

ΤΟΜΟΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ  
ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ  
ΣΚΙΑΓΡΑΦΙΚΟΥ.  
ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΣΤΗ ΔΟΣΗ;

ΕΛΣΑ ΤΖΑΜΙΧΑ

Ακτινοφυσικός MSc

Υποψήφια Διδάκτωρ Ιατρικής Σχολής

Πανεπιστημίου Αθηνών

Νοέμβριος 2016

# ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΜΟΣΥΝΘΕΣΗΣ

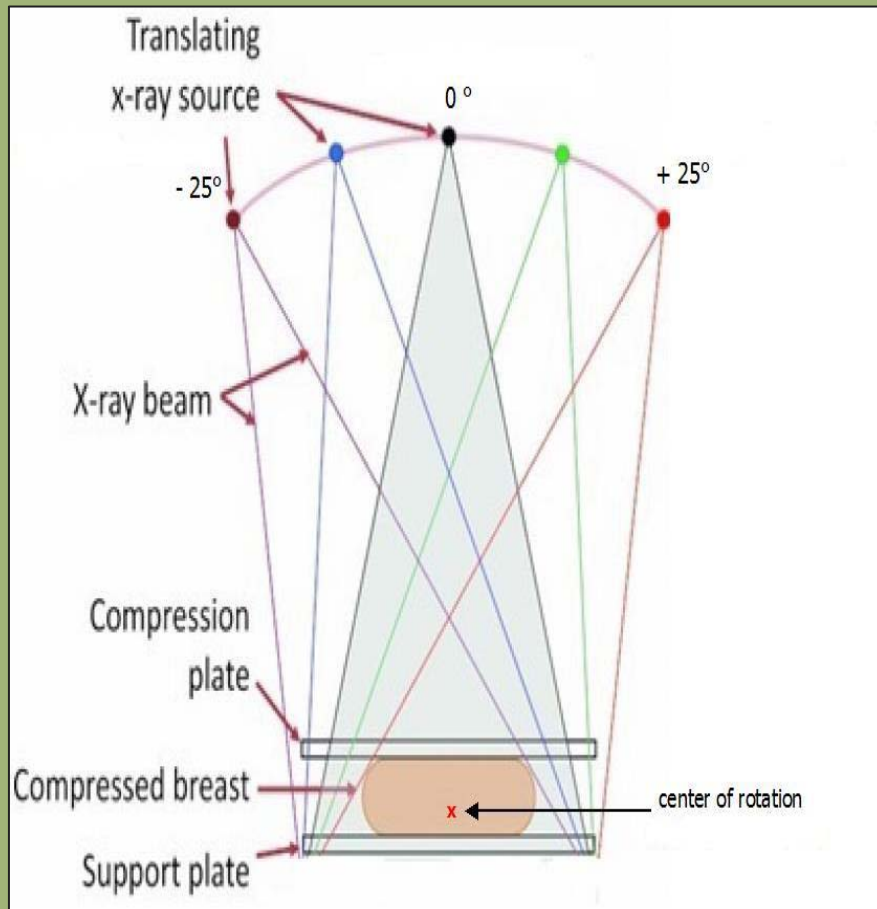
- Απεικονιστική μέθοδος για διάγνωση και προσυμπτωματικό έλεγχο του καρκίνου του μαστού.
- **Ελπιδοφόρα** αποτελέσματα μελετών\*:
  1. Μείωση των ποσοστών επανάληψης των εξετάσεων κατά 20% έως 59%.
  2. Αύξηση των ποσοστών ανίχνευσης κατά 10% έως 53%.
  3. Αύξηση της ευαισθησίας σε προσυμπτωματικό έλεγχο καρκίνου του μαστού καθώς με την τομοσύνθεση αποφεύγεται το φαινόμενο της υπέρθεσης των ιστών, κάτι που συμβαίνει πολύ συχνά σε πολύ πυκνούς μαστούς κατά την απλή ψηφιακή μαστογραφία.

1, Moore RH, Kopans DB, Rafferty EA, Georgian-Smith D, Hitt RA, Yeh ED, Initial callback rates for conventional and digital breast tomosynthesis mammography comparison in the screening setting [abstr], In: Radiological Society of North America Scientific Assembly and Annual Meeting Program, Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2007; 381

2, Helvie MA, Roubidoux MA, Hadjiiski LM, Zhang Y, Carson PL, Chan HP, Tomosynthesis mammography versus conventional mammography: comparison of breast masses detection and characterization [abstr], In: Radiological Society of North America Scientific Assembly and Annual Meeting Program, Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2007; 381

3, Poplack SP, Tosteson TD, Kogel CA, Nagy HM, Digital breast tomosynthesis: initial experience in 98 women with abnormal digital screening mammography, AJR Am J Roentgenol 2007;189(3):616–623

# ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΜΟΣΥΝΘΕΣΗΣ



- Περιστροφή λυχνίας (σε ένα μόνο επίπεδο) γύρω από το σταθερά συμπιεσμένο μαστό.
- Λειτουργία της λυχνίας: συνεχής ή step and shoot.
- Εύρος του τόξου λυχνίας:  $11^\circ - 50^\circ$
- Αριθμός προβολών: 9 - 25.
- Ο ανιχνευτής μπορεί να είναι στατικός ή δύναται να κινείται .
- Αποκτάται μια σειρά από εικόνες του μαστού για κάθε θέση της λυχνίας και εν συνεχεία με χρήση αλγορίθμου ανακατασκευής γίνεται εκτίμηση της 3D κατανομής των ιστών.

# ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΚΙΑΓΡΑΦΙΚΟΥ (1)

Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται :

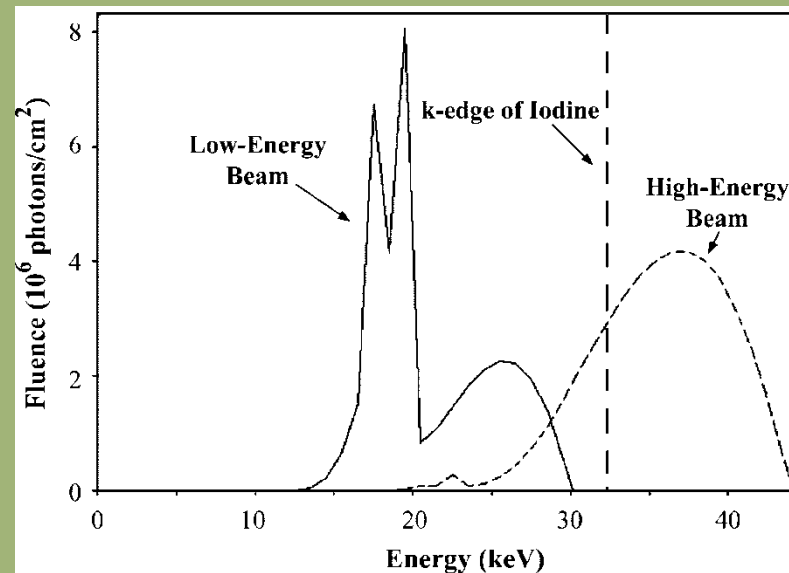
- έγκαιρη διάγνωση καρκίνου του μαστού
- ανάδειξη πολυεστικών ή πολυκεντρικών καρκίνων του μαστού
- γίνεται διερεύνηση ύποπτων ευρημάτων
- τροποποίηση σχεδιασμού χειρουργικής επέμβασης
- ελάττωση αριθμού μαγνητικών μαστογραφιών
- αποφυγή άσκοπων βιοψιών του μαστού
- αποφυγή άσκοπων χειρουργείων
- Η μέθοδος έχει εξαιρετικά αποτελέσματα σε γυναίκες με πυκνούς μαστούς ή σε νεώτερες γυναίκες
- Η ευαισθησία της μεθόδου κυμαίνεται από 80% - 92%.

Ακτινολογικό τμήμα Νοσοκομείου "Αλεξάνδρα": διενέργεια εφαρμογής του παραπάνω πρωτοποριακού διαγνωστικού ελέγχου για ανάδειξη και κατηγοριοποίηση υπόπτων στη μαστογραφία ευρημάτων.

- 1, Lewin JM, Isaacs PK, Vance V, Larke FJ: Dual-energy contrast-enhanced digital subtraction mammography: feasibility, Radiology 2003, 229:261-268
- 2, Jong RA, Yaffe MJ, Skarpathiotakis M, Shumak RS, Danjoux NM, Gunsekara A, Plewes DB: Contrast-enhanced digital mammography: initial clinical experience, Radiology 2003, 228:842-850
- 3, Diekmann F, Diekmann S, Jeunehomme F, Muller S, Hamm B, Bick U: Digital mammography using iodine-based contrast media: initial clinical experience with dynamic contrast medium enhancement, Invest Radiol 2005, 40:397-404
- 4, Dromain C, Balleyguier C, Muller S, Mathieu MC, Rochar F, Opolon P, Sigal R: Evaluation of tumor angiogenesis of breast carcinoma using contrast enhanced digital mammography, Am J Roentgenol 2006, 187: W528-W537
- 5, Dromain C, Thibault F, Muller S, Rimareix F, Delaloge S, Tardivon A, Balleyguier C: Dual-energy contrast-enhanced digital mammography: initial clinical results, Eur Radiol 2011, 21:565-574

# ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΚΙΑΓΡΑΦΙΚΟΥ (2)

- Χορήγηση ιωδιούχου σκιαγραφικού.
- Σε μια και μοναδική συμπίεση του μαστού πραγματοποιούνται δυο ακτινοβολήσεις, μια χαμηλής και μια υψηλής ενεργείας.
- Η εικόνα χαμηλής ενεργείας αποκτάται από στόχο Mo ή Rh και φίλτρο Mo ή Rh, Τα kV κυμαίνονται από 26 kVp έως 31 kVp (φάσμα κάτω από την k-κορυφή του ιωδίου που είναι τα 33,2 keV).
- Η εικόνα υψηλής ενεργείας αποκτάται από στόχο Mo και φίλτρο διπλής στρώσης, 0,3 mm Cu και 0,3 mm Al. Τα kV κυμαίνονται από 45 kVp έως 49 kVp. Η μέση ενέργεια αυτού του φάσματος είναι μετά την k-κορυφή του ιωδίου.



# ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑ ΜΑΣΤΟΥ

- **Μέση Αδενική Δόση** (mean glandular dose, MGD) : ορίζεται ως η Μέση Δόση στον Αδενικό Ιστό.
- Η εκτίμηση της μέσης αδενική δόσης γίνεται με της σχέση :

$$Dg = K \cdot g \cdot c \cdot s$$

Όπου: K η έκθεση στην επιφάνεια εισόδου του μαστού  
g ο παράγοντας για το ποσοστό αδενικού ιστού  
c ο παράγοντας για το πάχος του συμπιεσμένου μαστού  
s ο παράγοντας για το φάσμα ακτινοβολίας (στόχος, φίλτρο, kV,)

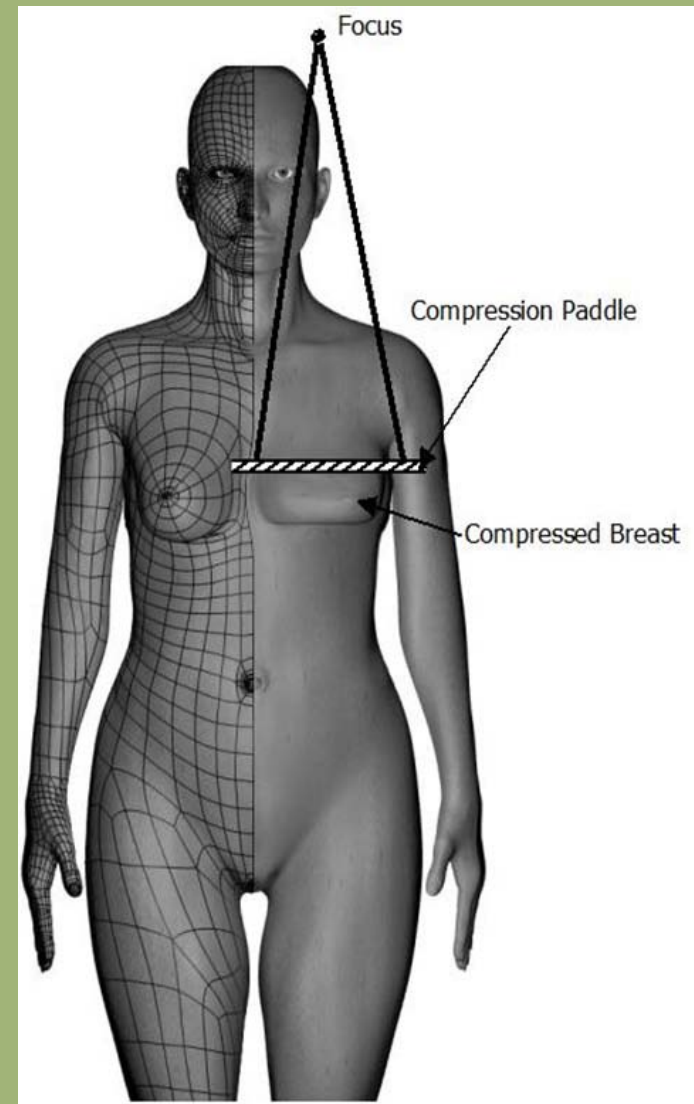
- Για την μαστογραφία τομοσύνθεσης άλλος ένας παράγοντας εισέρχεται και η σχέση γίνεται :

$$Dg = K \cdot g \cdot c \cdot s \cdot T$$

Όπου : T είναι παράγοντας για το τόξο περιστροφής της λυχνίας.

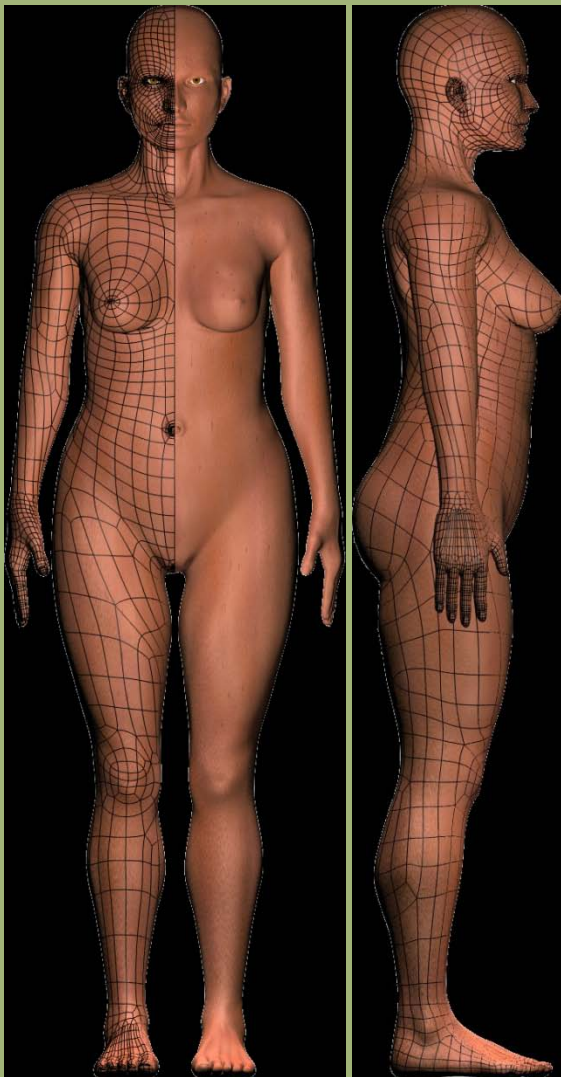
# Monte Carlo

- Εκτίμηση της μέσης αδενικής δόσης με μέθοδο Monte Carlo (EGSnrc).
- Για κάθε προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν  $10^6$  σωματίδια με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο στατιστικό σφάλμα να ήταν 0,6%.
- Χρησιμοποιήθηκε voxel ομοίωμα σε αντίθεση με τα μέχρι τώρα, απλοϊκά ως προς τη δομή, μαθηματικά ομοιώματα μαστού.
- Το πρόγραμμα ακολουθεί τα φωτόνια από το σημείο εξόδου της λυχνίας, προσομοιώνοντας φαινόμενα αλληλεπίδρασης όπως φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, σύμφωνη και ασύμφωνη σκέδαση. Γίνεται καταγραφή άλλων των ενεργειών που εναποτίθενται στο σύνολο του αδενικού ιστού και στη συνέχεια γίνεται η εκτίμηση της μέσης αδενικής δόσης.
- Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις και για τις δυο βασικές προβολές μαστογραφίας, κεφαλουραία (CC) και μεσοπλάγια λοξή (MLO).

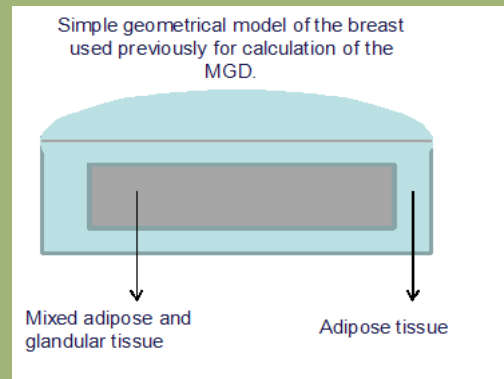
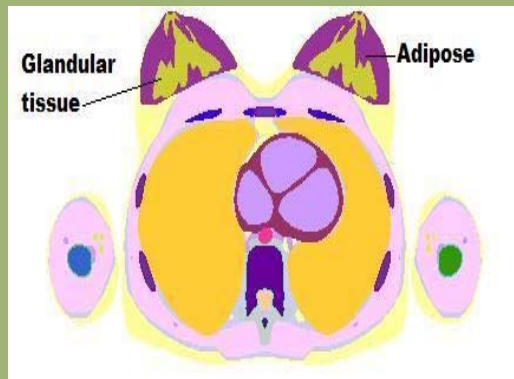


# Voxel Ομοίωμα (1)

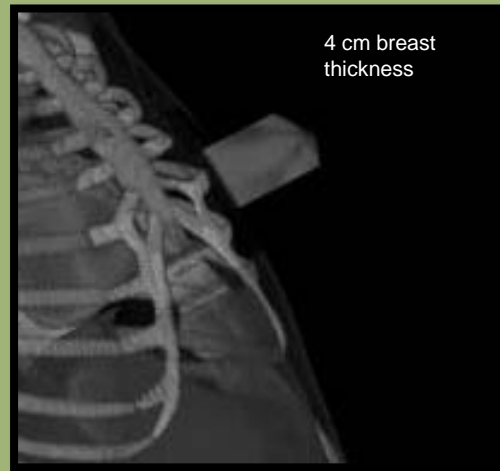
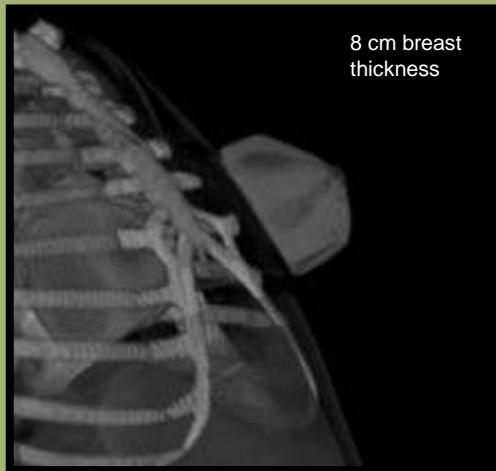
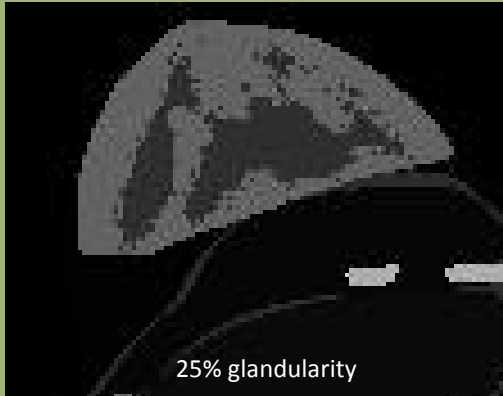
Voxel Phantom



- Το ομοίωμα προέρχεται από μια ολόσωμη αξονική τομογραφία ενήλικης γυναίκας , 1.354 τομών
- Διαστάσεις voxel: 0,12 cm x 0,12cm x 0,12cm
- ICRP89, Συνιστώμενες μάζες οργάνων και ιστών
- Είναι σε όρθια στάση όπως απαιτείται κατά την μαστογραφία (αποφυγή μετατόπισης οργάνων)
- Με χρήση κατάλληλου λογισμικού κάθε μαστός τροποποιήθηκε ως προς το πάχος και τη σύσταση
- Πάχη συμπιεσμένου μαστού από 2 - 8 cm και περιεκτικότητα σε αδένα από 1% - 100%



## Voxel Ομοίωμα (2)



# ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ

Μέση Αδενική Δόση (mGy) κατά την CC λήψη (Rh/Rh)

Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	0,452	0,585	0,595	0,632	0,723
4	1,027	1,272	1,261	1,309	1,460
5	1,144	1,410	1,413	1,468	1,633
6	1,372	1,669	1,752	1,842	2,084
8	1,625	2,015	2,048	3,572	4,101

Μέση Αδενική Δόση (mGy) κατά την CC λήψη (W/Rh)

Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	0,309	0,389	0,376	0,395	0,516
4	0,455	0,581	0,779	0,832	1,057
5	0,660	0,920	1,200	1,635	1,735
6	1,096	1,125	1,685	2,174	2,854
8	1,532	2,004	2,287	3,742	4,528

Οι επιλογή των στοιχείων ακτινοβολήσης έγινε με τη χρήση του AEC (Automatic Exposure Control).

# ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΜΟΣΥΝΘΕΣΗΣ

Μέση Αδενική Δόση (mGy ) κατά την CC λήψη

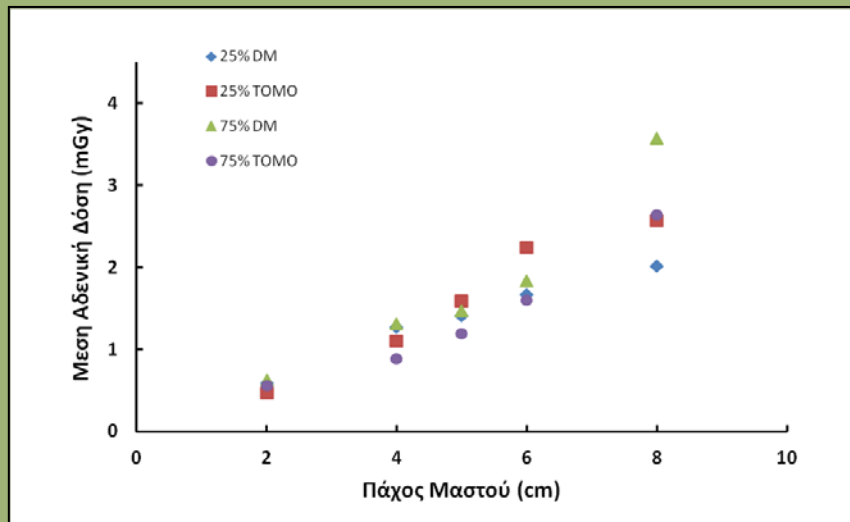
Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	0,645	0,632	0,681	0,640	0,855
4	1,214	0,974	0,961	0,996	1,298
5	1,524	1,422	1,469	1,559	1,585
6	2,056	2,154	2,125	2,407	2,820
8	2,467	2,956	2,658	3,009	3,162

Μέση Αδενική Δόση (mGy ) κατά την MLO λήψη

Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	0,687	0,694	0,689	0,604	0,804
4	1,152	0,995	0,958	0,969	1,258
5	1,456	1,465	1,435	1,674	1,608
6	2,025	2,325	2,479	2,524	2,699
8	2,142	2,405	2,684	2,912	3,008

Οι μετρήσεις του Air kerma έγιναν στο μαστογράφο SIEMENS Mammomat Inspiration, του Ιατροπόλις Αθηνών.

# ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΜΟΣΥΝΘΕΣΗΣ VS ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ



- Ψηφιακή μαστογραφία (Rh/Rh): 0,452 – 4,101 mGy.
- Ψηφιακή μαστογραφία (W/Rh): 0,309 – 4,528 mGy.
- Ψηφιακή μαστογραφία Τομοσύνθεσης (W/Rh): 0,645 - 3,162mGy.
- Μέση Αδενική Δόση από την μαστογραφία τομοσύνθεσης -> υψηλότερη απ'ότι στην ψηφιακή μαστογραφία .
- Ποσοστιαίες διαφορές της Μέσης Αδενικής Δόσης (δυο τεχνικές): 1% - 34%.
- Μαστός πάχους 5 cm και 50% αδενικό ιστό η διαφορά είναι μόλις 4% ( 1,413 mGy και 1,469 mGy).
- Συνδυαστική μελέτη (ίδιο μαστό) η μέση αδενική δόση: 2,88 mGy (2 φορές μεγαλύτερη από μια απλή ψηφιακή μαστογραφία).
- Σε κάποια πάχη με αδενικό ιστό 75% και 100% η μέση αδενική δόση από την ψηφιακή μαστογραφία τομοσύνθεσης είναι χαμηλότερη ( έως και 30%) από ότι στην ψηφιακή μαστογραφία.

Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	30%	7%	13%	1%	15%
4	15%	-31%	-31%	-31%	-12%
5	25%	1%	4%	6%	-3%
6	33%	23%	18%	23%	26%
8	34%	32%	23%	-19%	-30%

# ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΚΙΑΓΡΑΦΙΚΟΥ

Μέση Αδενική Δόση (mGy) κατά την CC λήψη

Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	0,245	0,398	0,493	0,45	0,779
	0,061	0,070	0,079	0,11	0,099
4	0,691	0,971	0,771	0,759	1,22
	0,096	0,134	0,118	0,125	0,143
5	1,272	1,435	1,542	1,575	1,587
	0,119	0,150	0,132	0,119	0,13
6	1,943	2,053	1,854	1,437	2,213
	0,159	0,192	0,171	0,167	0,215
8	2,208	2,355	2,375	2,458	2,501
	0,244	0,213	0,19	0,186	0,237

Μέση Αδενική Δόση (mGy) κατά την MLO λήψη

Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	0,201	0,193	0,406	0,457	0,693
	0,151	0,162	0,27	0,324	0,439
4	0,215	0,396	0,546	0,642	1,03
	0,164	0,24	0,275	0,321	0,418
5	0,625	0,832	1,34	1,13	1,62
	0,118	0,143	0,172	0,189	0,263
6	1,07	1,25	1,47	1,62	2,45
	0,146	0,174	0,172	0,22	0,309
8	1,59	1,96	2,27	2,55	2,7
	0,197	0,237	0,262	0,293	0,413

# ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΟΣΗ

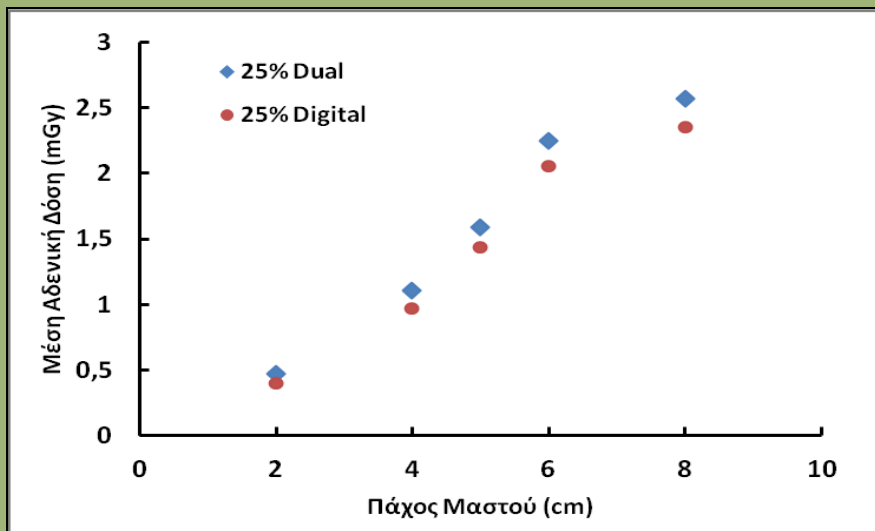
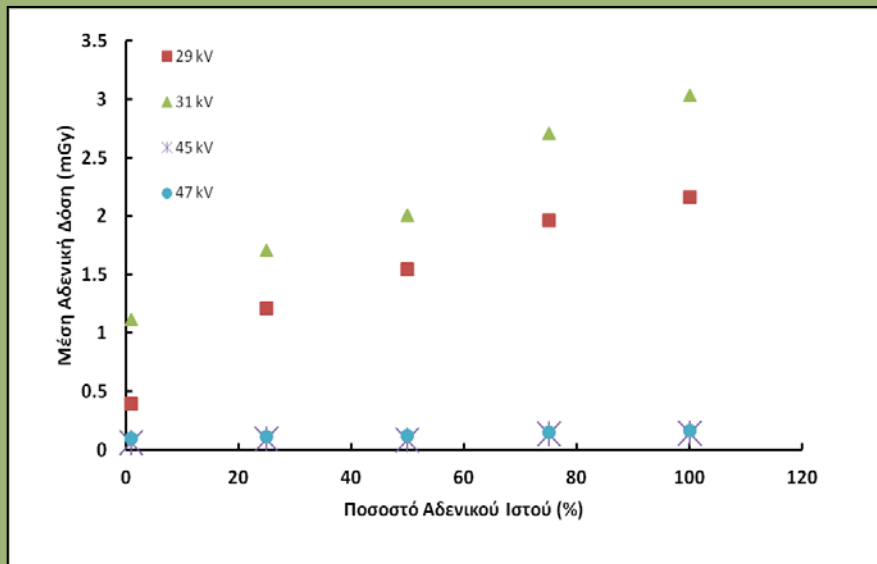
Μέση Αδενική Δόση (mGy ) κατά την CC λήψη

Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	0,306	0,468	0,572	0,56	0,878
4	0,787	1,105	0,889	0,884	1,363
5	1,391	1,585	1,674	1,694	1,717
6	2,102	2,245	2,025	1,604	2,428
8	2,452	2,568	2,565	2,644	2,738

Μέση Αδενική Δόση (mGy ) κατά την MLO λήψη

Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	0,352	0,355	0,676	0,781	1,132
4	0,379	0,636	0,821	0,963	1,448
5	0,743	0,975	1,516	1,319	1,883
6	1,267	1,487	1,732	1,913	2,863
8	1,736	2,134	2,442	2,77	3,113

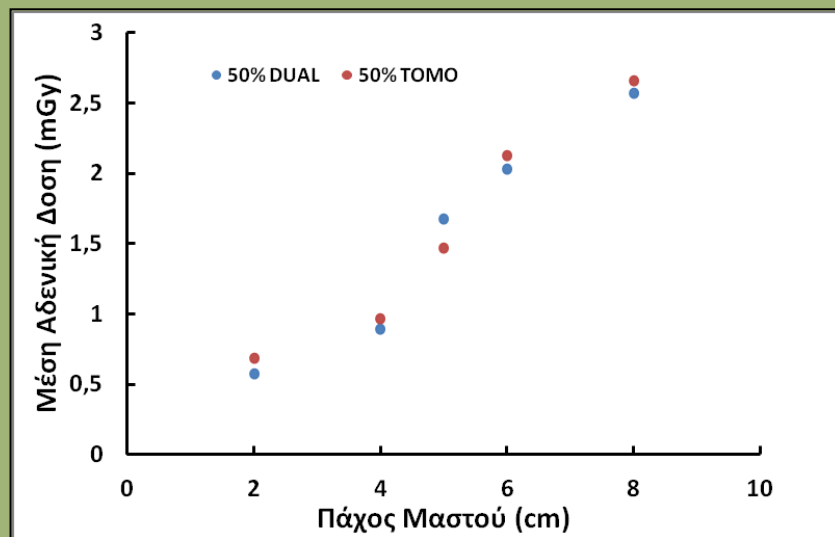
# ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ VS ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ



Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	19,93%	14,96%	13,81%	19,64%	11,28%
4	12,20%	12,13%	13,27%	14,14%	10,49%
5	8,55%	9,46%	7,89%	7,02%	7,57%
6	7,56%	8,55%	8,44%	10,41%	8,86%
8	9,95%	8,29%	7,41%	7,03%	8,66%

- Δέσμη χαμηλής ενεργείας : ο κύριος συντελεστής της συνολικής αδενικής δόσης.
- Οι ποσοστιαίες διαφορές της Μέσης Αδενικής Δόσης από τις δυο τεχνικές κυμαίνονται από 7% - 20%.
- CC προβολή (μαστός πάχους 5 cm και αδενικού ιστού 50%) Διαφορά ανάμεσα στην μαστογραφία διπλής ενεργείας και στη απλή ψηφιακή μαστογραφία είναι 8 % ( 1,674 mGy και 1,542 mGy αντίστοιχα).
- MLO προβολή (ίδιο μαστό). Διαφορά ανάμεσα στην μαστογραφία διπλής ενεργείας και στη απλή ψηφιακή μαστογραφία είναι 11 % ( 1,516 mGy και 1,342 mGy αντίστοιχα).
- Η μέση αδενική δόση από την υψηλής ενεργείας δέσμη είναι χαμηλή, λόγω υψηλής διεισδυτικότητας .

# ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Vs ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΤΟΜΟΣΥΝΘΕΣΗΣ



- Μαστογραφία διπλής ενεργείας (Mo/Cu + Al): 0,306 - 3,113 mGy.
- Ψηφιακή μαστογραφία Τομοσύνθεσης (W/Rh): 0,645 - 3,162mGy.
- Στα πολύ μικρά πάχη η μέση αδενική δόση από την Τομοσύνθεση είναι υψηλότερη.
- Για έναν τυπικό μαστό 5cm πάχους και 50% αδενικό ιστό η διαφορά ανάμεσα στις δυο μεθόδους είναι 14% (1,674 από Διπλής ενεργείας και 1,469 από την Τομοσύνθεση).

Πάχος μαστού (cm)	1% Ποσοστό αδενικού ιστού	25% Ποσοστό αδενικού ιστού	50% Ποσοστό αδενικού ιστού	75% Ποσοστό αδενικού ιστού	100% Ποσοστό αδενικού ιστού
2	52,56%	25,95%	16,01%	12,50%	-2,69%
4	35,17%	-13,45%	7,49%	11,24%	-5,01%
5	8,73%	-11,46%	-13,96%	23,80%	-8,33%
6	-2,24%	-4,22%	4,71%	33,36%	13,90%
8	0,61%	13,13%	3,50%	12,13%	13,41%

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Καμία από τις δυο τεχνικές μαστογραφίας δεν ξεπερνά τα προτεινόμενα όρια.
  - ✓ Ευρωπαϊκό πρωτόκολλο: 2,5 mGy
  - ✓ American College of Radiology 2-3 mGy
  
- Για έναν τυπικό μαστό πάχους 5 cm και 50% αδενικό ιστό:
  - ✓ Μαστογραφία Τομοσύνθεσης: Μέση Αδενική Δόση 1,469 mGy (αύξηση 4%)
  - ✓ Μαστογραφία Διπλής Ενεργείας: Μέση Αδενική Δόση 1,674 mGy (αύξηση 8%)
  
- Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης συγκριθήκαν με αυτά της βιβλιογραφίας (Boone et al, Dance et al, Sechoroulos et al) και βρέθηκαν διαφορές οι οποίες κυμαίνονται από 4% έως 34%.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ  
ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!**