονται και η βλάβη είναι πιο εμφανής.</p> | 54 |
| Εικόνα 28 | <p>Γυναίκα 53 ετών με πυκνό παρέγχυμα μαστών υποβλήθηκε σε CEM, ανακαλύπτοντας την παρουσία δυο κύστεων (βέλη) στην δεξιά εικόνα, ενώ δεν εκτιμήθηκαν στην εικόνα χαμηλής ενέργειας αριστερά</p> | 55 |

| Α/Α | Περιγραφή | Σελίδα |
|-----------|---|--------|
| Εικόνα 29 | Ψευδένδειξη του κυματισμού. Γυναίκα 65 ετών υποβλήθηκε σε CEM λόγω μη φυσιολογικών ευρημάτων στο δεξιό μαστό. Οι εναλλασσόμενες λευκές και μαύρες εικόνες στις λοξές λήψεις αντιπροσωπεύουν την ψευδένδειξη του κυματισμού (οβάλ) | 55 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

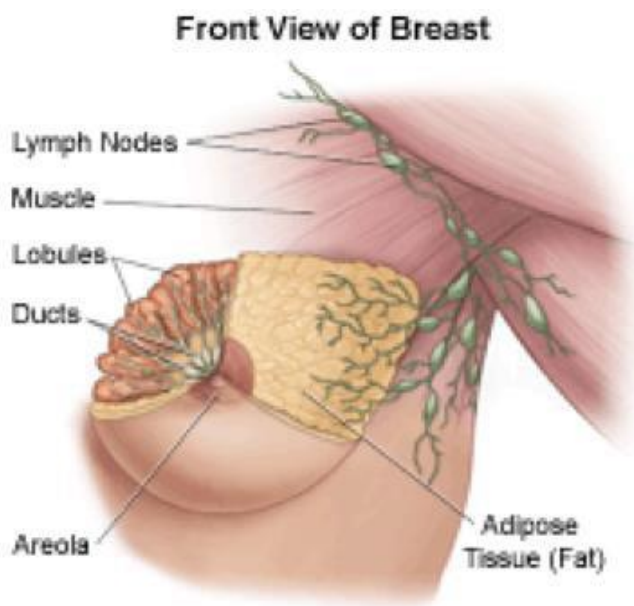
Η μαστογραφία αποτελεί μια πολύτιμη εξέταση με σημαντική κλινική αξία τόσο στην πρόληψη όσο και στην διάγνωση ενός πιθανού καρκίνου του μαστού. Η συνεχής εξέλιξη της μαστογραφίας είναι υψίστης σημασίας καθώς ο καρκίνος του μαστού αποτελεί την συχνότερη αιτία θανάτου στον γυναικείο πληθυσμό. Επίσης, οι διάφορες κακοήθειες του μαστού σχετίζονται άμεσα με την κληρονομικότητα με αποτέλεσμα όλο και περισσότερες γυναίκες να ξεκινούν τον προληπτικό έλεγχο του μαστού ακόμα και σε νέες ηλικίες. Η μαστογραφία με σκιαγραφικό είναι μια εξέλιξη της συμβατικής μαστογραφίας με την οποία επιτυγχάνεται βελτιωμένη αντίθεση. Η μαστογραφία με σκιαγραφικό περιλαμβάνει την χορήγηση ενδοφλέβιου ιωδιούχου σκιαγραφικού και την λήψη εικόνων χαμηλής και υψηλής ενέργειας (Τεχνική Διπλής Ενέργειας). Η συγκεκριμένη τεχνική προσφέρει βελτιωμένη διαγνωστική ακρίβεια ειδικά στην περίπτωση αξιολόγησης πυκνών μαστών ή στην περίπτωση που οι εικόνες της συμβατικής μαστογραφίας δίνουν αμφιλεγόμενα αποτελέσματα. Επιπλέον, η μαστογραφία με σκιαγραφικό μπορεί να εκτιμήσει τοπικά την έκταση του καρκινικού όγκου που αποτελεί ιδιαίτερη προϋπόθεση για την θεραπευτική αντιμετώπιση και είναι αποδεκτή από τις ασθενείς. Από την άλλη πλευρά, θα πρέπει να τονιστεί πως η μαστογραφία με σκιαγραφικό έχει κάποιους περιορισμούς όπως είναι η χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας, η υψηλή δόση, η χορήγηση ιωδιούχου σκιαγραφικού και οι πιθανές ψευδενδείξεις.

Περισσότερες πληροφορίες που αφορούν την τεχνική θα αναλυθούν στην συνέχεια.

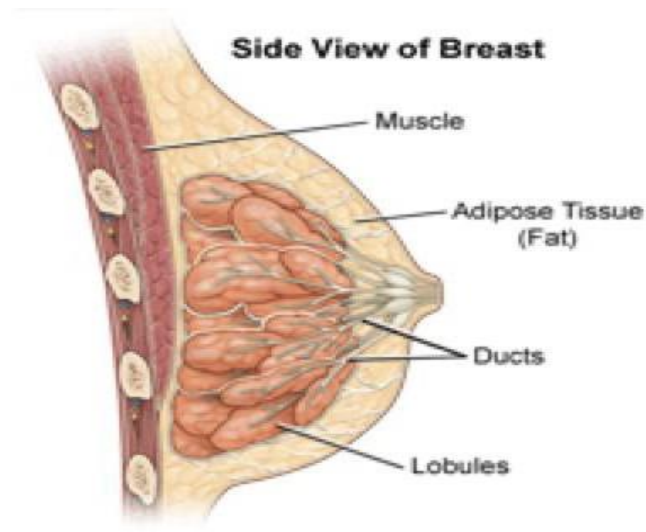
Κεφάλαιο 1 Ανατομία και Παθολογία του μαστού

1.1 Η Ανατομία του μαστού

Η θέση του μαστού εντοπίζεται μπροστά από το θωρακικό τοίχωμα και καλύπτει την περιοχή που εκτείνεται από την 2η έως την 7η πλευρά και από το έξω στερνικό χείλος έως την πρόσθια μασχαλιαία γραμμή . Ο αδένας του μαστού πλαισιώνεται από περιμαστικό λίπος και δέρμα και απαρτίζεται από 15-20 λοβούς. Κάθε λοβός ξεχωριστά διαθέτει έναν εκφορητικό πόρο, οποίος καταλήγει στην θηλή και στη συνέχεια διαμοιράζεται σε 20-30 λόβια. Η τελική πορολοβιακή μονάδα του μαζικού αδένος σχηματίζεται από τους πόρους και τα αδενικά λόβια που προκύπτουν από τα λόβια που έχουν προαναφερθεί (Βλάχος, 2000).



Εικόνα 1 : Πρόσθια όψη του μαστού (adipose tissue- λιπώδης ιστός, lymph nodes- λεμφαδένας, muscle-μυς, lobules- λοβοί ,ducts- πόροι ,areola-θηλή) (Johns Hopkins Medicine Organization).

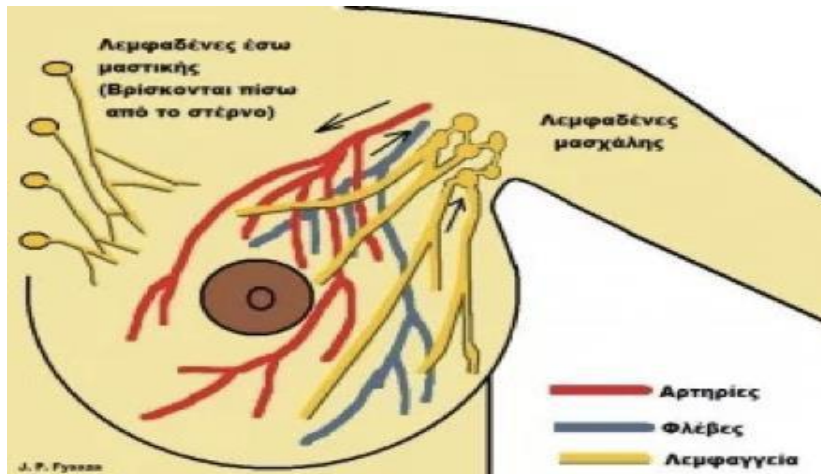


Εικόνα 2: Πλάγια όψη του μαστού (muscle- μυς adipose fat- λιπώδης ιστός ducts- πόροι lobules- λοβοί) (Johns Hopkins Medicine Organization).

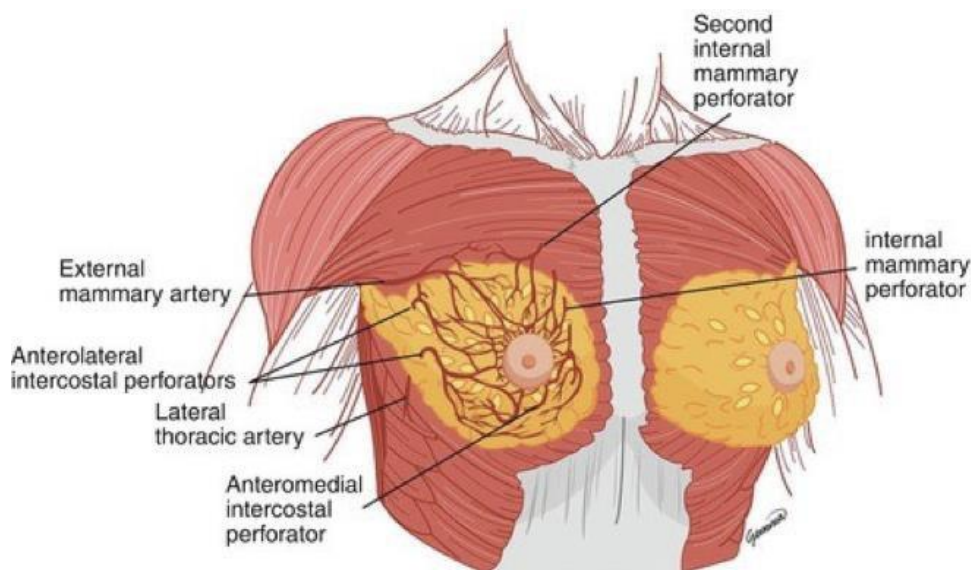
Όσον αφορά την αιμάτωση του μαστού, οι κλάδοι της έσω μαστικής, της ακρωμιοθωρακικής και της έσω πλάγιας θωρακικής αρτηρίας αποτελούν την βασική αιμάτωση του μαστού. Σχετικά με το φλεβικό σύστημα, οι φλέβες του μαστού δημιουργούν το επιπολής φλεβικό δίκτυο το οποίο καταλήγει στην έσω μαστική φλέβα καθώς και το εν τω βάθει φλεβικό δίκτυο το οποίο ακολουθεί το αρτηριακό σύστημα.

Ο μαστός αιματώνεται τόσο από την εσωτερική όσο και από την εξωτερική πλευρά, δηλαδή τόσο από την περιοχή του στέρνου όσο και από την περιοχή του άνω άκρου. Οι κλάδοι της μασχαιαίας αρτηρίας βρίσκονται στην εξωτερική πλευρά και οδηγούν το αίμα από την καρδιά προς το χέρι, διαπερνώντας την περιοχή της μασχάλης. Οι κλάδοι της έσω μαστικής αρτηρίας εντοπίζονται στην οπίσθια περιοχή των πλευρών και κινούνται παράλληλα με το στέρνο. Αφού το οξυγονωμένο αίμα μεταφέρει στους ιστούς τα απαραίτητα συστατικά οδηγείται με τη βοήθεια των φλέβων προς τη μασχαιαία φλέβα και στη συνέχεια στη καρδιά (Shiffman & M.A, 2014).

Επιπλέον, η λέμφος του μαστού καταλήγει στους μασχαιαίους και στους έσω μαστικούς λεμφαδένες, ξεκινώντας από ένα λεμφικό πλέγμα λεμφαγγείων (Βλάχος, 2000).



Εικόνα 3 : Αγγείωση του μαστού (σχηματική απεικόνιση) Το αίμα μεταφέρεται στον μαστό μέσω των αρτηριών κόκκινο χρώμα και στη συνέχεια απομακρύνεται με τη βοήθεια των φλέβων μπλε χρώμα . Τα λεμφαγγεία απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα (Μπούτου Αριστέρα. ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΣΤΟΥ ΜΕΤΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας , 2015).



Εικόνα 4: Αγγείωση του μαστού (σχηματική απεικόνιση) (external mammary artery - εξωτερική μαστική αρτηρία, anterolateral intercostal perforators- προσθιοπλάγιες μεσοπλεύριες διαπιτραίνουσες αρτηρίες, lateral thoracic artery-πλευρική θωρακική αρτηρία , anteromedial intercostal perforator -πρόσθιομέση μεσοπλεύρια διαπιτραίνουσα αρτηρία - second internal mammary perforator- δεύτερη έσω μαστική διαπιτραίνουσα αρτηρία ,internal mammary perforator- έσω μαστική διαπιτραίνουσα αρτηρία) (Μπούτου Αριστέρα. ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΣΤΟΥ ΜΕΤΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας , 2015).

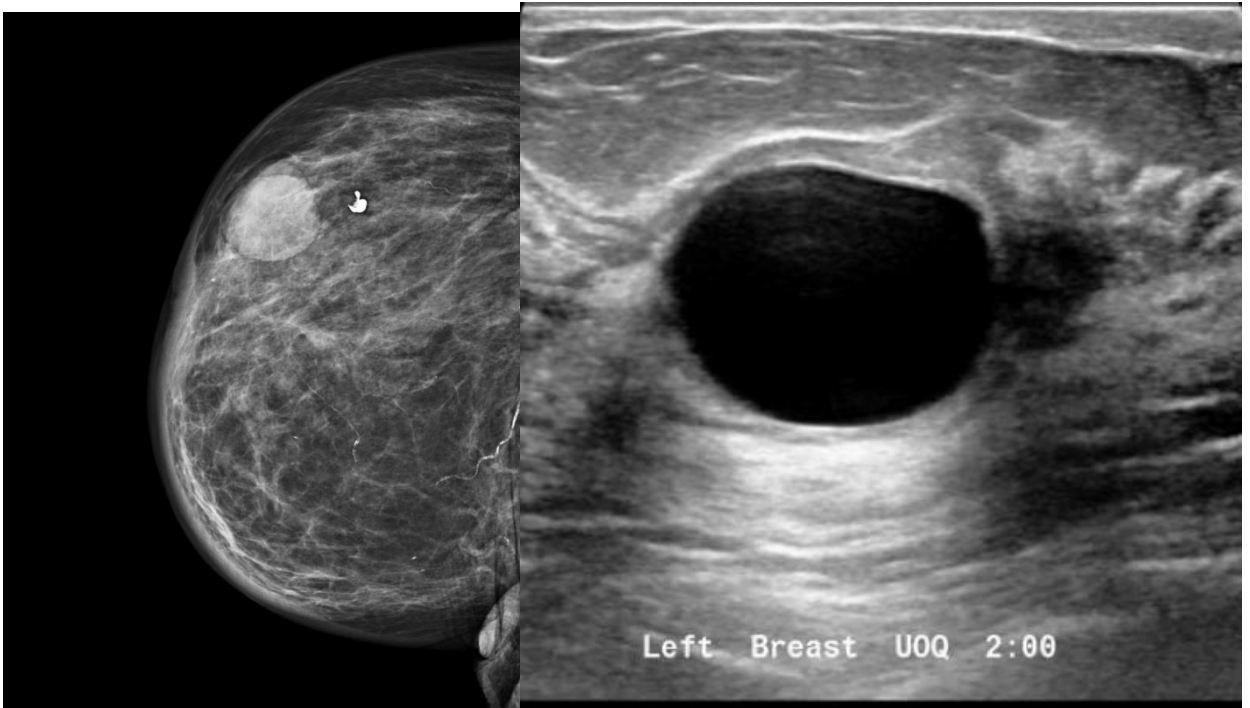
Η μαστογραφία αποτελεί την εξέταση εκλογής για την περιοχή του μαστού και έχει προσαρμοστεί ώστε να καλύπτει τις ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης περιοχής. Ο μαστός αποτελεί μια ιδιαίτερη περιοχή, όσον αφορά την απεικόνιση του, καθώς είναι έντονα ακτινοεύαισθητος και διαθέτει μία ξεχωριστή μορφολογία λόγω της παρόμοιας πυκνότητας και του ατομικού αριθμού των ιστών που τον αποτελούν. Αυτό οδηγεί σε απεικονιστικές τακτικές που διαφοροποιούν την μαστογραφία από τις άλλες απεικονιστικές εξετάσεις, λεπτομέρειες των οποίων θα αναλυθούν παρακάτω (Γεωργίου, 2014).

1.2 Παθολογία του μαστού

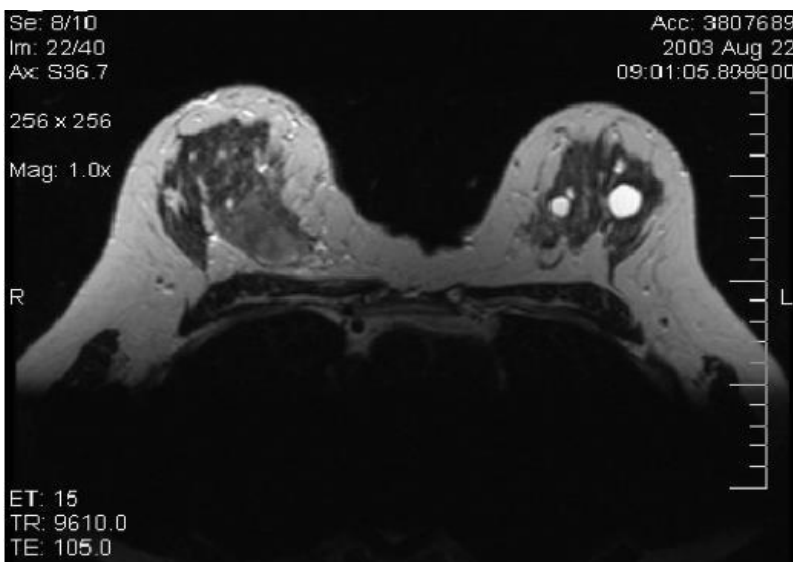
Ο ιστός του μαστού μπορεί να αναπτύξει ανωμαλίες, οι οποίες μπορούν να χαρακτηριστούν ως καλοήθειες ή ως κακοήθειες. Όσον αφορά τις καλοήθειες παθήσεις του μαστού, η παρουσία τους δεν συνδέεται με αυξημένη πιθανότητα ανάπτυξης καρκίνου του μαστού και οι ανωμαλίες αυτές εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα. Επίσης, ο καρκίνος του μαστού αποτελεί την συχνότερη μορφή καρκίνου στο γυναικείο πληθυσμό. Αυξημένα ποσοστά καρκίνου του μαστού συνδέονται με γυναίκες που έχουν σχετικό οικογενειακό ιστορικό. Οι διάφορες παθολογίες του μαστού αναφέρονται στη συνέχεια.

1- Απλή Κύστη

Η απλή κύστη αποτελεί μια κοιλότητα, η οποία περιλαμβάνει καθαρό υγρό. Συνήθως, πρόκειται για μια καλοήγη εξεργασία του γυναικείου μαστού. Εμφανίζεται κατά την απουσία ισορροπίας ανάμεσα στην έκκριση και την απορρόφηση με διάταση και σύμπτυξη των τελικών πόρων του μαστού. Η διάγνωση της απλής κύστης μπορεί να πραγματοποιηθεί με την βοήθεια της μαστογραφίας, του υπερηχογραφήματος και της μαγνητικής τομογραφίας. Στην μαστογραφία παρατηρείται μια μάζα σε ωοειδές σχήμα με σαφή όρια, ακτινοσκοιερή που περιβάλλεται από την ακτινοδιαγνωστική άλω. Στο υπερηχογράφημα τα ευρήματα είναι κοινά με την μαστογραφία με την διαφορά ότι μπορεί να γίνουν διακριτά λεπτά διαφραγμάτια εντός της κύστης. Στην περίπτωση της μαγνητικής τομογραφίας στην ακολουθία T1 παρατηρείται χαμηλής έντασης σήμα ενώ στην ακολουθία T2 παρατηρείται σήμα υψηλής έντασης. Η πρόγνωση της απλής κύστης, στην περίπτωση που δεν εξαλλαγεί σε κακοήθεια, είναι η αυτόματη απορρόφηση από τον οργανισμό ή η αναρρόφηση στην περίπτωση που αυξηθεί σε μέγεθος (Δρεβελέγκας, 2012).



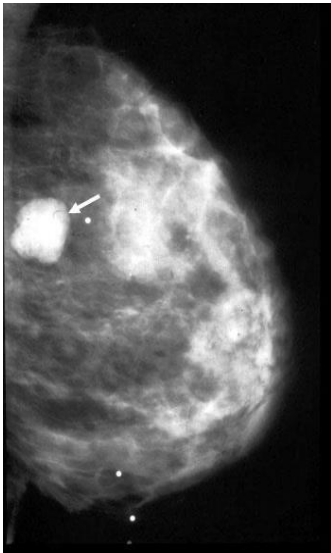
Εικόνα 5: Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται μια απλή κύστη μετά μέθοδο της μαστογραφίας. Στη δεξιά εικόνα απεικονίζεται απλή κύστη με υπερηχογράφημα (Radiopaedia Organization).



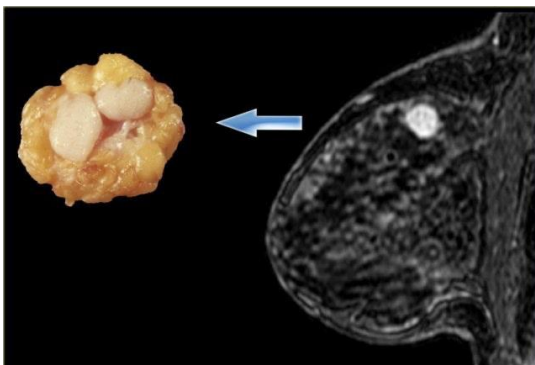
Εικόνα 6: Απεικόνιση απλής κύστης μαστού με την χρήση μαγνητικής τομογραφίας σε ακολουθία T2 (Researchgate.Net, 2004).

2 - Ινοαδένωμα

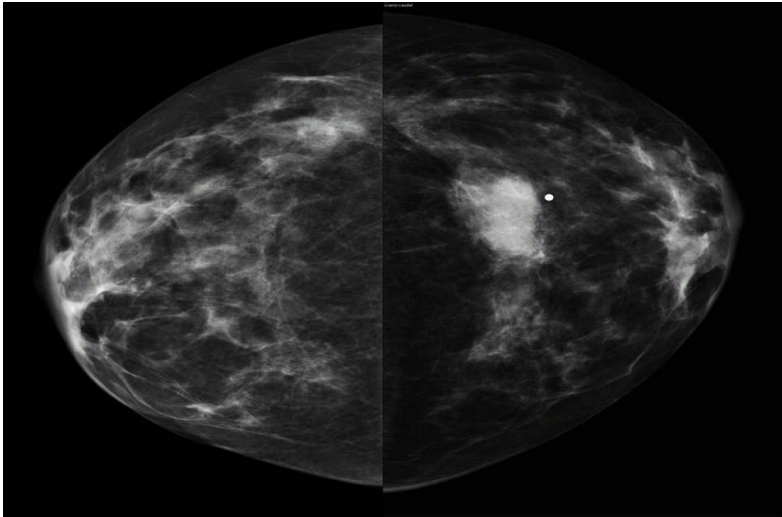
Το ινοαδένωμα είναι ένας καλοήθης ινοεπιθηλιακός όγκος. Η περίπτωση εξαλλαγής του σε κακοήγη όγκο είναι πολύ μικρή και εμφανίζεται συχνότερα σε γυναίκες ηλικίας μικρότερης των 30 ετών. Η διάγνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί με μαστογραφία, με υπερηχογράφημα και με μαγνητική τομογραφία. Τα ακτινολογικά ευρήματα της μαστογραφίας περιλαμβάνουν μια ακτινοσκιερή μάζα με σαφή όρια και εμφάνιση αποπιτανώσεων. Στο υπερηχογράφημα εμφανίζεται υπόηχη βλάβη με ομαλά όρια και πιθανή ανάδειξη αποπιτανώσεων. Στην μαγνητική τομογραφία, το ινοαδένωμα εμφανίζεται με χαμηλό σήμα στην T1 και T2 ακολουθία με χαμηλό ή καθόλου εμπλουτισμό (Δρεβελέγκας, 2012).



Εικόνα 7 : Ινοαδένωμα σε γυναίκα 35 ετών με μαστογραφία (*Researchgate.Net*, 2008)



Εικόνα 8 : Απεικόνιση ινοαδενώματος με μαγνητική τομογραφία σε T1 ακολουθία. Παρατηρείται ομοιογενής εμπλουτισμός στην περιοχή του ινοαδενώματος (*radiologyassistant.nl*).



β. Περίπτωση διηθητικού πορογενούς καρκίνου σε γυναίκα ηλικίας 55 ετών με θετικό κληρονομικό ιστορικό. Ψηφιακή μαστογραφία ανέδειξε σκίαση μεγίστης διαμέτρου 3.0εκ.

Εικόνα 9. Διηθητικός πορογενής καρκίνος σε γυναίκα 55 ετών με θετικό κληρονομικό ιστορικό. Ψηφιακή μαστογραφία όπου αναδείχθηκε σκίαση μέγιστης διαμέτρου 3εκ.(mammography.gr)

3- Διηθητικό Πορογενές καρκίνωμα

Το διηθητικό πόρογενες καρκίνωμα παρατηρείται συνήθως στους τελικούς γαλακτοφόρους πόρους και διηθεί την επιθηλιακή βασική μεμβράνη. Ο συγκεκριμένος τύπος καρκίνου αποτελεί το 75% των καρκίνων του μαστού και αφορά ηλικίες 50-60 ετών. Η θεραπεία που ακολουθείται είναι το χειρουργείο σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία και χημειοθεραπεία. Κατά την εξέταση της μαστογραφίας παρατηρείται μια μάζα με μη σαφή και ανώμαλα όρια και μικρές αποτιτανώσεις . Ο υπέρηχος αναδεικνύει μάζα με ανώμαλα και ασαφή όρια, υποηχοική με οπίσθια ακουστική σκιά. Τέλος, στη μαγνητική τομογραφία παρατηρείται μάζα με ακτινωτά όρια που παρουσιάζει ανομοιογενή εμπλουτισμός στις T1 και T2 ακολουθίες με πρώιμη πρόσληψη και γρήγορη έκπλυση του (Δρεβελέγκας, 2012).

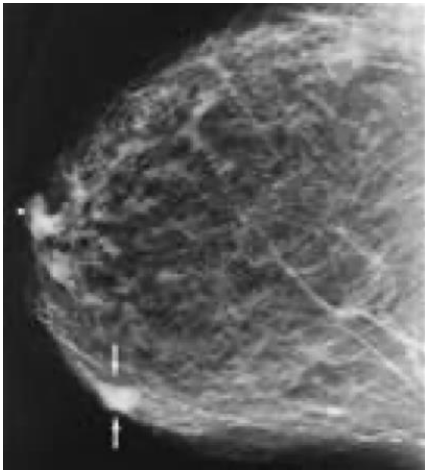
4- Διηθητικό Λοβιακό καρκίνωμα

Στο διηθητικό λοβιακό καρκίνωμα , τα κύτταρα του όγκου εμφανίζουν γραμμοειδή διάταξη και τείνουν να αναπτύσσονται κυκλοτερώς πέριξ των πόρων και των λοβίων του μαστού. Συνήθως, εμφανίζεται σε ηλικίες μεταξύ της δεκαετίας 50-60 ετών αλλά υπάρχει πιθανότητα να εμφανιστεί σε οποιαδήποτε ηλικία. Η θεραπεία περιλαμβάνει ακτινοθεραπεία και χημειοθεραπεία σε συνδυασμό με χειρουργική εξαίρεση. Το διηθητικό λοβιακο καρκίνωμα εμφανίζει οζώδη και διηθητική μορφή. Η μαστογραφία στην περίπτωση της οζώδους μορφής αναδεικνύει ωοειδής μάζα

με ακτινωτά όρια που σπάνια εμφανίζει αποτιτανώσεις. Στην διηθητική μορφή παρατηρείται ασυμμετρία και αναδεικνύονται αποτιτανώσεις (Δρεβελέγκας, 2012).

5- Πορογενές καρκίνωμα in situ

Το πορογενές καρκίνωμα in situ αποτελεί η υπερπλασία των επιθηλιακών κυττάρων των πόρων που περιορίζεται εντός των γαλακτοφόρων πόρων χωρίς να επεκτείνεται προς τη βασική επιθηλιακή μεμβράνη. Το 7-10 % των καρκίνων του μαστού. Η επιβίωση υπολογίζεται μεγαλύτερη από 98 %. Η θεραπεία περιλαμβάνει παρακολούθηση και στερεοτακτική βιοψία. Τα ακτινολογικά ευρήματα της μαστογραφίας εμφανίζουν μικροαποτιτανώσεις σε γραμμοειδή ή τμηματική κατανομή (Δρεβελέγκας, 2012).



Εικόνα 10: Πορογενές καρκίνωμα in situ, εικόνα μαστογραφίας (Breastsurgery.gr)

Κεφάλαιο 2 Μαστογραφία (Τεχνική)

2.1 Η εξέταση της μαστογραφίας

Ο καρκίνος του μαστού αποτελεί την συχνότερη κακοήθεια που εμφανίζεται στον γυναικείο πληθυσμό. Η εξέλιξη της τεχνολογίας όμως ανέπτυξε τα εργαλεία ώστε ο καρκίνος του μαστού να μπορεί να εντοπιστεί σε πρόωρο στάδιο και η εξέταση της μαστογραφίας προστέθηκε στις εξετάσεις προληπτικού ελέγχου των γυναικών. Οι προληπτικές μαστογραφίες υψηλής ποιότητας και η κλινική εξέταση του μαστού είναι οι πιο αποτελεσματικοί τρόποι προληπτικού ελέγχου για τον καρκίνο του μαστού. Ένας επιπλέον τρόπος εξέτασης είναι η αυτοεξέταση του μαστού, δηλαδή ο έλεγχος των μαστών για εξογκώματα ή περίεργες αλλαγές από την ίδια την γυναίκα. Βέβαια προς ενημέρωση των γυναικών, το στήθος μπορεί να παρουσιάσει διάφορες αλλαγές ανά διαστήματα ανάλογα με την διάρκεια της εμμήνου ρύσεως, την φαρμακευτική αγωγή, την περίπτωση εγκυμοσύνης ή εμμηνόπαυσης (Ben-Dror, J et al., 2022).

Η συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του μαστού αυξάνεται αναλογικά με την ηλικία των γυναικών, τονίζοντας πως το 60% των περιπτώσεων εμφανίζεται σε γυναίκες άνω των 60 ετών. Κάποιοι από τους επιβαρυντικούς παράγοντες που σχετίζονται με προδιάθεση ανάπτυξης καρκίνου του μαστού είναι τα κορεσμένα λιπαρά οξέα, η πρόωγη εμφάνιση εμμήνου ρύσεως, η έλλειψη τεκνοποίησης, η ιοντίζουσα ακτινοβολία, η κληρονομικότητα και η καθυστερημένη εμμηνόπαυση (Βλάχος, 2000).

Η μαστογραφία αποτελεί την κατάλληλη εξέταση για την πραγματοποίηση πληθυσμιακού ελέγχου συγκριτικά με άλλες εξετάσεις καθώς αποτελεί μια χαμηλού κόστους εξέταση. Η συμβολή της μαστογραφίας είναι πολύ σημαντική καθώς η θνητότητα λόγω καρκίνου του μαστού μειώθηκε κατά 40% χάρη στην πρόληψη που προσφέρει. Θα πρέπει επίσης να τονιστεί πως η συγκεκριμένη εξέταση χρησιμοποιεί ιοντίζουσα ακτινοβολία μέσω της χρήσης ακτίνων Χ. Για τον λόγο αυτό, οι μαστοί επιβαρύνονται με δόση μικρότερη από 6 mGy ετησίως. Φυσικά, το όφελος της μαστογραφίας όσον αφορά την πρόληψη του καρκίνου του μαστού είναι σαφώς μεγαλύτερο σε σχέση με την ακτινική επιβάρυνση που δέχεται η εξεταζόμενη (Πεκτασίδης, 2017).

Η μαστογραφία αποτελεί μια απεικονιστική μέθοδο εξέτασης των μαστών που επιτυγχάνεται με την λήψη προβολικών εικόνων. Η συγκεκριμένη απεικονιστική μέθοδος βασίζεται στη χρήση δέσμη ακτίνων Χ. Η συμβολή της μαστογραφίας είναι πολύ σημαντική καθώς καθιστά δυνατή την διάγνωση αλλοιώσεων σε μέγεθος που είναι αδύνατο να ψηλαφηθεί από την ίδια την γυναίκα ή από τον εξειδικευμένο γιατρό της. Στις ακτινολογικές εξετάσεις, (πχ ακτινογραφία, αξονική τομογραφία, ακτινοσκόπηση) είναι μεγάλης σημασίας η χρήση όσο το δυνατόν χαμηλότερης δόσης κατά τη λήψη της εξέτασης ώστε ο ασθενής να έχει τη χαμηλότερη δυνατή ακτινική επιβάρυνση. Στην περίπτωση της μαστογραφίας η ανάγκη αυτή είναι ακόμα πιο σημαντική καθώς ο μαστός χαρακτηρίζεται από υψηλή ακτινοευαισθησία και περιλαμβάνει από ιστούς με χαμηλό συντελεστή εξασθένησης (λιπώδης ιστός, μαστικός αδένας) αλλά και παραπλήσια πυκνότητα και ατομικό αριθμό. Το γεγονός αυτό περιορίζει την ενέργεια ακτίνων Χ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εξέταση, καθώς οι υψηλές ενέργειες μειώνουν την αντίθεση μεταξύ παραπλήσιων δομών, με αποτέλεσμα να μην αναδεικνύονται οι μικρές λεπτομέρειες που διαφοροποιούν τον φυσιολογικό από τον καρκινικό ιστό (Γεωργίου, 2014).

2.1.1 Σύστημα μαστογράφου

Το σύστημα του μαστογράφου χωρίζεται στο σώμα του μαστογράφου εντός του οποίου βρίσκεται η γεννήτρια και πάνω στο σώμα τοποθετείται η τράπεζα χειρισμού και το ακτινοπροστατευτικό φύλλο από μολυβδύαλο. Η λυχνία ακτίνων Χ που χρησιμοποιείται παράγει ακτινοβολία Χ χαμηλής ενέργειας (25-30 KeV). Αυτό επιτυγχάνεται από την περιστρεφόμενη άνοδο και την εστία από **μολυβδαίνιο (Mo)** παράγουν χαρακτηριστική ακτινοβολία με φασματικές γραμμές ενέργειας : $K\alpha= 17,5$ και $K\beta= 19,6$ KeV . Εκτός, από την άνοδο μολυβδαίνιου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και άνοδος **βολφραμίου (W)** με την οποία επιτυγχάνεται ίδια αντίθεση χρησιμοποιώντας 23 KVp , χωρίς την χρήση αντιδιαχυτικού διαφράγματος. Θα πρέπει να τονιστεί πως παρόλο που η άνοδος Βολφραμίου χρησιμοποιεί μικρότερη τιμή KVp σε σχέση με την άνοδο Μολυβδαίνιου, απαιτεί περισσότερη ακτινοβολία για την παραγωγή εικόνας ίδιας αντίθεσης. Η αντίθεση αυτή επιτυγχάνεται στην περίπτωση της άνοδου Mo , χωρίς την χρήση αντιδιαχυτικού διαφράγματος, χρησιμοποιώντας 27 KVp (Kimme-Smith, C. *et al.* 1989). Η λυχνία ακτίνων Χ του μαστογράφου μπορεί να περιλαμβάνει άνοδο **Ρόδιου (Rh)** με φίλτρο Rh που χρησιμοποιείται συνήθως για πυκνότερους μαστούς καθώς το Ρόδιο παράγει πιο διεισδυτική δέσμη ακτίνων Χ. Το ρόδιο παράγει χαρακτηριστική ακτινοβολία με φασματικές γραμμές : $K\alpha= 20,3$ KVp $K\beta= 22,7$ KVp. Οι

μαστογραφίες που λαμβάνονται με συνδυασμό ανόδου Ροδίου και φίλτρου Ροδίου παρουσιάζουν μείωση της αντίθεσης καθώς και μείωση της μέσης αδενικής δόσης. Στις περιπτώσεις γυναικών με πυκνούς μαστούς, οι μαστογραφίες Rh/Rh είναι ισodύναμες ή και καλύτερες από τις μαστογραφίες που λαμβάνονται με συνδυασμό Mo/Mo (Kimme-Smith C *et al.*,1994).

Επίσης, η **γεννήτρια** του μαστογράφου είναι υψηλής τάσης ώστε να παράγονται υψηλά mA που οδηγούν σε μικρότερο χρόνο έκθεσης. Επιπρόσθετα, η χρήση **φίλτρων** είναι πολύ σημαντική καθώς αποκόπτουν τα φωτόνια χαμηλής ενέργειας και μειώνουν την ακτινική επιβάρυνση του μαστού. Ένα βασικό εξάρτημα του μαστογράφου είναι το **σύστημα συμπίεσης του μαστού**, το οποίο ακινητοποιεί και συμπιέζει τον μαστό ώστε η πηγή αντίθεσης να προέρχεται από τους ιστούς που περιέχονται στον μαστό και όχι από την διαφορά πάχους. Σε παλιότερα μηχανήματα μαστογράφων, πριν την ψηφιακή μαστογραφία, σημαντικά στοιχεία είναι επίσης το **αντιδιαχυτικό διάφραγμα** το οποίο αποκόπτει τα φωτόνια χαμηλής ενέργειας τα οποία θα δημιουργήσουν ψευδενδείξεις στην εικόνα καθώς και το **σύστημα ενισχυτικής πινακίδας - φιλμ**. Στην περίπτωση της ψηφιακής μαστογραφίας, το φιλμ αντικαθίσταται από **ημιαγωγούς** (Γεωργίου, 2014).



Εικόνα 11 : Σύστημα μαστογραφίας αποτελούμενο από την μονάδα λήψης και τη μονάδα ελέγχου και επεξεργασίας της εικόνας (Metropolitan-general.gr).

2.1.2 Η προετοιμασία και η διαδικασία λήψης

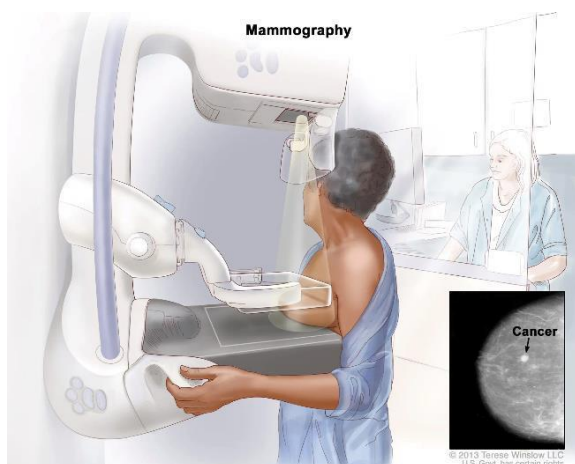
Γνωρίζοντας πως ο καρκίνος του μαστού είναι από τους πιο συχνούς καρκίνους που εμφανίζονται στις γυναίκες, η πρόληψη είναι πολύ σημαντική τόσο στην εξέλιξη όσο και στην θεραπεία της νόσου. Η πρώτη μαστογραφία αναφοράς πρέπει να λαμβάνεται μεταξύ των ηλικιών 30-39 ετών σε γυναίκες που δεν εμφανίζουν συμπτώματα. Προοδευτικά, όσο αυξάνεται η ηλικία της γυναίκας, οι μαστογραφίες γίνονται συχνότερες. Στη συνέχεια θα αναφερθούν διάφορες πληροφορίες που αφορούν την εξέταση της μαστογραφίας καθώς και σημαντικές οδηγίες που πρέπει να ακολουθούνται πριν αλλά και κατά τη διάρκεια της μαστογραφίας.

Πριν την εξέταση της μαστογραφίας υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται:

- Το ραντεβού είναι προτιμότερο να προγραμματίζεται την περίοδο που ο μαστός θα είναι λιγότερο ευαίσθητος ή πρησμένος, που συνήθως παρατηρείται μια βδομάδα μετά το τέλος της εμμηνου ρύσεως.
 - Εάν υπάρχουν παλιότερες μαστογραφίες, προτρέπεται να δίνονται μαζί με την νέα μαστογραφία στον ακτινολόγο που θα τις εξετάσει ώστε να μπορεί να τις συγκρίνει.
 - Συνίσταται να μην χρησιμοποιείται αποσμητικό , κρέμα ή λοσιόν από την εξεταζόμενη καθώς μπορεί να περιέχονται μεταλλικά σωματίδια τα οποία μπορεί να απεικονιστούν στην μαστογραφία δημιουργώντας αμηχανία (Mayo Clinic Organization, 2023).
 - Στην περίπτωση που υπάρχει κάποια ενόχληση στους μαστούς , προτείνεται η ενημέρωση του υπεύθυνου τεχνολόγου.
 - Μετά τη λήξη της εξέτασης ενημερωνόμαστε για την ημερομηνία έκδοσης των αποτελεσμάτων, και δεν θεωρούμε τα ευρήματα φυσιολογικά εκτός αν αυτή η υπόθεση επιβεβαιωθεί από τον υπεύθυνο ιατρό.
 - Στην περίπτωση εγκυμοσύνης ή θηλασμού πρέπει να ενημερωθεί ο επιβλέπων ιατρός ή ο τεχνολόγος καθώς ο μαστός δεν πρέπει να ακτινοβοληθεί (RadiologyInfo Organization, 2023).
- Πως γίνεται η λήψη της μαστογραφίας ;

Αρχικά, τα ρούχα και τα κοσμήματα της ασθενούς θα πρέπει να αφαιρεθούν από τη μέση και πάνω. Στη συνέχεια, με τη χρήση του πιέστρου, ο μαστός συμπιέζεται (εξασφαλίζοντας ίσο πάχος σε όλη την επιφάνεια του μαστού) και ακινητοποιείται. Η πίεση αυτή προκαλεί ήπιο πόνο στην εξεταζόμενη, ο οποίος διαρκεί μικρό χρονικό διάστημα χωρίς να οδηγεί σε μόνιμη βλάβη. Συνήθως λαμβάνονται από τον τεχνολόγο δύο λήψεις μία FACE (ή κεφαλουραία) και μια PROFILE (ή πλάγια) σε κάθε μαστό (45°).

Η εξέταση της μαστογραφίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με σκοπό τον **προληπτικό έλεγχο** ή τη **διάγνωση**. Ο τρόπος που γίνεται η λήψη της εξέτασης διαφέρει σε αυτές τις δυο περιπτώσεις. Αρχικά, πρέπει να τονιστεί πως χρησιμοποιείται και στις δυο εξετάσεις το ίδιο μηχάνημα μαστογράφου. Στην περίπτωση της διαγνωστικής μαστογραφίας πραγματοποιούνται λήψεις των μαστών από πολλές γωνίες με αποτέλεσμα ο χρόνος λήψης της εξέτασης να είναι μεγαλύτερος άρα και η ακτινική επιβάρυνση θα αυξημένη. Επίσης, στη διαγνωστική μαστογραφία δίνεται η δυνατότητα μεγέθυνσης σε περιοχή που μπορεί να δείχνει προβληματική ώστε να ληφθεί μία εικόνα πιο αναλυτική και να αξιολογηθεί αργότερα από τον ιατρό (Zubor *et al.*, 2019).

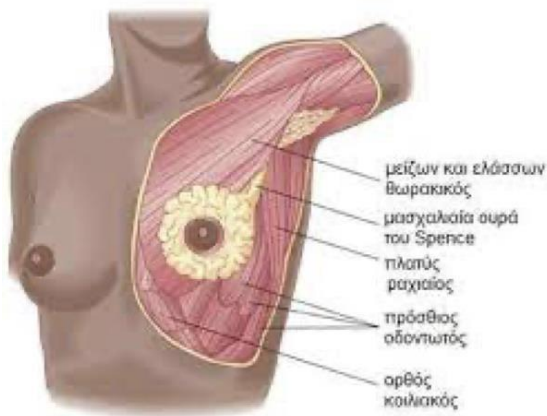


Εικόνα 12: Σχηματική απεικόνιση της τοποθέτησης της εξεταζόμενης στο απεικονιστικό σύστημα του μαστογράφου προκειμένου να πραγματοποιηθεί η FACE λήψη (American College Of Surgeons).

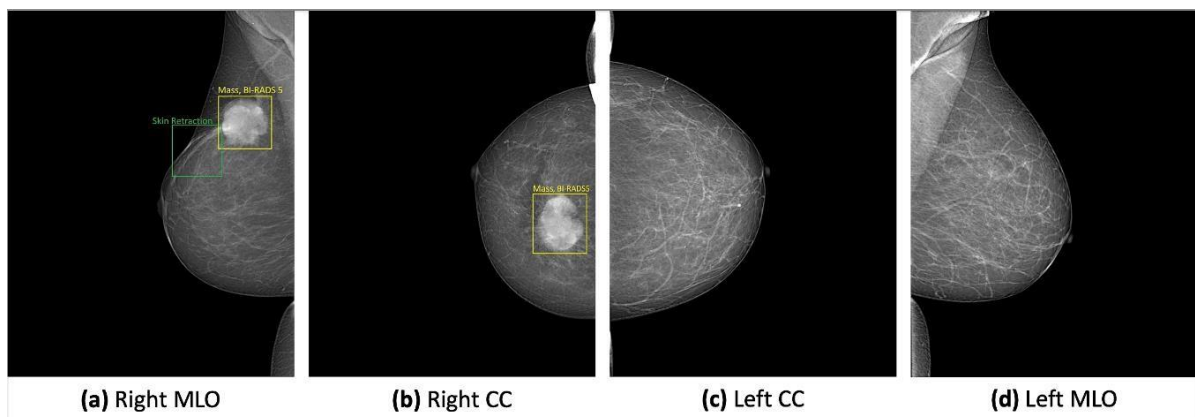
2.1.3 Η μελέτη της μαστογραφίας

Σημαντικό κομμάτι της σωστής διαφοροδιάγνωσης είναι η σωστή μελέτη της μαστογραφίας. Αρχικά, απαραίτητη είναι η χρήση διαφανοσκοπίου με κατάλληλο φωτισμό ή monitor με υψηλή ανάλυση και αντίθεση στην περίπτωση ψηφιακών μαστογραφιών και σύστημα που να περιορίζει το εξωτερικό φως. Επιπλέον, σημαντική είναι η ψηλάφηση των μαστών καθώς και η σύγκριση της

πρόσφατης μαστογραφίας με προηγούμενες εξετάσεις. Οι κεφαλο-ουραίες και οι πλαγιοπλάγιες προβολές των δυο μαστών τοποθετούνται κατα ζεύγη ώστε να διευκολύνεται η σύγκριση των ανατομικών σχηματισμών των μαστών. Η μελέτη ξεκινά από την θηλή και το δέρμα και συνεχίζει στον υποδόριο ιστό και τον μαζικό αδένα μέχρι και το πρόσθιο θωρακικό τοίχωμα. Σημαντική είναι επίσης η περιοχή της μασχάλης και η ουρά του Spence. Η μελέτη της μαστογραφίας πραγματοποιείται με γυμνό μάτι αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μεγεθυντικός φακός ώστε να διερευνηθούν καλύτερα τα ακτινολογικά ευρήματα (Βλάχος, 2000).



Εικόνα 13: Σχηματική απεικόνιση των μυών γύρω από τον μαστό καθώς και της ουράς του Spence (Δημητρίου, 2021).



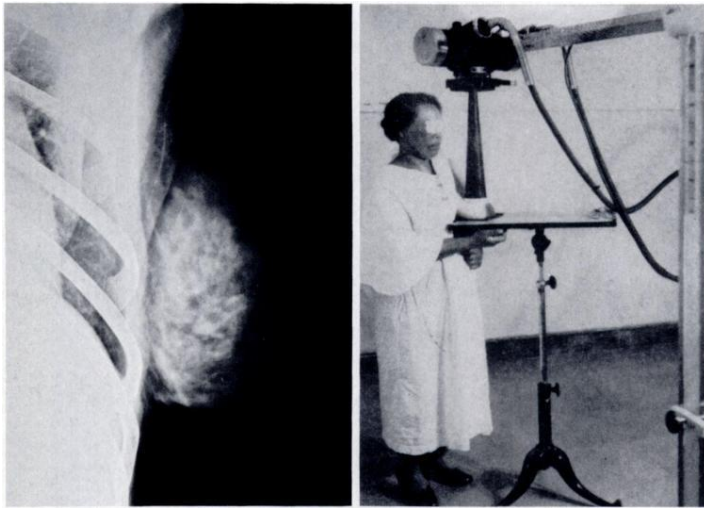
Εικόνα 14 : Δείγμα μαστογραφικής εξέτασης όπου στην εικόνα (a) εμφανίζεται λοξή λήψη του δεξιού μαστού, στην εικόνα (b) εμφανίζεται μια FACE λήψη του δεξιού μαστού, στην εικόνα (c) εμφανίζεται FACE λήψη του αριστερού μαστού και τέλος στην εικόνα (d) εμφανίζεται λοξή λήψη του αριστερού μαστού (Springernature.com).

2.2 Η εξέλιξη της μαστογραφίας

Η μαστογραφία άρχισε να αναγνωρίζεται σαν σημαντική εξέταση στις αρχές του 1950. Μέχρι τότε οι ιατροί της εποχής γνώριζαν ελάχιστα σχετικά με την δυνατότητα απεικόνισης των μαστών. Πιο συγκεκριμένα το **1913** ο Salomon, Γερμανός χειρουργός, πραγματοποίησε την λήψη 3000 ακτινογραφιών σε αποκόμματα μαστών. Μέσω της μελέτης του ανέδειξε τη απεικονιστική διάκριση ανάμεσα στο διηθητικό καρκίνωμα και το περιγεγραμμένο καρκίνωμα και ήταν ο πρώτος που εντόπισε μη ψηλαφητό όγκο σε απλή ακτινογραφία ενός δείγματος μαστού. Στη συνέχεια, το **1930** ο Stafford Warren ξεκίνησε την κλινική χρήση της μαστογραφίας και ανέφερε την στερεοσκοπική τεχνική μαστογραφίας. Επιπλέον, ανέλυσε τα ακτινολογικά ευρήματα που αφορούν τον φυσιολογικό μαστό, τον λιπώδη μαστό, τις κύστες καθώς και τις διάφορες που παρατηρούνται στους μαστούς κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης, της μαστίτιδας και των καλοηθών και κακοηθών όγκων. Πρέπει να τονιστεί πως ήταν ο πρώτος που ανέφερε την σπουδαιότητα της σύγκρισης των εικόνων του δεξιού και αριστερού μαστού. Το **1933**, ο Lockwood εξέτασε τα διαγνωστικά κριτήρια της μαστογραφίας. Το **1938**, ο Gershon-Cohen και ο Strickler δημοσίευσαν ένα άρθρο που ανέλυε τις παραλλαγές του φυσιολογικού μαστού.

Στη συνέχεια το **1950**, ο Leborgne από την Ουρουγουάη δημοσίευσε άρθρα σχετικά με την απλή ακτινογραφία μαστού. Ο Leborgne χρησιμοποίησε nonscreen film (τα φιλμ αυτά χαρακτηρίζονται από γαλάκτωμα με ευαισθησία στην άμεση έκθεση σε ακτίνες X) με απόσταση λυχνίας-φιλμ 60 cm, 20-30 kVp και 5 mAs για κάθε εκατοστό συμπιεσμένου μαστού (Jenkins, 1980). Για την λήψη της εικόνας χρησιμοποιήθηκε ένας μεγάλος κώνος ώστε να καλύπτει ολόκληρο τον μαστό και ένας μικρότερος που χρησιμοποιείται συγκεκριμένα στην περιοχή ενδιαφέροντος (Huda, W. & Abrahams, 2015). Ο Leborgne εντόπισε την παρουσία καρκινωματοδών μικροαποπιτανώσεων στο 30% των περιπτώσεων καρκίνου του μαστού παρομοιάζοντας τους με «λεπτούς κόκκους αλατιού». Το **1966**, πραγματοποιήθηκαν έρευνες σχετικά με την ξηρομαστογραφία με τη βοήθεια της ακτινογραφικής μονάδας Xerox και μετά από πολλές βελτιώσεις και τροποποιήσεις, το **1971** το Xerox System 125 άρχισε να πωλείται στην αγορά σαν το πρώτο μηχάνημα και μετέπειτα χρησιμοποιήθηκε από μεγάλα ιδρύματα σαν μια διαγνωστική εξέταση που μπορεί να είναι διαθέσιμη σε όλους. Επιπλέον, το 1960 δημιουργήθηκε η πρώτη ολοκληρωμένη μονάδα μαστογραφίας από τον Gros στη Γαλλία. Το σύστημα αυτό περιελάμβανε μια άνοδο μολυβδαινίου αντί για βολφράμιο και με αυτόν τον τρόπο αυξήθηκε η αντίθεση μεταξύ λίπους, παρεγχύματος

και απασβεστώσεων. Επίσης, το σύστημα συμπίεσης του μαστού περιορίζει την διασπορά της ακτινοβολίας καθώς και τις ψευδενδείξεις λόγω κίνησης του μαστού (Bassett, L & Gold , 1988).



Εικόνα 15 :Στα δεξιά μια μαστογραφία από τον Stafford Warren χρησιμοποιώντας 50-60 kVp, 70 mA και 2,5 sec χρόνο έκθεσης και στα αριστερά μια εικόνα από το μηχάνημα που χρησιμοποίησε ο Raul Leborgne για τη λήψη της μαστογραφίας το 1950 (Bassett & Gold, 1988).

2.2.1 Μέθοδοι εξέτασης του μαστού

Η ψηφιακή μαστογραφία αποτελεί έναν από τους πιο σύγχρονους τρόπους απεικόνισης του μαστού. Το βασικό τμήμα του συστήματος είναι το ίδιο με την κλασική μαστογραφία, η διαφορά μεταξύ τους είναι η χρήση ημιαγωγών αντί για φιλμ. Η ψηφιακή μαστογραφία χωρίζεται σε άμεση και έμμεση. Στην έμμεση μαστογραφία χρησιμοποιούνται δυο διαφορετικές τεχνολογίες , αυτή με **flat panel detector** (δισδιάστατη μήτρα φωτοδιόδων) και με **storage phosphor** (το στρώμα του φωσφορίζοντος υλικού απορροφά τα φωτόνια της δέσμης ακτινοβολίας αλλά δεν παράγει ορατά φωτόνια αμέσως). Στην περίπτωση της άμεσης ψηφιακής μαστογραφίας τα φωτόνια τα οποία εξέρχονται από τον μαστό της ασθενούς συλλέγονται από φωτοευαίσθητους ημιαγωγούς δημιουργώντας ψηφιακό σήμα. Με αυτόν τρόπο, αποφεύγεται η μετατροπή των φωτονίων της δέσμης ακτίνων X σε ορατά φωτόνια και βελτιώνεται η διακριτική ικανότητα και η απόδοση της μαστογραφίας (Γεωργίου, 2014). Κάθε μαστογραφία μπορεί να αναδεικνύει τη μορφολογία του μαστού (λιπώδης πυκνός πολύ πυκνός) , τις εστιακές βλάβες , τις αποπιτανώσεις και τις δομικές αλλοιώσεις (Πεκτασίδης, 2017).

1. Μαστογραφία χαμηλής δόσης (Low dose mammography)

Η μαστογραφία χαμηλής δόσης χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία χρόνια καθώς η εξεταζόμενη επιβαρύνεται με μικρότερη δόση ακτινοβολίας χωρίς να έρχεται αντιμέτωπη με δυσμενείς επιπτώσεις στον μαστό συγκριτικά με την κλασική μαστογραφία. Επίσης, η μαστογραφία χαμηλής δόσης έχει βοηθήσει ιδιαίτερα τις γυναίκες άνω των 40 ετών. Οι βασικές πρόβλεψεις που λαμβάνονται σε μια εξέταση ρουτίνας είναι η κεφαλο-ουραία και η πλαγιοπλάγια με δυνατότητα μεγέθυνσης σε μια περιοχή ενδιαφέροντος. Αρχικά, η κεφαλο-ουραία λήψη γίνεται με την εξεταζόμενη να βρίσκεται σε όρθια θέση και ο μαστός τοποθετείται ανάμεσα στο πίεστρο και την κασέτα με κάθετη φορά της λυχνίας. Στην πλαγιοπλάγια λήψη η λυχνία έχει κλίση 30 μοιρών.

2. Γαλακτογραφία

Η γαλακτογραφία αφορά την σκιαγράφιση του γαλακτοφόρου πόρου μέσω έγχυσης σκιαγραφικής ουσίας με τη βοήθεια βελόνας με αμβλύ ρύγχος που τοποθετείται στο στόμιο του πόρου. Η εξέταση αυτή πραγματοποιείται όταν παρατηρείται παθολογική έκκριση από τη θηλή χωρίς να συνυπάρχει απαραίτητα κάποιο ογκίδιο. Μετά την έγχυση της σκιαγραφικής ουσίας λαμβάνονται λήψεις σε δυο επίπεδα για τον πιο αποτελεσματικό εντοπισμό της βλάβης.

3. Πνευμοκυστογραφία

Η πνευμοκυστογραφία έχει αντικατασταθεί πλέον από το υπερηχογράφημα. Η διαδικασία που ακολουθούνταν ήταν η αφαίρεση του υγρού που περιέχεται σε μια κύστη και η αντικατάστασή του με αέρα σε όγκο ίσο με του υγρού που αφαιρέθηκε. Η μαστογραφία που ακολουθεί πραγματοποιείται σε δυο επίπεδα. Με αυτόν τον τρόπο ήταν εφικτή η μελέτη των τοιχωμάτων της κύστης για να την πιθανή ανακάλυψη αλλοιώσεων. Η διαχείριση των κύστεων με αυτόν τον τρόπο, θεωρείται ότι προσφέρει μόνιμη ίαση στην εξεταζόμενη στο 90% των περιπτώσεων.

4. Υπερηχογράφημα

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του υπερηχογραφήματος είναι η χρήση υπερήχων προστατεύοντας την εξεταζόμενη από την ακτινική επιβάρυνση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Τα σύγχρονα συστήματα υπερήχων διαθέτουν συχνότητες άνω των 7,5 MHz, διευκολύνοντας την διάκριση μεταξύ κύστεως και συμπαγούς δομής. Η εξεταζόμενη τοποθετείται σε ύπτια θέση με το άνω άκρο να βρίσκεται σε υπερέκταση. Ένα μειονέκτημα του υπερηχογραφήματος είναι η ανικανότητα ανίχνευσης ασυμπτωματικών καρκινωμάτων του μαστού.

5. Μαγνητική Μαστογραφία (MRP)

Η μελέτη του μαστού με μαγνητική τομογραφία έχει βελτιωθεί τα τελευταία χρόνια λόγω της κατασκευής πηνίων και την χρήση σκιαγραφικών ουσιών. Χρησιμοποιείται κυρίως από γυναίκες άνω των 50 ετών που αποτελούν φορείς BRCA μεταλλάξεων συμπληρώνοντας τον τυπικό έλεγχο του μαστού (Φωτίου, 2009). Τα κυρία πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η ανίχνευση του διηθητικού καρκινώματος και των καρκινωμάτων 'in situ' (καρκίνος που εντοπίζεται τοπικά) σε πυκνούς μαστούς, η εκτίμηση όγκων κοντά στο θωρακικό τοίχωμα, ο έλεγχος γυναικών με προθέματα σιλικόνης και η εξέταση μπορεί να γίνει και σε έγκυες γυναίκες. Στα μειονεκτήματα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε το υψηλό κόστος της εξέτασης όσο και της σκιαγραφικής ουσίας που χρησιμοποιείται, την πιθανότητα ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων στο διηθητικό λοβιακό καρκίνο και στον πορογενή καρκίνο λόγω της ακανόνιστης πρόσληψης της σκιαγραφικής ουσίας και αναξιόπιστη διαφοροδιάγνωση όσον αφορά τις αποπιτανώσεις καθώς και ψευδώς θετικά αποτελέσματα δηλώνοντας χαμηλή ειδικότητα (Βλάχος, 2000). Η ευαισθησία της συγκεκριμένης εξέτασης είναι υψηλή (95-99%) με μέτρια ειδικότητα (50-85%). Γενικά, ο έλεγχος με μαγνητική μαστογραφία σχετίζεται με συγκεκριμένες ενδείξεις όπως είναι :

- η παρουσία ψηλαφητής μάζας σε γυναίκα μικρότερη των 30 ετών με αρνητικό υπερηχογράφημα
- η παρουσία ψηλαφητής μάζας σε έγκυο γυναίκα με αρνητικό υπερηχογράφημα
- η περίπτωση γυναίκας με πυκνούς μαστούς και υποψία καρκίνου του μαστού με αρνητικό υπερηχογράφημα
- η παρουσία προθέσεων (πχ σιλικόνη)
- σε μαστούς με αμφιλεγόμενα ακτινολογικά ευρήματα στην μαστογραφία και τον υπέρηχο (Πεκτασίδης, 2017).

6. Τομοσύνθεση

Η 3D τομοσύνθεση είναι από τις πιο σύγχρονες εξελίξεις της ψηφιακής μαστογραφίας. Κατά τη διάρκεια της τομοσύνθεσης λαμβάνονται εικόνες χαμηλής δόσης από διαφορετικές γωνίες και στη συνέχεια πραγματοποιείται ανασύνθεση των λεπτών εικόνων των μαστών. Ανάλογα με την εταιρεία κατασκευής, η λυχνία ακτίνων Χ στρέφεται σε γωνία που κυμαίνεται σε τόξο μεταξύ 15° με 60° και σε επίπεδο που ευθυγραμμίζεται με το θωρακικό τοίχωμα. Όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος κίνησης της λυχνίας ακτίνων Χ τόσες περισσότερες είναι και οι πληροφορίες που συλλέγονται από τον μαστό με αποτέλεσμα τον καλύτερο διαχωρισμό των τομών και η ανάλυση

κατά μήκος του άξονα z. Η τοποθέτηση των εικόνων κατά αυτό τον τρόπο αναδεικνύουν λεπτομέρειες και πληροφορίες σχετικά με τη δομή των μαστών και με αυτόν τον τρόπο τα αποτελέσματα είναι εγκυρότερα αφού αποφεύγεται η επιπρόσβολή των ιστών όπως παρατηρείται στην δισδιάστατη μαστογραφία. Η ψηφιακή τομοσύνθεση σχετίζεται με αυξημένο χρόνο λήψης και ερμηνείας λόγω των πολλαπλών εικόνων. Οι προβληματισμοί σχετικά με την αυξημένη ακτινική επιβάρυνση της εξεταζόμενης κατά τη διαδικασία της τομοσύνθεσης οδήγησαν στην εξέλιξη της συνθετικής μαστογραφίας (synthetic mammography SM) (Chong, A. *et al.*, 2019) (Πεκτασίδης, 2017).

7. Μαστογραφία διπλής ενέργειας με σκιαγραφική αντίθεση

Η μαστογραφία διπλής ενέργειας με σκιαγραφική αντίθεση αποτελεί ένα σύγχρονο εργαλείο στην απεικόνιση του μαστού ώστε ο εντοπισμός του καρκίνου του μαστού να γίνεται σε όσο πιο πρώιμο στάδιο. Η διαδικασία περιλαμβάνει την χορήγηση σκιαγραφικής ουσίας με βάση το ιώδιο και στη συνέχεια πραγματοποιείται μαστογραφία διπλής ενέργειας. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι ένα σύνολο εικόνων που περιέχουν τόσο πληροφορίες μιας απλής μαστογραφίας όσο και εικόνες με βελτιωμένη αντίθεση. Η τεχνική αυτή είναι καλύτερη από τη συμβατική μαστογραφία και η διαγνωστική της ικανότητα μπορεί να αγγίξει αυτή της μαγνητικής τομογραφίας. Περισσότερες πληροφορίες θα αναλυθούν στη συνέχεια (Lalji & Lobbes, 2014).

Κεφάλαιο 3 Μαστογραφία με σκιαγραφικό

Η μαστογραφία με σκιαγραφικό (Contrast Enhanced Mammography CEM) συνδυάζει την ψηφιακή μαστογραφία και τη χρήση ιωδιούχου σκιαγραφικού. Αποτελεί μια νέα τεχνική κατά την οποία το ιωδιούχο σκιαγραφικό χρησιμοποιείται προκειμένου να αναδείξει την αγγείωση του μαστού. Τα αγγεία που σχηματίζονται στην περιοχή του όγκου εμφανίζουν διαφορετική πρόσληψη του σκιαγραφικού σε σχέση με το φυσιολογικό ιστό. Η αντίθεση που εμφανίζεται στην εικόνα, λόγω της ενισχυμένης περιοχής με ιωδιούχο σκιαγραφικό, αναδεικνύει την παρουσία κακοήθους όγκου ακόμα και σε πυκνούς μαστούς.

3.1 Προετοιμασία και Τοποθέτηση

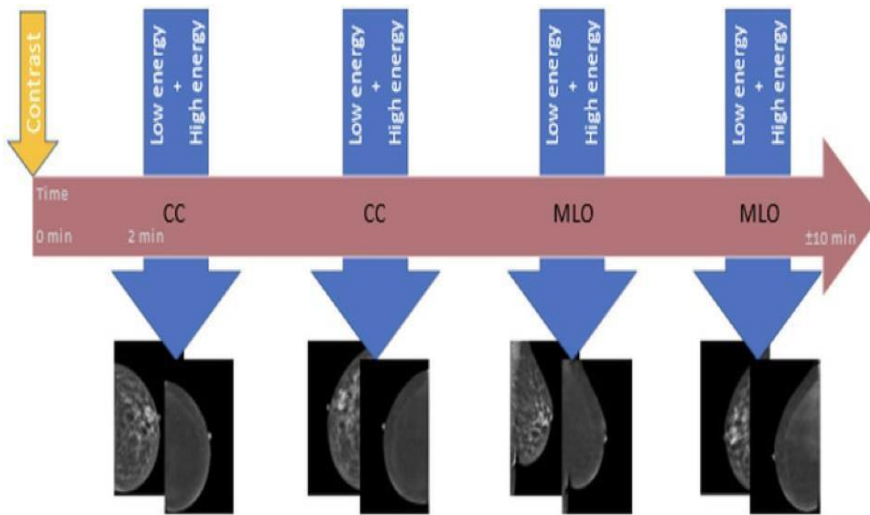
Πριν την λήψη της μαστογραφίας, η εξεταζόμενη θα πρέπει να απαντήσει ένα ερωτηματολόγιο που περιλαμβάνει ερωτήσεις σχετικά με το ιατρικό ιστορικό της καθώς και πιθανές αλλεργίες. Το ιωδιούχο σκιαγραφικό που χρησιμοποιείται είναι το ULTRAVIST με πυκνότητα 300 g/ml και η δόση που χορηγείται στην εξεταζόμενη είναι 100 ml. Πριν την έναρξη της εξέτασης, οι ασθενείς ελέγχονται για πιθανές αλλεργίες στο ιωδιούχο σκιαγραφικό και ενημερώνονται για τις φυσιολογικές παρενέργειες. Σημαντικός είναι ο έλεγχος στις γυναίκες που βρίσκονται σε αναπαραγωγική ηλικία για την πιθανότητα εγκυμοσύνης καθώς δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την ασφαλή χρήση του ιωδιούχου σκιαγραφικού κατά τη διάρκεια της κύησης. Βέβαια, καμία μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ζώα δεν απέδειξε την μεταλλαξιγόνο δράση του ιωδιούχου σκιαγραφικού.

Επίσης, κατά την είσοδο της εξεταζόμενης στο χώρο του μαστογράφου, φέρει έγγραφα τα οποία αναφέρουν τα στοιχεία της ταυτότητάς της καθώς και πληροφορίες σχετικά με τον πάσχων μαστό. Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε ποιος μαστός θεωρείται πάσχων, ώστε η τοποθέτηση να είναι η κατάλληλη για την καλύτερη ανάδειξη της πιθανής παθολογίας του μαστού. Αρχικά, ο τεχνολόγος γράφει τα στοιχεία της εξεταζόμενης στον υπολογιστή ώστε να ξεκινήσει η εξέταση. Η διαδικασία χορήγησης του σκιαγραφικού, παρατείνει τον χρόνο παραμονής στον χώρο του

μαστογράφου 15-20 λεπτά, δηλαδή τον διπλάσιο χρόνο από μια συμβατική μαστογραφία. Ο χρόνος εξέτασης εξαρτάται και από το μέγεθος του μαστού και κυμαίνεται μεταξύ 4 και 10

δευτερολέπτων ανά λήψη. Η χορήγηση του ιωδιούχου σκιαγραφικού προηγείται της τοποθέτησης της εξεταζόμενης και πραγματοποιείται με ενδοφλέβια χορήγηση σε μια φλέβα , με ταχύτητα ροής κατά προτίμηση 2-3 ml/s με τη χρήση αυτόματου εγχυτή. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται από έκπλυση με φυσιολογικό ορό. Μετά την χορήγηση του σκιαγραφικού, υπάρχει μια αναμονή περίπου 2 λεπτών πριν ξεκινήσει η τοποθέτηση. **Πολλές μελέτες υποστηρίζουν πως ο καρκίνος γίνεται ορατός μετά από 2 λεπτά και λιγότερο εμφανής στα 8 λεπτά μετά την έγχυση λόγω της έκπλυσης του σκιαγραφικού μέσου και της φυσιολογικής ενίσχυσης του υποβάθρου. Επίσης, οι λήψεις λαμβάνονται μεταξύ 2 με 10 λεπτών καθώς έχει αποδειχτεί πως σε αυτό το χρονικό περιθώριο υπάρχει επαρκής διαγνωστική ακρίβεια.** Για τον λόγο αυτό, η σωστή τοποθέτηση της εξεταζόμενης είναι πολλή σημαντική. Γνωρίζοντας ποιος από τους δυο μαστούς είναι ο προβληματικός, η τοποθέτηση θα πραγματοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε ο υπό διερεύνηση μαστός να βρεθεί στη μέση της σειράς λήψεων για τους λόγους που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Για παράδειγμα, αν ο πάσχων μαστός είναι ο αριστερός, η σειρά των λήψεων θα είναι : 1)FACE στον δεξί μαστό 2)FACE στον αριστερό μαστό 3)PROFILE στον αριστερό μαστό 4)PROFILE στον δεξί μαστό. **Η λοξή λήψη (MLO) πραγματοποιείται στις 45°.**

Θα πρέπει να αναφερθεί πως στην μαστογραφία με σκιαγραφικό, η πίεση που ασκείται στους μαστούς από το πίεστρο κατά την τοποθέτηση και λήψη της μαστογραφίας θα πρέπει να είναι περιορισμένη ώστε να μην σταματήσει η ροή αίματος στα τριχοειδή αγγεία. Σε μια απλή εξέταση όπου δεν αναφέρεται κάποια πληροφορία σχετικά με υπό διερεύνηση μαστό, οι λήψεις μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς μια συγκεκριμένη σειρά, όπως παράδειγμα : 1) FACE λήψη στο δεξί μαστό 2) FACE λήψη στον αριστερό μαστό 3) PROFILE λήψη στον αριστερό μαστό και 4) PROFILE λήψη στον δεξί μαστό (Hannsun *et al.*, 2021) ,(Neeter *et al.*, 2021).



Εικόνα 16 : Παράδειγμα πρωτοκόλλου ρουτίνας που εφαρμόζεται στην CEM (Neeter *et al.*, 2021).

3.1.1 Σκιαγραφικό μέσο

Το ULTRAVIST περιέχει ιώδιο και χρησιμοποιείται ως σκιαγραφικό μέσο σε διαγνωστικές εξετάσεις σε διάφορες περιοχές του σώματος. Η χορήγηση του γίνεται ενδοφλεβίως. Οι ακτίνες X απορροφώνται από το ιώδιο του σκιαγραφικού με αποτέλεσμα οι περιοχές του σώματος στις οποίες διανέμεται το ULTRAVIST μέσω της κυκλοφορίας ή σε κοιλότητες του σώματος να γίνονται ορατές κατά τη διάρκεια της εξέτασης (Food & Drugs Organization, 2023).

3.2 Μαστογραφία με φασματική ανάλυση και ενίσχυση σκιαγραφικού μέσου (CESM)- Τεχνική Διπλής ενέργειας

Η CESM είναι μια τεχνική κατά την οποία ο μαστός που βρίσκεται υπό συμπίεση δέχεται έκθεση **διπλής ενέργειας** μετά την χορήγηση του σκιαγραφικού. Η συγκεκριμένη τεχνική εκμεταλλεύεται την ενεργειακή εξάρτηση της εξασθένησης των ακτίνων X λόγω των διαφορετικών μαλακών ιστών και του ιωδίου που βρίσκονται εντός του μαστικού παρεγχύματος. Αφού πραγματοποιηθεί η χορήγηση του σκιαγραφικού, πραγματοποιούνται δύο λήψεις, μια λοξή (MLO) και μια FACE (CC) σε κάθε μαστό. Η συγκέντρωση και η ποσότητα του σκιαγραφικού που χορηγείται είναι ίδια με εκείνη που χρησιμοποιείται κατά την αξονική τομογραφία. Πιο συγκεκριμένα η συγκέντρωση του ιωδίου είναι 300-350 mg ιωδίου/ml και ποσότητα 1-1,5 ml/kg σωματικού βάρους. Η χορήγηση του σκιαγραφικού μέσου μπορεί να πραγματοποιηθεί χειροκίνητα ή με τη βοήθεια ενός αυτόματου

εγγυτή με ρυθμό ροής 1-3 ml/s. Μετά την χορήγηση του σκιαγραφικού, λαμβάνεται ένα ζεύγος εικόνων χαμηλής ενέργειας και υψηλής ενέργειας. Κάθε προβολή CEM αποτελείται από μια εικόνα χαμηλής και μια εικόνα υψηλής ενέργειας. Αρχικά, η έκθεση χαμηλής ενέργειας χρησιμοποιεί το ίδιο φάσμα ενεργειών ακτίνων Χ που χρησιμοποιείται και στην συμβατική μαστογραφία με μέγιστη τάση περίπου 30 KVr ανάλογα και με το πάχος και την πυκνότητα του μαστού. Όσον αφορά την έκθεση υψηλής ενέργειας, κυμαίνεται στα 45 KVr εκμεταλλευόμενη την υψηλότερη Κ αιχμή του ιωδίου. Προκειμένου να αυξηθεί ο ενεργειακός διαχωρισμός των εικόνων, η εικόνα χαμηλής ενέργειας φιλτράρεται με φίλτρο μολυβδαίνιου (AA=42) ενώ η εικόνα υψηλής ενέργειας φιλτράρεται με φίλτρο χαλκού (AA=29). Οι εικόνες που παράγονται από την τεχνική διπλής ενέργειας είναι μια εικόνα χαμηλής ενέργειας η οποία μοιάζει με μια συμβατική μαστογραφία και μια ανασυνδυασμένη εικόνα στην οποία εμφανίζεται η πρόσληψη του σκιαγραφικού. Ουσιαστικά, οι δυο εικόνες συνδυάζονται ώστε να προκύψει μια εικόνα αφαίρεσης στην οποία θα αυξάνεται η ανάδειξη των αγγειοβριθών περιοχών με ταυτόχρονη ασαφопоποίηση του ιστού του υποβόθρου (Polat & Dogan., 2020), (Lobbes *et al.*, 2013)

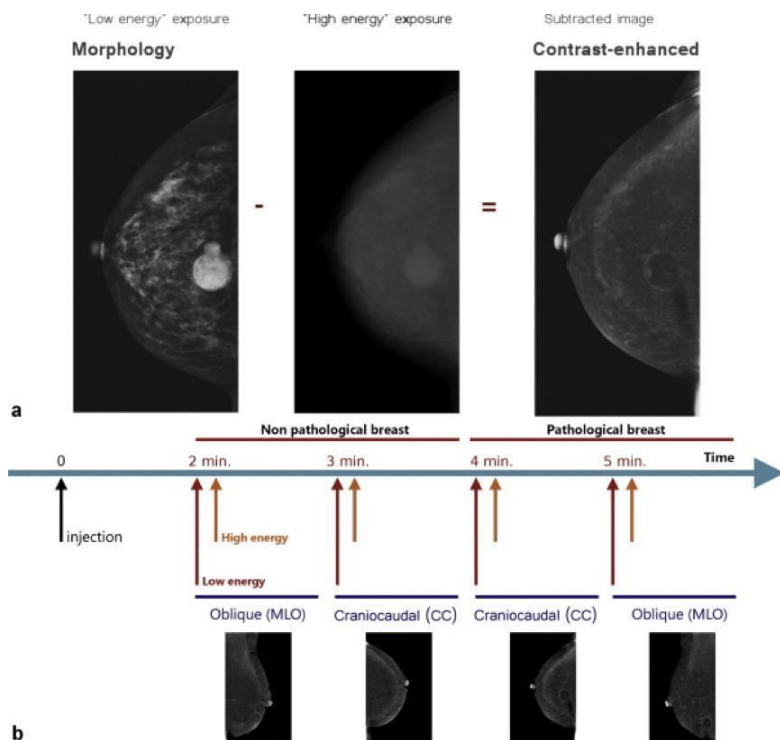
Η διαδικασία της εξέτασης περιλαμβάνει τα εξής βήματα :

- έγχυση του σκιαγραφικού μέσου στην ασθενή ενώ βρίσκεται στον χώρο του μαστογράφου
- συμπίεση του μαστού στην επιθυμητή πυκνότητα
- λήψη ενός ζεύγους εικόνων χαμηλής και υψηλής ενέργειας
- αποσυμπίεση του μαστού
- επανασυμπίεση του μαστού σε διαφορετική γωνία ή απεικόνιση διαφορετικού μαστού
- λήψη νέου ζεύγους εικόνων χαμηλής και υψηλής ενέργειας
- επεξεργασία εικόνας

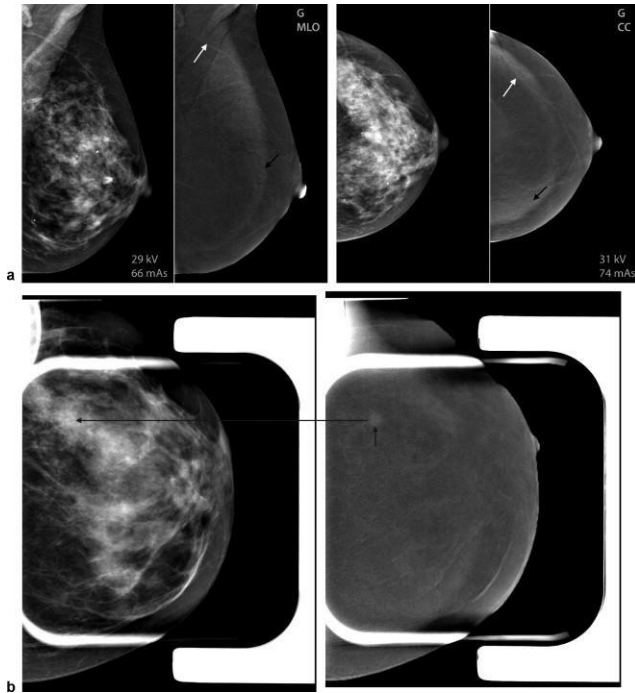
Η καθυστέρηση μεταξύ των λήψεων χαμηλής και υψηλής ενέργειας είναι περίπου 30 δευτερόλεπτα, όπου στον χρόνο αυτό ο μαστός βρίσκεται σε συμπίεση. Μια ένεση σκιαγραφικού είναι αρκετή για την λήψη πολλών ζευγών εικόνων υπό διαφορετικές γωνίες και στους δύο μαστούς. Οι εικόνες αναλύονται με συνδυασμό κάθε ζεύγους εικόνων για την λήψη εικόνων αφαίρεσης. Οι εικόνες που προκύπτουν από την αφαίρεση είναι συγκρίσιμες με τις συμβατικές εικόνες μαστογραφίας καθώς παράγονται με παρόμοιο τρόπο. Η εξέταση διαρκεί περίπου 5-10 λεπτά και εξαρτάται από τον αριθμό των λήψεων που γίνονται.

Η συνολική δόση ακτινοβολίας για ένα ζεύγος εικόνων είναι 20-50% υψηλότερη από τη δόση που παρέχεται για μια συμβατική προβολή μαστογραφίας και εξαρτάται από το πάχος του συμπιεσμένου μαστού και την σύνθεση του.

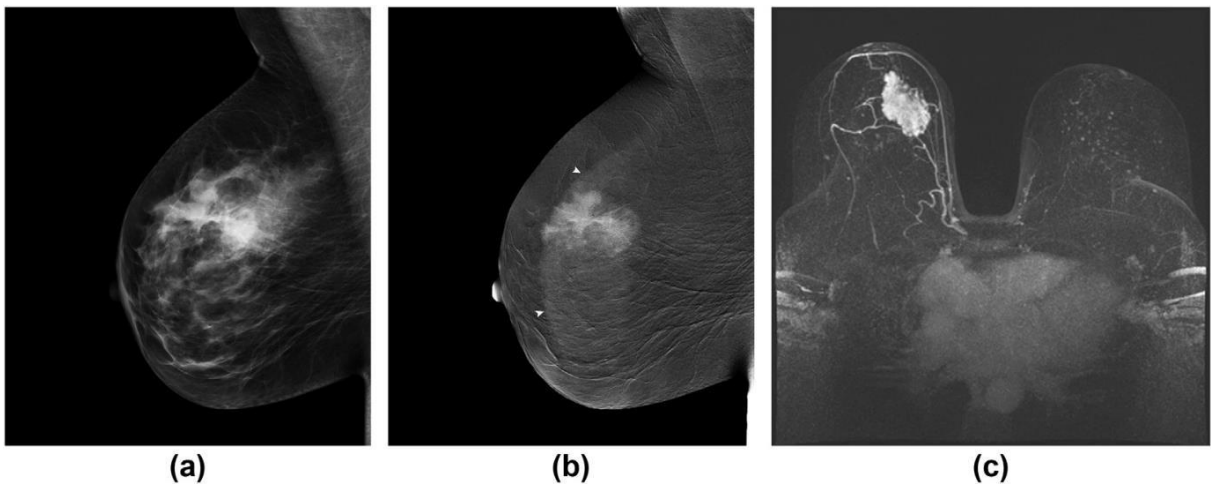
Σύμφωνα με τα κριτήρια ποιότητας που καθορίζονται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Αναφοράς για Διασφαλισμένες Υπηρεσίες Διαλογής και Διάγνωσης του Μαστού (EUREF), η εικόνα χαμηλής ενέργειας που προκύπτει από την εξέταση της CESM δεν είναι κατώτερη, όσον αφορά την ποιότητα, από την συμβατική μαστογραφία. Επίσης, μετά από σύγκριση των τεχνικών παραμέτρων, της ικανότητας ανίχνευσης, μέτρησης και χαρακτηρισμού των βλαβών και των μικροασβεστώσεων διαπιστώθηκε πως οι δυο ικανές είναι ισοδύναμες (Badr *et al.*, 2014).



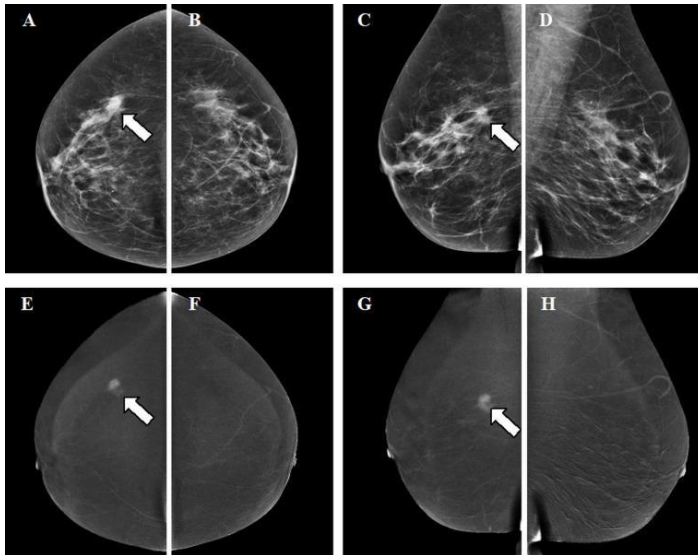
Εικόνα 17: Η αρχή της μαστογραφίας με σκιαγραφικό μέσο με χρήση διπλής ενέργειας. α) Σχηματισμός εικόνας στη μαστογραφία με σκιαγραφικό με τη μέθοδο της αφαίρεσης. β) πρωτόκολλο μαστογραφίας με σκιαγραφικό μέσο (Badr *et al.*, 2014).



Εικόνα 18 : α) φυσιολογική μαστογραφία ενισχυμένη με σκιαγραφική αντίθεση διπλής ενέργειας (μέσα και αριστερά σε λοξή και FACE όψη): απουσία παθολογικής ενίσχυσης. Λευκό βέλος: αγγεία-μαύρο βέλος: διάχυτη ενίσχυση της μήτρας β) FACE λήψη με συμπίεση σε τυπική μαστογραφία (αριστερά) και μαστογραφία με ενισχυμένη με σκιαγραφικό μέσο με τεχνική διπλής ενέργειας (δεξιά) του αριστερού μαστού: οζώδης ενίσχυση με κανονικό περίγραμμα (μαύρο βέλος) που δεν είναι σαφώς ορατή με την τυπική μαστογραφία: ινοαδένωμα (Badr *et al.*, 2014).



Εικόνα 19 : Η CESM παράγει εικόνες χαμηλής ενέργειας (a) που ομοιάζουν με την συμβατική μαστογραφία (b) εμφανίζουν πρόσληψη ιωδιούχου σκιαγραφικού εντός του όγκου. Στην εικόνα (c) εμφανίζεται εικόνα MIP από εξέταση μαγνητικής τομογραφίας (James, 2022).



Εικόνα 20 : Γυναίκα 67 ετών σε προσυμπτωματικό έλεγχο μαστού λόγω νέας, ύποπτη μάζα στο δεξί μαστό. A-D: Εικόνες χαμηλής ενέργειας E-H: ανασυνδυασμένες εικόνες. Έγιναν λήψεις(CC,MLO) και στον δεξί και στον αριστερό μαστό. Η μάζα είναι εμφανής στις εικόνες χαμηλής ενέργειας (βέλη στις A,D). Οι ανασυνδυασμένες εικόνες του δεξιού μαστού δείχνουν ενίσχυση στην περιοχή της βλάβης τόσο στην FACE όσο και στην PROFILE λήψη (βέλη στις E,Z)(Neeter *et al.*, 2021).

3.2.1 Μαστογραφία με χρονική ανάλυση και ενίσχυση σκιαγραφικού μέσου (CESM)

Η τεχνική αυτή βασίζεται στην αφαίρεση των εικόνων που αποκτήθηκαν μετά την έγχυση του σκιαγραφικού μέσου από μια εικόνα μάσκα που αποκτήθηκε πριν την έγχυση του. Το σκιαγραφικό μέσο που χρησιμοποιείται στην τεχνική αυτή μοιάζει ως προς τον τύπο, την συγκέντρωση και την ποσότητα με αυτό που χρησιμοποιείται στην προηγούμενη τεχνική. Οι εικόνες λαμβάνονται με φάσμα ακτίνων Χ με ενέργειες 45-49 KVp για τη βελτιστοποίηση της απεικόνισης των χαμηλών συγκεντρώσεων ιωδίου.

Η διαδικασία για μια μαστογραφία με σκιαγραφικό με χρονική ανάλυση έχει ως εξής :

- Η ασθενής κάθεται άνετα και εφαρμόζεται ήπια αλλά επαρκής συμπίεση για να ακινητοποιήσει τον μαστό αλλά όχι τόσο ισχυρή ώστε να διαταράξει την αγγειακή αιμάτωση του μαστού.
- λήψη της αρχικής εικόνας “μάσκας” υψηλής ενέργειας πριν από την έγχυση ,μετά την έγχυση του σκιαγραφικού και στη συνέχεια γίνεται επεξεργασία της εικόνας σε ειδικό μηχάνημα.

Όλες οι εικόνες λαμβάνονται με την ίδια συμπίεση. Η συνολική διάρκεια της εξέτασης είναι περίπου 15 λεπτά και η συνολική δόση ακτινοβολίας είναι περίπου 1-3 mGy, παρόμοια με εκείνη μιας συμβατικής μαστογραφίας.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δυο τεχνικών :

- Η τεχνική της χρονικής ανάλυσης δίνει την δυνατότητα μελέτης της κινητικής της ενίσχυσης μιας ύποπτης βλάβης με παρόμοιο τρόπο όπως και στη τεχνική της μαγνητικής μαστογραφία. Παρόλα αυτά, η τεχνική απαιτεί παρατεταμένη συμπίεση κατά τη διάρκεια απόκτησης της εικόνας με αποτέλεσμα να είναι δυσάρεστη στον ασθενή.
- Η τεχνική διπλής ενέργειας δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κινητική του σκιαγραφικού, αφού ο αριθμός των εικόνων περιορίζεται από την ακτινοβολήση των εικόνων χαμηλής ενέργειας. Η ταχύτητα της εξέτασης στην τεχνική διπλής ενέργειας και ο μικρότερος χρόνος συμπίεσης του μαστού σε σύγκριση με την τεχνική χρονικής ανάλυσης, καθιστούν την εξέταση ευκολότερη και αποτελεσματικότερη (Dromain *et al.*, 2008).

3.2.2 Πλεονεκτήματα μαστογραφίας με χρήση σκιαγραφικού μέσου και αντενδείξεις

Η μαστογραφία με σκιαγραφικό αποτελεί μια εξέταση με πολλά πλεονεκτήματα που θα την καθιστούσαν χρήσιμη ως εξέταση ρουτίνας καθώς :

- η εξέταση είναι αποδεκτή από τις ασθενείς
- μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολα μετά από μια συμβατική μαστογραφία
- η διάγνωση των εικόνων από τους κλινικούς και τους χειρουργούς ιατρούς είναι εύκολη
- υπάρχει απόλυτη ταύτιση μεταξύ των ανωμαλιών που ανιχνεύονται στη μαστογραφία με σκιαγραφικό και την συμβατική μαστογραφία κάτι που δεν συμβαίνει στην αξονική και τη μαγνητική τομογραφία όπου οι εικόνες παράγονται σε διαφορετικές θέσεις
- καθιστά δυνατή την απεικόνιση μιας ύποπτης βλάβης που εμφανίζεται κατά την κλινική ψηλάφηση ή το υπερηχογράφημα

- η δυνατότητα συσχέτισης της ενισχυόμενης βλάβης με την εικόνα χαμηλής ενέργειας
- προσφέρει τοπική εκτίμηση της έκτασης του όγκου του μαστού που αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την θεραπευτική αντιμετώπιση
- ανιχνεύει καρκινικούς όγκους σε πρώιμο στάδιο
- εντοπίζει μικρού μεγέθους όγκους
- απεικονίζει ακριβέστερα τους πιο πυκνούς μαστούς

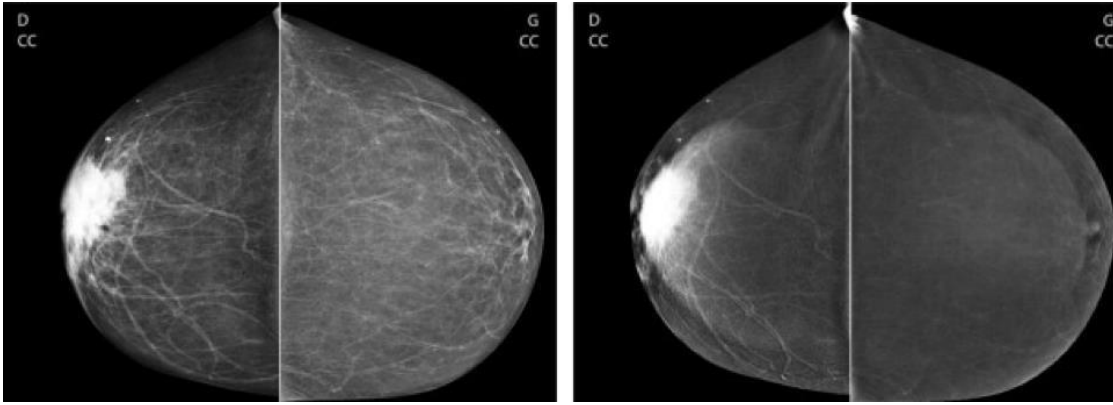
(Dromain *et al.*, 2008), (Polat *et al.*, 2020).

Οι κύριες **αντενδείξεις** για την πραγματοποίηση CEM αφορούν την χρήση ιωδιούχου σκιαγραφικού και την χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Πιο αναλυτικά, η χρήση ιωδιούχου σκιαγραφικού μπορεί να προκαλέσει σοβαρή αλλεργική αντίδραση, συμπεριλαμβανομένης της αναφυλακτικής αντίδρασης. Επίσης, η χρήση σκιαγραφικού μέσου είναι περιοριστική τόσο στην περίπτωση **μειωμένης νεφρικής λειτουργίας** (νεφρική ανεπάρκεια) όσο και στην περίπτωση **εγκυμοσύνης**. Παρόλο που η βιβλιογραφία που αφορά τις πιθανές νεφρικές βλάβες λόγω σκιαγραφικού μέσου είναι αμφισβητήσιμη, πάντα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν το ιατρικό ιστορικό σχετικά με προηγούμενη μεταμόσχευση νεφρού, νεφρική ανεπάρκεια, ύπαρξη μονήρους νεφρού. Επιπρόσθετες αντενδείξεις αφορούν μεταλλάξεις των γνωστών **γονιδίων BRCA** που σχετίζονται με την ακτινοευαισθησία του μαστού καθώς και οι περιπτώσεις ασθενών με **υπερθυρεοειδισμό**. Επιπλέον, θα πρέπει να τονιστεί πως το **κόστος** της συγκεκριμένης εξέτασης είναι μεγαλύτερο από μια συμβατική μαστογραφία και υπάρχει περιορισμένη διαθεσιμότητα καθώς μπορεί **να μην είναι διαθέσιμη σε όλες τις υγειονομικές εγκαταστάσεις** αλλά και να **μην υπάρχει και το κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό** καθώς σαν νέα εξέταση η ερμηνεία της μπορεί να **δυσκολέψει λόγω έλλειψης κατευθυντήριων γραμμών**. Σε αντίθεση με την μαγνητική τομογραφία, η CEM δεν έχει την **ανατομική ανάλυση** για να παρέχει επαρκή αξιολόγηση των μαλακών μορίων. Ένα ακόμα προφανές μειονέκτημα είναι η χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Τέλος, λόγω όλων των παραπάνω η CEM ενδέχεται να μην είναι απαραίτητη ως εξέταση ρουτίνας παρόλο που είναι ιδιαίτερα επωφελής σε συγκεκριμένα κλινικά σενάρια.

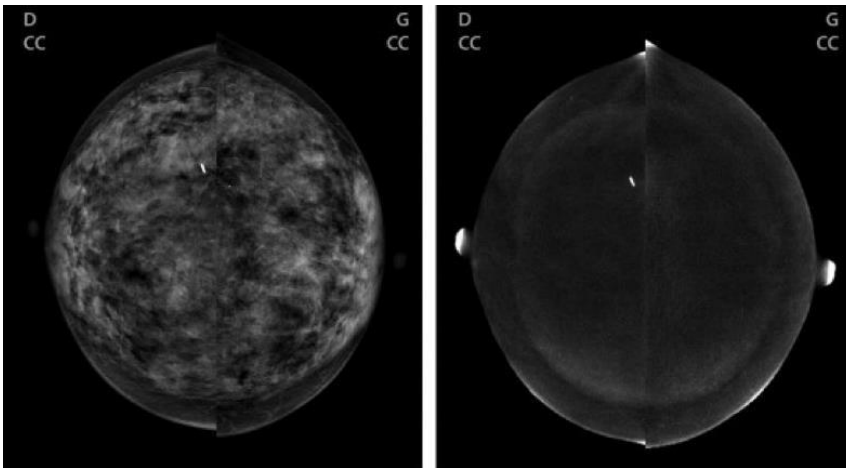
Πιθανοί περιορισμοί κατά την εκτέλεση της μαστογραφίας με σκιαγραφικό μέσο :

- πιθανότητα εμφάνισης ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων. Η μαστογραφία με σκιαγραφικό παρουσιάζει ευαισθησία στην ανίχνευση έντονα αγγειοβριθών όγκων παρόλα αυτά υπάρχει η πιθανότητα αδυναμία ανίχνευσης των ελάχιστα αγγειοβριθών όγκων με αποτέλεσμα να οδηγήσει σε ένα ψευδώς αρνητικό αποτέλεσμα.(εικόνα 22).Επομένως, η CEM δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να αποφευχθεί μια στερεοτακτική βιοψία με βελόνα.
- το περιορισμένο πεδίο στη μαστογραφία μπορεί να οφείλεται για την μη απεικόνιση μιας βλάβης. Ειδικά στις ζώνες που είναι δύσκολο να διερευνηθούν όπως είναι η μασχαλιαία περιοχή, η μαστογραφία με σκιαγραφική ενίσχυση δεν καταφέρνει να υπερκαλύψει έναν πλήρη κλινικό έλεγχο καθώς και ένα υπερηχογράφημα στην περίπτωση κλινικής υποψίας.
- αδυναμία διενέργειας βιοψίας στο πλαίσιο της CEM λόγω έλλειψης ειδικού συστήματος στερεοταξίας και ως εκ τούτου καθιστά απαραίτητη την χρήση μαγνητικής τομογραφίας (Hannsun et al., 2021), (Polat et al., 2020).

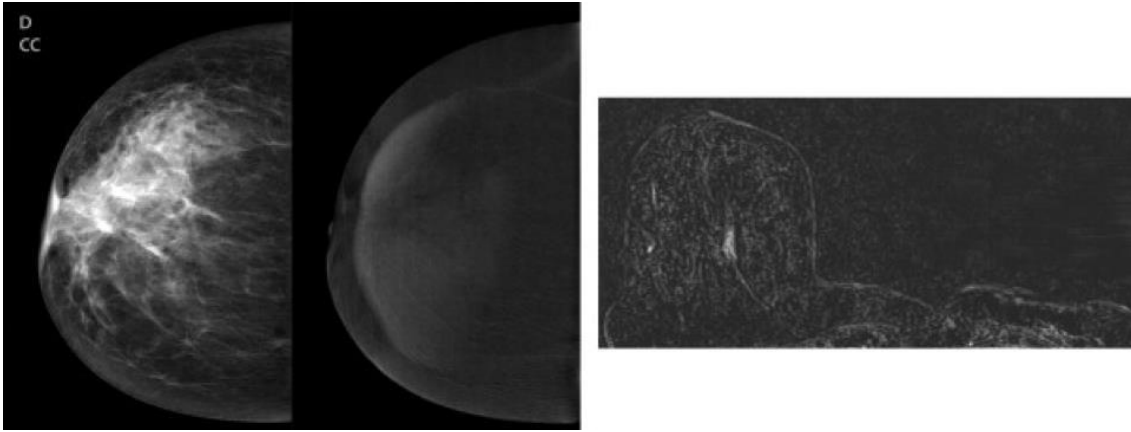
Θα πρέπει να αναφερθεί ότι , η GE healthcare έχει λάβει έγκριση από τον FDA για το 1ο σύστημα βιοψίας καθοδηγούμενης από CEM (Serena Bright). Οι πρώτες αναφορές δείχνουν ότι ορισμένοι ασθενείς προτιμούν τις βιοψίες με καθοδήγηση CEM έναντι των βιοψιών με καθοδήγηση MRI. Παρόλα αυτά, πρέπει να διεξαχθούν ακόμη μεγαλύτερες μελέτες. Μια άλλη επιλογή βιοψίας που διερευνάται επί του παρόντος είναι η χρήση μιας όρθιας στερεοτακτικής μονάδας σε μια μονάδα μαστογραφίας με δυνατότητα CEM και εκτέλεση της βιοψίας αμέσως μετά την απόκτηση εικόνων CEM. Σε αυτό το πλαίσιο, ο ακτινολόγος μπορεί να στοχεύσει την περιοχή της ύποπτης ενίσχυσης στην όρθια στερεοτακτική μονάδα. Εάν η βιοψία υπό την καθοδήγηση CEM γίνει κλινικά προσιτή, το κόστος της εξέτασης θα μπορούσε να μετατραπεί (Hannsun et al., 2021).



Εικόνα 21: Γυναίκα 65 ετών με διηθητικό πορώδες καρκίνωμα. Δεξιά, οι εικόνες με μαστογραφία ενισχυμένη με σκιαγραφικό διπλής ενέργειας σε FACE (CC) λήψη δείχνουν εκτεταμένη δεξιά οπισθοαρθριακή ενίσχυση απέναντι από την κλινική βλάβη και μια ύποπτη μάζα που εμφανίζεται στην τυπική μαστογραφία. Ο αριστερός μαστός είναι φυσιολογικός (Badr *et al.*, 2014).



Εικόνα 22: Γυναίκα 68 ετών με ιστορικό καρκίνου του μαστού αφαίρεσε τον δεξιό μαστό με χειρουργική επέμβαση. Η συμβατική μαστογραφία (αριστερά) δείχνει πυκνούς και δύσκολα αναλύσιμους μαστούς. Από την άλλη, οι εικόνες που λαμβάνονται από τη μαστογραφία με σκιαγραφικό διπλής ενέργειας δεν αποκαλύπτουν ενίσχυση, γεγονός που είναι καθησυχαστικό. Μετά από υπερηχογραφικό έλεγχο, το οποίο είναι φυσιολογικό και επιβεβαιώνει την προηγούμενη εξέταση (Badr *et al.*, 2014).



Εικόνα 23 : Γυναίκα 55 ετών με προηγηθείσα μαστεκτομή λόγω πορογενούς καρκινώματος. Στην αριστερή εικόνα, παρατηρείται φυσιολογική μαστογραφία με σκιαγραφικό καθώς και φυσιολογικό υπερηχογράφημα. Στην δεξιά εικόνα, παρατηρείται αδενοπάθεια μετά από εξέταση μαγνητικής τομογραφίας μαστού. Μετά από βιοψία, η τελική διάγνωση είναι καρκινωμάτωσης λεμφαγγείπιδα (Badr *et al.*, 2014).

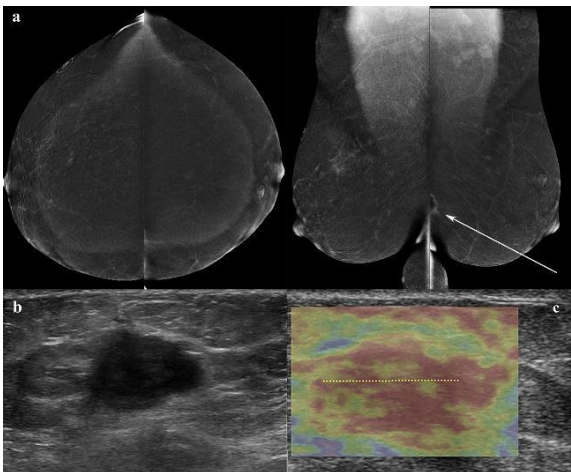
3.2.3 Σύγκριση 2D mammography - CESM

Μετά από μελέτη παρατηρήθηκε πως η μαστογραφία με σκιαγραφικό (**Contrast Enhanced Spectral Mammography CESM**) αποτελεί πιο ευαίσθητη τεχνική από την **2D μαστογραφία** καθώς, η CESM είναι ικανή να ανιχνεύσει καρκινικούς όγκους στη θέση που βρίσκεται η παρούσα ψηλαφητή μάζα αλλά και να αναδείξει ακόμα και τυχαία ευρήματα κακοήθους μάζας που δεν έγιναν αντιληπτά μέσω της 2D μαστογραφίας. Το δείγμα της μελέτης περιλάμβανε 138 γυναίκες με 147 ψηλαφητές μάζες στο μαστό εκ των οποίων οι 38 αποτελούσαν κακοήθεια. Η απλή μαστογραφία αποκάλυψε 36 από τους 38 καρκίνους ενώ η μαστογραφία με σκιαγραφικό ανέδειξε και τους 38 καρκίνους. Επίσης, η μαστογραφία με σκιαγραφικό αποκάλυψε δύο τυχαίους καρκίνους στον αντίθετο μαστό από εκείνον που είχε την ψηλαφητή μάζα.

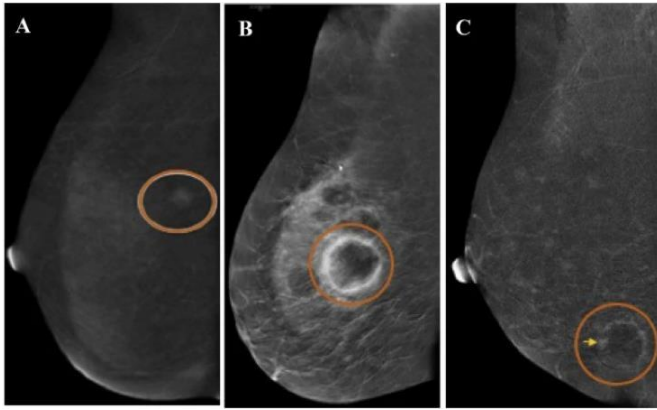
Η επανεξέταση των γυναικών με CESM δεν ανέδειξε νέα καρκινικά ευρήματα παρόλο που η εξέταση με υπέρηχο εντόπισε ακτινολογικά ευρήματα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πως η μαστογραφία με σκιαγραφικό μπορεί να αποτρέψει την περιττή βιοψία καλοηθών μαζών καθώς συνήθως οι ψηλαφητές μάζες διερευνώνται μέσω βιοψίας. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της CESM είναι η δυνατότητα απεικόνισης τόσο του μαστού που περιλαμβάνει την ψηλαφητή μάζα όσο και του ετερόπλευρου μαστού προκειμένου να αναδειχθεί ένας κρυφός καρκίνος. Η βελτιωμένη ευαισθησία της CESM οφείλεται στην ικανότητα εντοπισμού όγκου που κανονικά θα καλυπτόταν

από το πυκνό παρέγχυμα του μαστού. Επίσης, η μαστογραφία με σκιαγραφικό προσφέρει πληροφορίες σχετικά με την έκταση της νόσου και έχει την ικανότητα να εντοπίζει πολυεστιακούς όγκους. Όπως αναφέρθηκε ήδη στην συγκεκριμένη μελέτη, η μαστογραφία με σκιαγραφικό ανέδειξε δυο καρκίνους στον αντίθετο μαστό από τον μαστό αναφοράς σε αντίθεση με τη συμβατική μαστογραφία και τον υπέρηχο.

Είναι σημαντικό να αναφερθούν και τα μειονεκτήματα της μαστογραφίας με σκιαγραφικό. Αρχικά, η μαστογραφία με σκιαγραφικό όπως και η τυπική μαστογραφία δεν συσχετίζουν άμεσα τα κλινικά και τα απεικονιστικά ευρήματα όπως γίνεται στην υπερηχογραφία. Επιπλέον, τόσο η CESH όσο και η συμβατική μαστογραφία μπορεί να μην περιλαμβάνουν μια μάζα που βρίσκεται πίσω ή δίπλα στο θωρακικό τοίχωμα με αποτέλεσμα μια ψευδώς αρνητική εξέταση μαστογραφίας. Επιπρόσθετα, η CESH είναι λιγότερο ευαίσθητη στα σφάλματα κίνησης και ο χρόνος έκθεσης είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με την συμβατική μαστογραφία. Η πιθανή κίνηση μπορεί να δημιουργήσει θόλωμα στην ανασυνδυασμένη εικόνα. Τέλος, η μαστογραφία με σκιαγραφικό απαιτεί την ενδοφλέβια χορήγηση σκιαγραφικού εκθέτοντας την εξεταζόμενη σε αυξημένη δόση ακτινοβολίας (Sorin *et al.*, 2020), (James & Tennant, 2018).



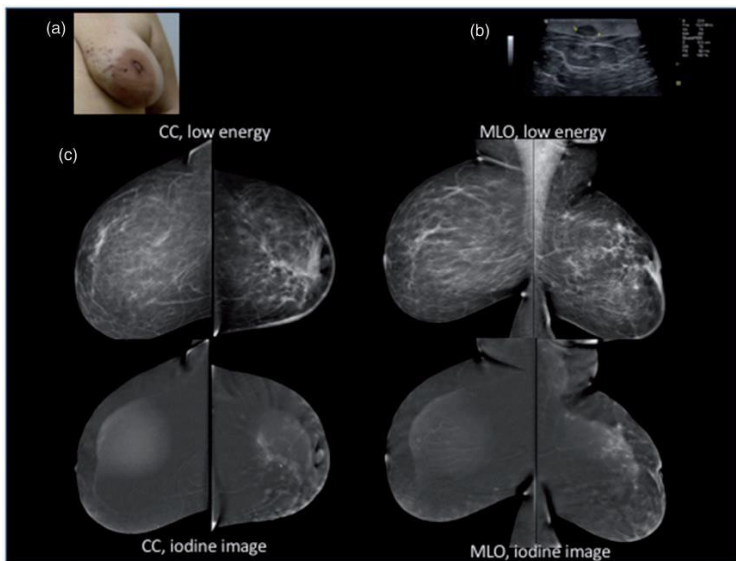
Εικόνα 24 : Παράδειγμα περιορισμού απεικόνισης μαζών που γειτνιάζουν με το θωρακικό τοίχωμα. Γυναίκα 53 ετών προσέρχεται με ψηλαφητή μάζα στον αριστερό μαστό στο κάτω έσω τεταρτημόριο. Μόνο στη λοξή λήψη της μαστογραφίας με σκιαγραφικό, απεικονίζεται μια περιοχή με μερική ενίσχυση δίπλα στο θωρακικό τοίχωμα (βέλος). (b) απεικόνιση της μάζας με υπέρηχο (c) ιστοπαθολογική ανάλυση ανέδειξε μάζα μεγέθους 2 cm (Sorin *et al.*, 2020).



Εικόνα 25 : Παρουσίαση μαζών ως περιοχή ανώμαλης ενίσχυσης χρησιμοποιώντας CEM. A) συμπαγής μάζα με σκιαγραφική ενίσχυση B) περιφερικά ενισχυόμενη μάζα C) συνθέτη μυστική και συμπαγής μάζα με οζώδη ενίσχυση (βέλος) (Hannsun *et al.*, 2021).

3.3 Χρήση CEM σε ασθενείς με αντενδείξεις για εξέταση μαγνητικής μαστογραφίας (MRI)

Η μαγνητική τομογραφία είναι μια τεχνική απεικόνισης, κατά την οποία λαμβάνονται εικόνες χωρίς την χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Η εικόνα μαγνητικής τομογραφίας προκύπτει με τη βοήθεια ισχυρών μαγνητικών πεδίων και ειδικών πηνίων που εκπέμπουν και λαμβάνουν ραδιοσυχνότητες. Μετά από μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε 118 ασθενείς, αποδείχθηκε πως η CEM είναι μια εφικτή και ακριβής εναλλακτική μέθοδος για ασθενείς που παρουσιάζουν αντενδείξεις(κλειστοφοβία, μεταλλικά εμφυτεύματα, βηματοδότες) για μαγνητική τομογραφία, γνωρίζοντας βέβαια τους τεχνικούς περιορισμούς της συγκεκριμένης μεθόδου. Από την έρευνα εξαιρέθηκαν οι περιπτώσεις εγκυμοσύνης, ο θηλασμός, τα εμφυτεύματα στήθους, η μειωμένη νεφρική λειτουργία, ο υπερθυρεοειδισμός και οι περιπτώσεις αλλεργιών στο ιωδιούχο σκιαγραφικό. Η CEM ήταν εφαρμόσιμη και με υψηλότερη διαγνωστική αξία από την απλή μαστογραφία. Επίσης, αποτελεί μια πιθανή εναλλακτική λύση με πλεονεκτήματα όσον αφορά το κόστος, την αποδοτικότητα, τον μικρότερο χρόνο εξέτασης και την ευκολία πραγματοποίησης της εξέτασης (Richter *et al.*, 2017).



Εικόνα 26 : Στην εικόνα (a) εμφανίζεται η κλινική εξέταση του μαστού. (b) Στον υπέρηχο αναδεικνύεται διάχυτη διήθηση του δερματικού όγκου (c) Η CEM αδυνατεί να διαφοροποιήσει τις ενδομυελικές βλάβες από τη δερμική επικάλυψη (Richter *et al.*, 2017).

3.3.1 Χρησιμότητα CEM

Η μαστογραφία με σκιαγραφική αντίθεση αποτελεί μια εξειδικευμένη τεχνική απεικόνισης που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση του μαστού για τους παρακάτω λόγους :

- Η CEM προσφέρει βελτιωμένη ανίχνευση απεικονίζοντας μη φυσιολογικές αλλοιώσεις του μαστού που δεν εντοπίζονται εύκολα στην συμβατική μαστογραφία και ειδικά σε γυναίκες με πυκνό μαστό.
- Η συγκεκριμένη τεχνική βοηθάει στην διαφοροδιάγνωση μεταξύ καλοήθων και κακοήθων αλλοιώσεων στις περιπτώσεις υπόπτων αλλοιώσεων. Επίσης, η σκιαγραφική αντίθεση αναδεικνύει την ροή αίματος εντός των βλαβών, ενισχύοντας την διαγνωστική ακρίβεια.
- Οι σαφέστερες εικόνες που παρέχονται μέσω της CEM προσφέρουν πλήθος πληροφοριών με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται η ανάγκη για επιπλέον απεικονιστικές εξετάσεις ή επιπλέον αξιολόγηση, μειώνοντας το άγχος και την ανησυχία των ασθενών.
- Η CEM μπορεί να συμπληρώσει μια άλλη απεικονιστική μέθοδο όπως ένα υπερηχογράφημα ή μια μαγνητική τομογραφία.

- Μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε συγκεκριμένες καταστάσεις όπως οι περιπτώσεις αξιολόγησης ασθενών υψηλού κινδύνου με ιστορικό καρκίνου του μαστού, όπου η υψηλή ευαισθησία ανίχνευσης είναι υψίστης σημασίας (Ghaderi *et al.*, 2019).

Η CESM εξελίσσεται σε πολύτιμο εργαλείο για τη διάγνωση και τη σταδιοποίηση του πρωτοπαθούς καρκίνου. Βελτιώνει τη διαγνωστική ακρίβεια της μαστογραφίας παρέχοντας ακρίβεια όσον αφορά τις διαστάσεις του όγκου και αναγνώριση της πολυεστιακής νόσου, κυρίως σε γυναίκες με πυκνότερους μαστούς. Επίσης, η CESM αποτελεί μία πολλά υποσχόμενη απεικονιστική μέθοδο σε συμπτωματικούς ασθενείς, παρέχοντας βελτιωμένες διαγνωστικές πληροφορίες και πληροφορίες σταδιοποίησης (James & Tennant, 2018), (Dromain *et al.*, 2008).

Κεφάλαιο 4 Ποιότητα εικόνας

Η απεικόνιση είναι ζωτικής σημασίας για διάφορες πτυχές της ιατρικής όπως είναι η ανίχνευση και η διάγνωση μιας νόσου, ο σχεδιασμός θεραπείας καθώς και η παρακολούθηση ανταπόκρισης στη θεραπεία. Ο σκοπός της ιατρικής απεικόνισης είναι η ενημέρωση για κλινικές αποφάσεις για τον λόγο αυτό τα απεικονιστικά μηχανήματα σχεδιάζονται ώστε να μεγιστοποιούν την ποιότητα εικόνας. Η ποιότητα εικόνας στην ιατρική απεικόνιση αναφέρεται στην σαφήνεια, την ακρίβεια και το επίπεδο λεπτομέρειας των εικόνων που παράγονται από διάφορες μεθόδους απεικόνισης όπως είναι η αξονική και μαγνητική τομογραφία, οι υπέρηχοι και η μαγνητική τομογραφία. Η ποιότητα των εικόνων παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαγνωστική διαδικασία καθώς βοηθάει τους επαγγελματίες υγείας να επιτύχουν μια ακριβή διάγνωση.

4.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα εικόνας στην ιατρική απεικόνιση

Υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα εικόνας με διαφορετικούς τρόπους με αποτέλεσμα να βελτιώνουν ή να μειώνουν την ποιότητα εικόνας. Οι παράμετροι αυτοί είναι :

- Χωρική ανάλυση: η ικανότητα του συστήματος απεικόνισης να διακρίνει δομές ή λεπτομέρειες εντός μιας εικόνας. Η υψηλή χωρική ανάλυση επιτρέπει την καλύτερη παρατήρηση λεπτών ανατολικών λεπτομερειών.
- Ανάλυση αντίθεσης: η ικανότητα του συστήματος απεικόνισης να διακρίνει μεταξύ δομών ή ιστών με διαφορετικές πυκνότητες. Η υψηλή ανάλυση αντίθεσης επιτρέπει την καλύτερη διάκριση μεταξύ διαφορετικών τύπων ιστών.
- Θόρυβος: ανεπιθύμητες τυχαίες διακυμάνσεις στις τιμές των εικονοστοιχείων ή στη φωτεινότητα που μπορεί να μειώσουν την ποιότητα της εικόνας. Χαμηλά επίπεδα θορύβου έχουν σαν αποτέλεσμα πιο ακριβείς εικόνες.
- Ψευδενδείξεις: παραμορφώσεις στην εικόνα που δεν αντιστοιχούν σε πραγματική αναπαράσταση της απεικονιζόμενης ανατομίας. Η ελαχιστοποίηση των ψευδενδείξεων αυξάνει την ποιότητα της εικόνας
- Ομοιομορφία εικόνας: η ομοιομορφία μιας εικόνας συνεισφέρει στην καλύτερη ποιότητα αποτρέποντας τις διακυμάνσεις της φωτεινότητας ή της πυκνότητας με αποτέλεσμα να επηρεαστεί η διαγνωστική αξία της εικόνας.

- Βελτιστοποίηση δόσης: οι εικόνες υψηλής διαγνωστικής αξίας πρέπει να λαμβάνονται με την χαμηλότερη δυνατή δόση ακτινοβολίας.
- Δυνατότητα επεξεργασίας: το λογισμικό επεξεργασίας παίζει σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση της ποιότητας της εικόνας καθώς υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης ορισμένων παραμέτρων μετά την απόκτηση της εικόνας (Graff & Sidky 2015).
- Κίνηση: η κίνηση της εξεταζόμενης μειώνει την ποιότητα εικόνας στη CEM για τον λόγο αυτό ζητείται από την εξεταζόμενη να μένει ακίνητη και γίνεται και χρήση πίεστρου.
- Άλλοι παράγοντες: τα μαλλιά της εξεταζόμενης πρέπει να είναι τραβηγμένα προς τα πίσω ώστε να μην προβάλλονται στην εικόνα καλύπτοντας κάποια πιθανή ανωμαλία. Επίσης το πηγούνι και ωμός θα πρέπει να απουσιάζουν από την λήψη όπως επίσης και τα ρούχα, τα γυαλιά ή τα κοσμήματα θα πρέπει να αφαιρούνται πριν ξεκινήσει η τοποθέτηση.
- Αέρας: είναι πιθανό ο αέρας να παγιδευτεί μέσα στις πτυχές του δέρματος με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μαύρες γραμμές στην εικόνα με κίνδυνο να κρύβουν κάποια βλάβη. (Bhimani *et al.*, 2017), (Fausto *et al.*, 2016)

4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα εικόνας της CEM

Στη μαστογραφία ενισχυμένη με σκιαγραφικό, η επίτευξη λήψης εικόνων υψηλής ποιότητας είναι ζωτικής σημασίας καθώς συμβάλει στην έγκαιρη ανίχνευση καρκινικών όγκων σε πρώιμο στάδιο. Ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα εικόνας στη μαστογραφία με σκιαγραφικό είναι :

- Η χορήγηση του ιωδιούχου σκιαγραφικού: Ο παράγοντας αυτός αφορά την σωστή δοσολογία, τον κατάλληλο χρόνο και την τεχνική έγχυσης με σκοπό την καλύτερη δυνατή ενίσχυση των αιμοφόρων αγγείων και των υπόπτων περιοχών.
- Εξοπλισμός απεικόνισης : Η παρουσία των κατάλληλων μηχανημάτων ή η τροποποίηση του λογισμικού των μηχανημάτων που υπάρχουν ήδη για να επιτύχουν τη λήψη εικόνων πριν και μετά τη χορήγηση του σκιαγραφικού καθώς και την βελτιστοποίηση της απεικόνισης των περιοχών με σκιαγραφική ενίσχυση.

- Επεξεργασία εικόνας : Εξειδικευμένα πρωτόκολλα βελτιστοποιούν τις εικόνες που λαμβάνονται μετά την λήξη της εξέτασης με σκοπό τη βελτίωση της αντίθεσης και τη μείωση των ψευδενδείξεων.
- Χωρική ανάλυση και ανάλυση αντίθεσης: Η χωρική ανάλυση είναι πολύ σημαντική στην απεικόνιση λεπτομερειών εντός του μαστικού παρεγχύματος. Η ανάλυση αντίθεσης είναι απαραίτητη για τη διάκριση των περιοχών που προσλαμβάνουν σκιαγραφικό σε σχέση με το υπόστρωμα.
- Βελτιστοποίηση της δόσης: Η βελτιστοποίηση της δόσης είναι σημαντική σε όλες τις εξετάσεις που χρησιμοποιούν ιοντίζουσα ακτινοβολία αλλά στην περίπτωση της μαστογραφίας έχει ιδιαίτερη σημασία λόγω της ακτινοευαισθησίας του μαστού και της μορφολογίας του.
- Αρνητική ενίσχυση αντίθεσης : κατά την απεικόνιση μια κύστης, δεν ανιχνεύεται κάποια ενίσχυση στην εικόνα αφαίρεσης με αποτέλεσμα την παρουσία μιας υπόπυκνης περιοχής σε σχέση με το υπόβαθρο.
- Τεχνογνωσία του τεχνολόγου: Ο ρόλος του τεχνολόγου-ακτινολόγου είναι πολύ σημαντικός τόσο στην σωστή τοποθέτηση της εξεταζόμενης όσο και στις βέλτιστες τεχνικές απεικόνισης (Jochelson & Lobbes 2021) , (Polat et al., 2020), (Bhimani *et al.*, 2017).

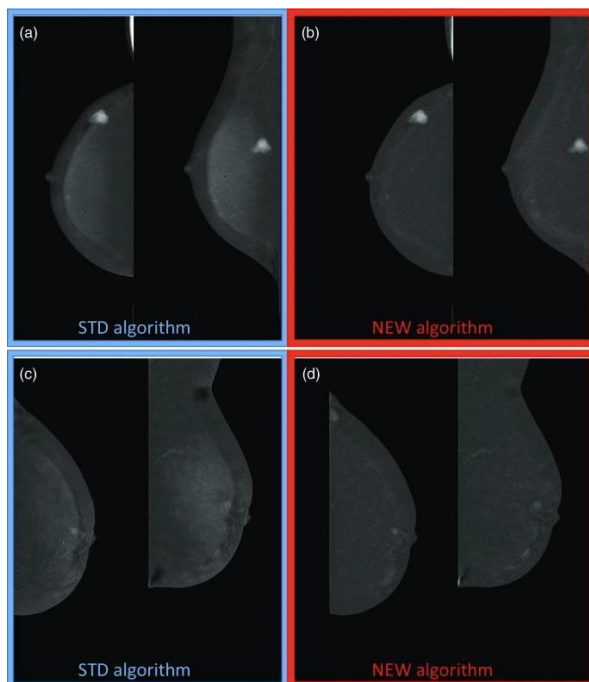
4.3 Βελτίωση ποιότητας εικόνας στη CEM

Η Gissela Gerrano et al. μελέτησαν τη βελτίωση της ποιότητας εικόνας στη CEM μέσω ενός νέου αλγόριθμου που αναπτύχθηκε με σκοπό τη μείωση των ψευδενδείξεων με ταυτόχρονη ανάδειξη της σκιαγραφικής ενίσχυσης. Μελετήθηκαν 134 μαστογραφίες με σκιαγραφικό με στόχο την διαγνωστική ικανότητα της CEM έναντι της μαγνητικής μαστογραφίας σε γυναίκες με αυξημένη πιθανότητα ανάπτυξης καρκίνου του μαστού. Οι εικόνες αξιολογήθηκαν από τέσσερις έμπειρους ακτινολόγους που συνέκριναν τις τυπικές μαστογραφίες με σκιαγραφικό (STD) με τις μαστογραφίες με σκιαγραφικό μετά την επεξεργασία με τον νέο αλγόριθμο. Οι βασικές ψευδενδείξεις είναι η επιπροβολή των μαλακών ιστών του μαστού(breast in breast), ο κυματισμός (πιθανώς σχετίζεται τους καρδιακούς παλμούς), η ενίσχυση των δερματικών πτυχών και η ένταση της πιθανής πρόσληψης του σκιαγραφικού. Θα πρέπει να αναφερθεί πως ορισμένες ψευδενδείξεις

που αφορούν την CEM έχουν άμεση εξάρτηση από τον εκάστοτε κατασκευαστή, δηλαδή αφορούν τις τεχνολογικές διαφορές μεταξύ του εξοπλισμού και του αλγορίθμου αφαίρεσης.

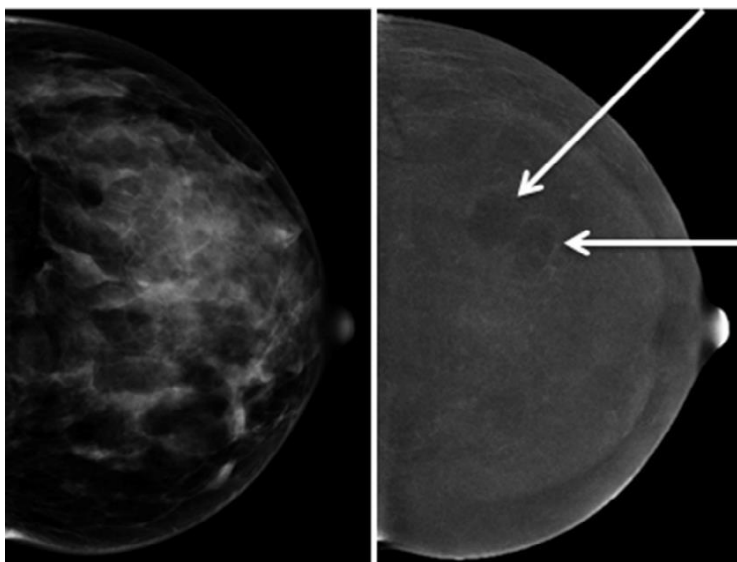
Ο νέος αλγόριθμος CEM εφαρμόζεται αυτόματα και πραγματοποιεί μια αρχική επεξεργασία στις μη επεξεργασμένες εικόνες χαμηλής ενέργειας ώστε να αξιολογηθούν μαζί με τις εικόνες αφαίρεσης, που ενισχύουν την πιθανή πρόσληψη σκιαγραφικού, και στη συνέχεια συνδυάζονται με τις μη επεξεργασμένες εικόνες χαμηλής και υψηλής ενέργειας από κάθε προβολή μαστογραφίας. Για τους σκοπούς της μελέτης, οι εικόνες χαμηλής και υψηλής ενέργειας επεξεργάστηκαν δυο φορές, αρχικά ληφθήκαν οι τυπικές εικόνες CEM και στη συνέχεια ληφθήκαν οι εικόνες αφαίρεσης χρησιμοποιώντας τον νέο αλγόριθμο που σκοπεύει να μειώσει τις ψευδενδείξεις.

Η μελέτη απέδειξε πως ο νέος αλγόριθμος αφαίρεσης διπλής ενέργειας είναι αποτελεσματικός στη μείωση και εξάλειψη των ψευδενδείξεων διατηρώντας την σκιαγραφική ενίσχυση των βλαβών (Gennaro *et al.*, 2022).

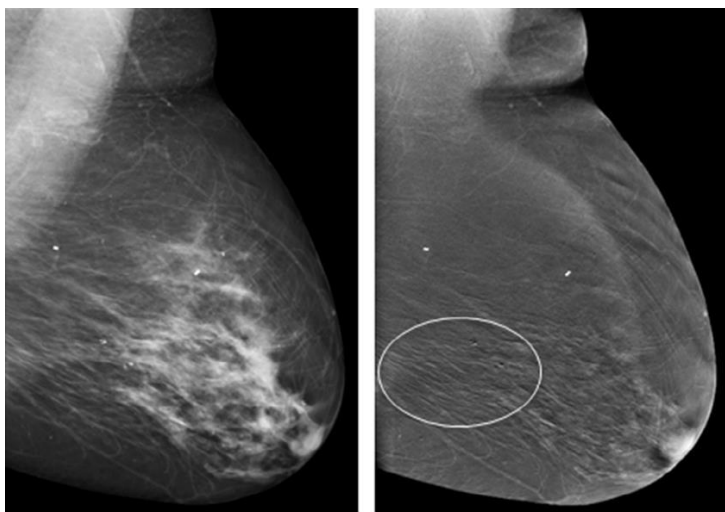


Εικόνα 27: Γυναίκα 55 ετών με υψηλό κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του μαστού. a) FACE και λοξές προβολές χρησιμοποιώντας τον τυπικό αλγόριθμο, εμφανίζεται ύποπτη περιοχή με σκιαγραφική ενίσχυση και διάχυτη ενίσχυση της μήτρας του μαστού b) FACE και λοξές προβολές χρησιμοποιώντας τον νέο αλγόριθμο εμφανίζοντας με την ίδια σκιαγραφική πρόσληψη χωρίς την διάχυτη ενίσχυση της μήτρας . Γυναίκα 62 ετών με πυκνούς μαστούς παρουσιάζει πρόσληψη

σκιαγραφικού που αντιστοιχεί σε στρογγυλή βλάβη 7 mm πίσω από τη θηλή c) FACE και λοξές προβολές χρησιμοποιώντας τον τυπικό αλγόριθμο όπου ψευδένδειξη breast in breast d) FACE και λοξές προβολές χρησιμοποιώντας τον νέο αλγόριθμο όπου οι ψευενδείξεις εξαλείφονται και η βλάβη είναι πιο εμφανής.



Εικόνα 28 : Γυναίκα 53 ετών με πυκνό παρέγχυμα μαστών υποβλήθηκε σε CEM, ανακαλύπτοντας την παρουσία δυο κύστεων (βέλη) στην δεξιά εικόνα, ενώ δεν εκτιμήθηκαν στην εικόνα χαμηλής ενέργειας αριστερά (Bhimani *et al.*, 2017).



Εικόνα 29: Ψευδένδειξη του κυματισμού. Γυναίκα 65 ετών υποβλήθηκε σε CEM λόγω μη φυσιολογικών ευρημάτων στο δεξιό μαστό. Οι εναλλασσόμενες λευκές και μαύρες εικόνες στις λοξές λήψεις αντιπροσωπεύουν την ψευδένδειξη του κυματισμού (οβάλ) (Bhimani *et al.*, 2017).

Βιβλιογραφία

1. Βλάχος, Λ. (2000) Σύγχρονη Διαγνωστική Απεικόνιση. Αθήνα : Ιατρικές Εκδόσεις Χρήστος Βασιλειάδης
2. Γεωργίου, Ε. (2014) Ιατρική Φυσική. Αθήνα : Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης
3. Δημητρίου, Σ. (2021) Ανοσοιστοχημική μελέτη της έκφρασης της πρωτεΐνης MAGE-C1 στο καρκίνωμα του μαστού: Συσχετισμός με κλινικοιστοπαθολογικές παραμέτρους. Πτυχιακή Εργασία
4. Δρεβελέγκας, Α. (2012) Κλινική Ακτινολογία. Αθήνα : Ιατρικές Εκδόσεις Κωνσταντάρας
5. Πεκτασίδης, Δ. (2017) Γυναικολογική Ογκολογία. Αθήνα : Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης
6. Φωτίου, Σ. (2009) Γυναικολογική Ογκολογία. Αθήνα : Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης
7. Badr, S. *et al.* (2014) “Dual-energy contrast-enhanced digital mammography in routine clinical practice in 2013,” *Diagnostic and Interventional Imaging*, 95(3), pp. 245–258. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.diii.2013.10.002>.
8. Bassett, L. and Gold, R. (1988) “The evolution of mammography,” *American Journal of Roentgenology*, 150(3), pp. 493–498. Available at: <https://doi.org/10.2214/ajr.150.3.493>.
9. Ben-Dror, J., Shalamov, M. and Sonnenblick, A. (2022) “The History of Early Breast Cancer Treatment,” *Genes*, 13(6), p. 960. Available at: <https://doi.org/10.3390/genes13060960>.
10. Bhimani, C. *et al.* (2017) “Contrast-enhanced Spectral Mammography Modality-Specific Artifacts and Other Factors Which May Interfere with Image Quality,” *Academic Radiology*, 24(1), pp. 89–94. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.acra.2016.08.024>.
11. Chong, A. *et al.* (2019) “Digital Breast Tomosynthesis: Concepts and Clinical Practice,” *Radiology*, 292(1), p. 180760. Available at: <https://doi.org/10.1148/radiol.2019180760>.
12. Dromain, C. *et al.* (2008) “Angiomammographie : principes et applications,” *Imagerie de la Femme*, 18(3), pp. 191–198. Available at: [https://doi.org/10.1016/s1776-9817\(08\)77199-2](https://doi.org/10.1016/s1776-9817(08)77199-2).
13. Fausto, A.M.F. *et al.* (2016) “Optimization of Image Quality and Dose in Digital Mammography,” *Journal of digital imaging*, 30(2), pp. 185–196. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10278-016-9928-3>.
14. FDA (2022) Iodinated Contrast Media (ICM). Available at: <https://www.fda.gov/drugs/information-drug-class/iodinated-contrast-media-icm>

(Accessed: 12 August 2023)

15. Gennaro, G. *et al.* (2022) "Artifact reduction in contrast-enhanced mammography," *Insights into Imaging*, 13(1), p. 90. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13244-022-01211-w>.
16. Ghaderi, K.F. *et al.* (2019) "Contrast-enhanced Mammography: Current Applications and Future Directions," *RadioGraphics*, 39(7), pp. 1907–1920. Available at: <https://doi.org/10.1148/rq.2019190079>.
17. Graff, C.G. and Sidky, E.Y. (2015) "Compressive sensing in medical imaging.," *Applied optics*, 54(8), pp. C23-44. Available at: <https://doi.org/10.1364/ao.54.000c23>.
18. Hannsun, G. *et al.* (2021) "Contrast-Enhanced Mammography: Technique, Indications, and Review of Current Literature," *Current Radiology Reports*, 9(11), p. 12. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40134-021-00387-1>.
19. Huda, W. and Abrahams, R.B. (2015) "X-Ray-Based Medical Imaging and Resolution," *American Journal of Roentgenology*, 204(4), pp. W393–W397. Available at: <https://doi.org/10.2214/ajr.14.13126>.
20. James, J. (2022) "Contrast-enhanced spectral mammography (CESM)-guided breast biopsy as an alternative to MRI-guided biopsy," *The British Journal of Radiology*, 95(1132), p. 20211287. Available at: <https://doi.org/10.1259/bjr.20211287>.
21. James, J.J. and Tennant, S.L. (2018) "Contrast-enhanced spectral mammography (CESM)," *Clinical Radiology*, 73(8), pp. 715–723. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.crad.2018.05.005>.
22. Jenkins, D. (1980) "Radiographic Photography and Imaging Processes," pp. 59–76. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-009-8692-3_5.
23. Jochelson, M.S. and Lobbes, M.B.I. (2021) "Contrast-enhanced Mammography: State of the Art," *Radiology*, 299(1), pp. 36–48. Available at: <https://doi.org/10.1148/radiol.2021201948>.
24. Kimme-Smith, C. *et al.* (1994) "Mammograms obtained with rhodium vs molybdenum anodes: contrast and dose differences.," *American Journal of Roentgenology*, 162(6), pp. 1313–1317. Available at: <https://doi.org/10.2214/ajr.162.6.8191989>.
25. Kimme-Smith, C. *et al.* (1989) "Film-screen mammography x-ray tube anodes: Molybdenum versus tungsten," *Medical Physics*, 16(2), pp. 279–283. Available at: <https://doi.org/10.1118/1.596422>.
26. Lalji, U. and Lobbes, M. (2014) "Contrast-enhanced dual-energy mammography: a promising new imaging tool in breast cancer detection," *Women's Health*, 10(3), pp. 289–298. Available at: <https://doi.org/10.2217/whe.14.18>.
27. Lobbes, M.B.I. *et al.* (2013) "Contrast enhanced mammography: Techniques, current results, and potential indications," *Clinical Radiology*, 68(9), pp. 935–944. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.crad.2013.04.009>.

28. Mayo Clinic (2023) Mammogram. Available at:

<https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/mammogram/about/pac-20384806>

(Accessed: 26 April 2023)

29. Neeter, L.M.F.H. *et al.* (2021) "Contrast-enhanced mammography: what the radiologist needs to know," *BJR Open*, 3(1), p. 20210034. Available at: <https://doi.org/10.1259/bjro.20210034>.

30. Polat, D.S., Evans, W.P. and Dogan, B.E. (2020) "Contrast-Enhanced Digital Mammography: Technique, Clinical Applications, and Pitfalls," *American Journal of Roentgenology*, 215(5), pp. 1267–1278. Available at: <https://doi.org/10.2214/ajr.19.22412>.

31. RadiologyInfo.org (2023) Mammography. Available at:

<https://www.radiologyinfo.org/en/info/mammo>

(Accessed: 30 April 2023)

32. Richter, V. *et al.* (2017) "Contrast-enhanced spectral mammography in patients with MRI contraindications," *Acta Radiologica*, 59(7), pp. 798–805. Available at: <https://doi.org/10.1177/0284185117735561>.

33. Shiffman, M.A. (2014) "Aesthetic Surgery of the Breast," pp. 43–44. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-662-43407-9_5.

34. Sorin, V. *et al.* (2020) "Contrast-enhanced spectral mammography (CESM) in women presenting with palpable breast findings," *Clinical Imaging*, 61, pp. 99–105. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2020.01.019>.

35. Zubor, P. *et al.* (2019) "Why the Gold Standard Approach by Mammography Demands Extension by Multiomics? Application of Liquid Biopsy miRNA Profiles to Breast Cancer Disease Management," *International Journal of Molecular Sciences*, 20(12), p. 2878. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms20122878>.

Johns Hopkins Medicine Organization. Available at:

<https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/mammogram-procedure> Accessed: 24 April 2023

Edward, Hendrick. "T2-Weighted Fast-Spin Echo Image Showing Cysts as Bright Uniform Signal ..." *Researchgate.Net*, 2004, www.researchgate.net/figure/T2-weighted-fast-spin-echo-image-showing-cysts-as-bright-uniform-signal-areas-in-the-left_fig4_228996690.