
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ



Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών με τίτλο

«Ιατρική Φυσική – Ακτινοφυσική»

**«Αξιολόγηση της εθελούσιας βαθιάς εισπνοής (V-DIBH) στην 3D
προσαρμοσμένη ακτινοθεραπεία μαστού»**

Παπαϊωάννου Ελένη

Επιβλέπων καθηγητής:

Χρήστος Αντύπας, ΕΔΙΠ
Ακτινοφυσικός Ιατρικής,
Α' Εργαστήριο Ακτινολογίας,
Ιατρική Σχολή, Αρεταίειο Νοσοκομείο, ΕΚΠΑ

Αθήνα, 2019

Περιεχόμενα	3
Περίληψη	5
Abstract	6
Κατάλογος συμβολισμών και ακρωνύμων	7
Εισαγωγή	8
Κεφάλαιο 1ο – Θεωρητική εισαγωγή	10
1.1 Τεχνικές ακτινοθεραπείας του καρκίνου του μαστού	10
1.2 Ακτινοθεραπευτική διαδικασία	15
1.3 Κρίσιμα όργανα (OARs)	18
1.4 Παρενέργειες λόγω ακτινοθεραπείας μαστού	18
1.5 Τεχνικές DIBH (Deep Inspiration Breath hold)	21
Κεφάλαιο 2ο – Materials and Methods	26
2.1 Κατηγοριοποίηση ασθενών	26
2.2 Εξομοίωση θέσεως	26
2.3 Λήψη αξονικής τομογραφίας και σχεδιασμός των κρίσιμων δομών με και χωρίς βαθιά εισπνοή	27
2.4 Σχεδιασμός και υπολογισμός πλάνων θεραπείας για δύο διαφορετικές αξονικές	30
2.5 Κριτήρια αξιολόγησης του πλάνου θεραπείας	34
2.6 Χρόνοι ακτινοβολήσης	35
Κεφάλαιο 3ο – Πειραματικό μέρος	37
3.1 Χρόνοι ακτινοβολήσης και χρόνοι βαθιάς εισπνοής	37
3.2 Μεταβολή του όγκου της καρδιάς και των πνευμόνων μεταξύ του FB (free breathing) και του DIBH (Deep inspiration breath hold)	41
3.3 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και της ελάχιστης δόσης (Min dose) στην καρδιά	43
3.4 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και της ελάχιστης δόσης (Min dose) στους πνεύμονες	45
3.5 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και της ελάχιστης δόσης (Min dose) σε 1 ccm για τον οισοφάγο	49
3.6 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και της ελάχιστης δόσης (Min dose) σε 1 ccm για τον νωτιαίο μυελό	51
3.7 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και της ελάχιστης δόσης (Min dose) σε 1 ccm για την L.A.D	52
3.8 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και ελάχιστης δόσης (Min dose) σε 1 ccm για το PTV	54
3.9 Μεταβολή των μεγεθών V25(heart) , V25(lung), V43(Supra), V47(PTV), V5(PTV)	55

3.10 Μετατοπίσεις των τατουάζ στην εξομοίωση θέσεως	60
Κεφάλαιο 4ο – Συμπεράσματα	62
4.1 Συμπεράσματα για τους χρόνους ακτινοβόλησης και τους χρόνους βαθιάς εισπνοής	62
4.2 Συμπεράσματα για το PTV	62
4.3 Συμπεράσματα για την καρδιά	65
4.4 Συμπεράσματα για την LAD	69
4.5 Συμπεράσματα για τους πνεύμονες	71
4.6 Συμπεράσματα για τον οισοφάγο	77
4.7 Συμπεράσματα για τον νωτιαίο μυελό	80
4.8 Συμπεράσματα για την μετατόπιση των τατουάζ του ασθενούς	82
4.9 Σύνοψη αποτελεσμάτων	83
Βιβλιογραφία	90

Περίληψη

Μελέτη των DIBH μοτίβων έχει πραγματοποιηθεί σε πολλές κλινικές σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο, οι περισσότερες μελέτες επικεντρώθηκαν στην μελέτη της επίδραση των μοτίβων αυτών σε ασθενείς με καρκίνο στον αριστερό μαστό. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, επιδιώκεται μέσω της εφαρμογής των μοτίβων αυτών και σε ασθενείς με καρκίνο εκτός από τον αριστερό και στον δεξί μαστό, να μελετηθεί εάν αυτά μπορεί να οδηγήσουν στην δημιουργία ενός βελτιστοποιημένου πλάνου θεραπείας, δηλαδή ενός πλάνου στο οποίο η δόση που θα λάβουν τα OARs να είναι η μικρότερη εφικτή, με ταυτόχρονη βέλτιστη κάλυψη του ή των όγκων στόχων. Αποτέλεσμα αυτό θα αποτελέσει η μείωση της εμφάνισης παρενεργειών στο άτομο σε μεταγενέστερα χρόνια.

Στην παρούσα διπλωματική με την χρήση του Oncentra Treatment Planning System (TPS) και με την μέθοδο 3D-CRT, μελετήθηκε το κατά πόσο διαφοροποιείται το πλάνο θεραπείας για δυο διαφορετικές λήψεις αξονικού τομογράφου, σε ασθενείς με καρκίνο του μαστού. Η πρώτη λήψη ήταν σε κατάσταση φυσιολογικής αναπνοής και η δεύτερη λήψη καθώς ο ασθενής είχε εισπνεύσει βαθιά κρατούσε την αναπνοή του. Σκοπός μας ήταν η σύγκριση των πλάνων θεραπείας από τις δυο αξονικές τόσο ως προς τις δόσεις που λαμβάνει ο όγκος στόχος και τα κρίσιμα όργανα, όσο και ως προς την διαφοροποίηση των όγκων τους.

Ύστερα από σύγκριση των πλάνων θεραπείας καταλήξαμε ότι το V25 της καρδιάς για τους αριστερούς μαστούς, παρουσίασε σημαντική μείωση. Η μέγιστη και η ελάχιστη δόση σε 1 cc_m του πνεύμονα τόσο για τους αριστερούς μαστούς όσο και για τους δεξιούς μαστούς παρουσίασε σημαντική μείωση. Σε άλλα κρίσιμα όργανα, όπως ο οισοφάγος και ο νωτιαίος μυελός, τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι κατά κύριο λόγο η μέγιστη και η ελάχιστη δόση σε 1 cc_m του εκάστοτε οργάνου παρουσίασε αύξηση με την χρήση των DIBH μοτίβων. Ωστόσο, η συνολικά λαμβανόμενη δόση στον οισοφάγο παρουσίασε σημαντική μείωση στην DIBH κατάσταση, ενώ για τον νωτιαίο μυελό η μείωση δεν ήταν τόσο σημαντική μεταξύ DIBH και FB. Επιπλέον, ο όγκος της καρδιάς αυξήθηκε σημαντικά στην απεικόνιση. Ακόμα, εντοπίστηκε ότι οι δόσεις στην καρδιά και στους πνεύμονες παρουσίαζε αύξηση στην περίπτωση των μαστών με Supra, λόγω της προσθήκης του επιπλέον πεδίου για την ακτινοβολήση του υπερκλειδίου.

Abstract

Studies of Deep Inspiration Breath hold patterns have been carried out in many clinics around the world. However most of them have focused on the effects of these patterns on patients who underwent irradiation for left breast cancer. In the present diploma thesis, following the implementation of these patterns in patients with right breast cancer, it is intended to study whether they can lead to the creation of an optimized treatment plan in which the dose that the Organs at Risk (OARs) receive is the smallest possible, while at the same time the PTV (Planning target volume) is covered sufficiently. As a result, it will reduce the occurrence of side effects in the individual in later years.

In this diploma, by using the Oncentra Treatment Planning System (TPS) and the 3D-CRT method, we studied how the treatment plans for two different CT scan differ for breast cancer patients. The first plan was designed based in the normal breathing state CT scan, while the second plan was based in the deep inspiration breath hold CT scan which was taken as the patient had inhaled deeply and held his breath. Our aim was to compare the treatment plans that were designed based to the two different CT scans both with regard to the doses received by the target tumor and the critical organs, as well as with the differentiation of their tumors.

After comparing treatment plans, we found that the V25 dose constraint for the heart, for left breasts showed a significant decrease. The minimum and the maximum dose at 1 cubic centimeter (ccm) of lung, for both the left and right breast cancer patients, showed a significant decrease. In other critical organs, such as the esophagus and the spinal cord, the results we obtained (for both left and right breast cancer patients) showed that the maximum and minimum dose in 1 ccm of each organ showed a significant increase with the use of DIBH patterns. However the total dose received for the esophagus, was decreased in DIBH patterns, while for the spinal cord the difference was not critical. In addition, the volume of the heart increased significantly in imaging. Still, it was found that doses in the heart and lungs increased in the case of Supra breasts, due to the addition of extra area for irradiation of the lymph nodes.

Κατάλογος συμβολισμών και ακρώνυμων

Συμβολισμός/Ακρώνυμο	Πλήρης ονομασία
3D -CRT	Three dimensional conformal radiotherapy
IMRT	Intensity modulated radiation therapy
VMAT	Volumetric modulated arc therapy
IGRT	Image guided radiation therapy
OARs	Organs at risk
CT	Computed tomography
MLC	Multi leaf collimator
LAD	Left anterior descending artery
ABC - DIBH	Active breathing control - deep inspiration breath hold technique
V - DIBH	Voluntary - Deep inspiration breath hold technique
PTV	Planning target Volume
CTV	Clinical target Volume
GTV	Gross tumour volume
DVH	Dose volume Histogram
CA	Cancer
Quantec	Quantitative analyses of normal tissue effects in the clinic

Εισαγωγή

Ο καρκίνος αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ασθένειες της εποχής μας. Η επικινδυνότητα της παθογένειας αυτής έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ενός εύρους μεθόδων αντιμετώπισης του, οι οποίες θα αναλυθούν στην συνέχεια. Η πιο συνήθης μορφή καρκίνου που εμφανίζεται στις γυναίκες είναι ο καρκίνος του μαστού.

Ο καρκίνος του μαστού αρχίζει από τα επιθηλιακά κύτταρα των πόρων του μαστού, τα οποία κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να αναπτυχθούν ανεξέλεγκτα και να οδηγήσουν στην εμφάνιση καρκίνου. Δεν υπάρχει συγκεκριμένο ηλικιακό εύρος στο οποίο εμφανίζεται ο καρκίνος του μαστού στις γυναίκες, μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί έχουν αναφέρει ότι υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης του σε γυναίκες μεγαλύτερες των 60 ετών. Δεν υπάρχει σαφές αίτιο εμφάνισης της νόσου, υπάρχουν ωστόσο επιβαρυντικοί παράγοντες όπως η ηλικία, ύπαρξη οικογενειακού ιστορικού, παχυσαρκία κτλ...

Τα τελευταία χρόνια τα ποσοστά των γυναικών που επιβιώνουν ύστερα από εμφάνιση καρκίνου στον μαστό παρουσιάζουν συνεχή αύξηση. Για τον λόγο αυτό καθίσταται απαραίτητο να διαμορφωθούν τεχνικές οι οποίες να προστατεύουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα παρακείμενα κρίσιμα όργανα. Οι περισσότεροι ασθενείς με καρκίνο του μαστού, πριν ξεκινήσουν τις ακτινοθεραπευτικές συνεδρίες έχουν υποβληθεί και σε χημειοθεραπεία, η οποία είναι μια διαδικασία που προκαλεί περαιτέρω επιβάρυνση των παρακείμενων οργάνων. Για τον λόγο αυτό, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν τεχνικές οι οποίες θα προστατεύουν τα παρακείμενα όργανα, μειώνοντας την δόση που αυτά λαμβάνουν, έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχών παρενέργειες.

Υπάρχει ένα εύρος ακτινοθεραπευτικών τεχνικών για την αντιμετώπιση των καρκινικών όγκων. Παραδείγματα τεχνικών αυτών αποτελούν η 3D-CRT, IMRT, VMAT, TOMOTHERAPY, όλες αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση καρκινικών όγκων σε διάφορα σημεία του ανθρώπινου σώματος, συνεπώς και για όγκους που εμφανίζονται στην περιοχή των μαστών. Στην παρούσα διπλωματική θα μελετηθεί η μέθοδος 3D-CRT που είναι και η συνηθέστερη μέθοδος αντιμετώπισης του καρκίνου του μαστού.

Σκοπός της ακτινοθεραπείας αποτελεί η αύξηση της δόσης στον όγκο στόχο με ταυτόχρονη μείωση της δόσης στα κρίσιμα όργανα. Σε συνδυασμό με τις τεχνικές αυτές, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι οι οποίοι εφαρμόζονται παράλληλα με τις τεχνικές

ακτινοβόλησης με σκοπό την περαιτέρω μείωση της δόσης στα κρίσιμα όργανα που περιβάλλουν τον εκάστοτε όγκο στόχο. Στην περίπτωση του καρκίνου του μαστού, τα κρίσιμα όργανα είναι η καρδιά, οι πνεύμονες, ο οισοφάγος και ο νωτιαίος μυελός. Οι τεχνικές αυτές ονομάζονται Deep Inspiration Breath Hold Techniques (DIBH).

Σκοπός της εργασίας αυτής αποτελεί η μελέτη της μεταβολής της δόσης στην καρδιά, τους πνεύμονες, τον οισοφάγο και τον νωτιαίο μυελό, με την εφαρμογή της καθοδηγούμενης DIBH τεχνικής στους ασθενείς, όσο και του όγκου της καρδιάς και των πνευμόνων με την εφαρμογή της τεχνικής αυτής. Για τον σκοπό αυτό, συλλέχθηκαν δεδομένα από 30 γυναίκες συνολικά. Οι 15 από αυτές παρουσίαζαν καρκίνο στον αριστερό μαστό και οι υπόλοιπες 15 στον δεξί μαστό.

Οι τεχνικές DIBH εφαρμόζονται ευρέως σε πολλές κλινικές στην Ευρώπη, στην Αμερική, στην Αυστραλία και σε άλλες χώρες του κόσμου. Έως τώρα, οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται σε ασθενείς με καρκίνο στον αριστερό μαστό, καθώς έτσι επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της δόσης στην καρδιά. Στην εργασία αυτή, θα μελετήσουμε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την εφαρμογή της τεχνικής αυτής τόσο για τους αριστερούς όσο και για τους δεξιούς μαστούς.

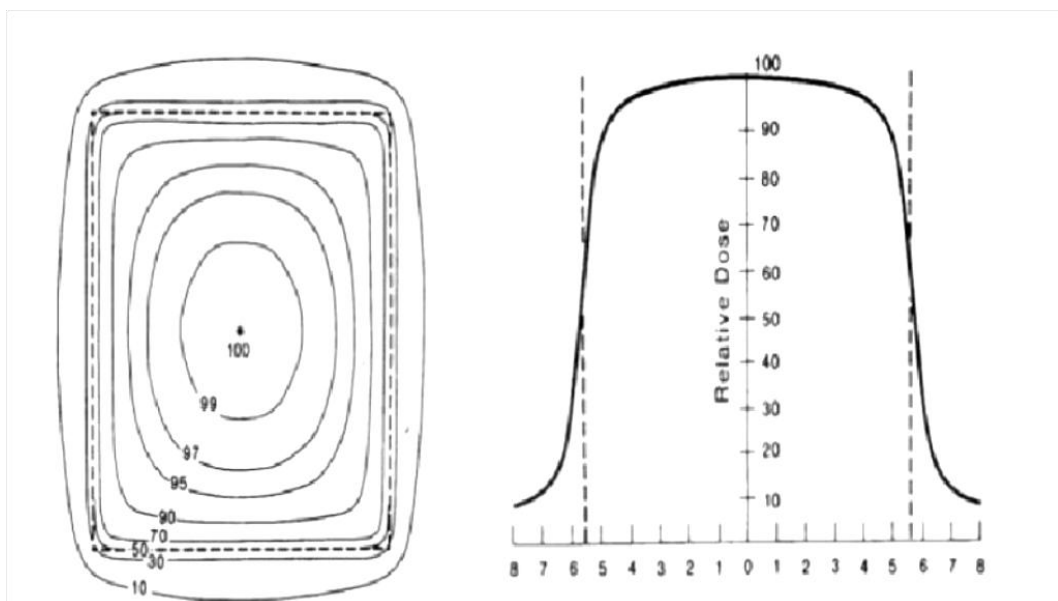
1.1 Τεχνικές ακτινοθεραπείας του καρκίνου του μαστού

1 ΤΕΧΝΙΚΗ 3D – CRT (Conformal Radiotherapy)

Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και χρησιμοποιείται ευρέως για την θεραπεία του καρκίνου. Για την υλοποίηση της τεχνικής αυτής χρησιμοποιούνται πολλαπλές δέσμες ακτινοβολίας με ομοιόμορφη ένταση [2]. Η διαμόρφωση της ακτινοβλούμενης περιοχής, γίνεται με την βοήθεια των MLC του γραμμικού επιταχυντή. Στην περίπτωση του καρκίνου του μαστού, χρησιμοποιούνται δύο εφαπτομενικά ως προς το θωρακικό τοίχωμα πεδία. Ωστόσο, κατά την διάρκεια του σχεδιασμού θεραπείας μπορεί να προστεθούν επιπλέον πεδία. Η προσθήκη αυτή γίνεται ώστε να βελτιωθεί η κατανομή της δόσης στον όγκο στόχο (καλύτερη κάλυψη) ή για να περιορίσει τυχών “hot spots” που μπορεί να εμφανιστούν στον μαστό. Με τον όρο “hot spots” αναφερόμαστε σε περιοχές του όγκου στόχου (PTV) οι οποίες λαμβάνουν μεγαλύτερη από την επιτρεπτή δόση.

Στον συμβατικό σχεδιασμό θεραπείας, τα πεδία, οι γωνίες ακτινοβολήσης των δεσμών καθώς και τα βάρη τους καθορίζονται από τον ίδιο τον χρήστη και το πλάνο αξιολογείται στο τέλος. Το προφίλ των δεσμών που στην περίπτωση της τεχνικής αυτής είναι επίπεδο και ομοιόμορφο [4].

Εικόνα 1 – Προφίλ δέσμης



Μέσω της τεχνικής αυτής υπολογίζεται συνολικά η δόση στον ακτινοβολούμενο όγκο ενδιαφέροντος, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνονται υπόψη τυχών ανομοιογένειες των ιστών. Ένα σημαντικό μειονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι η ακτινοβόληση γειτονικών υγιών ιστών και οργάνων, όπως η καρδιά και οι πνεύμονες, με σχετικά υψηλές δόσεις.

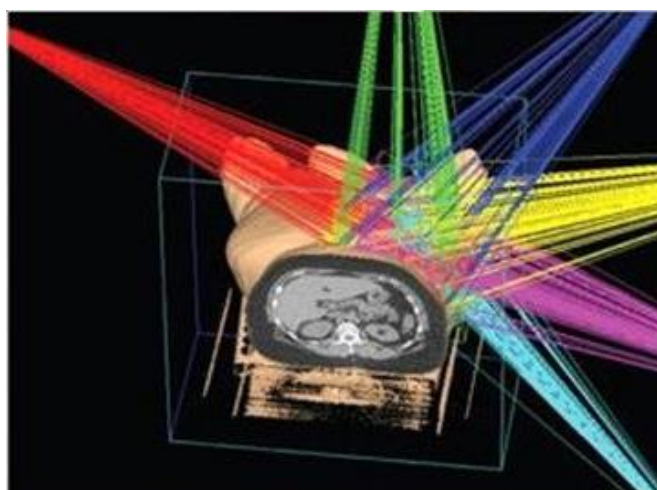
2 ΤΕΧΝΙΚΗ IMRT

Η τεχνική IMRT αποτελεί εξέλιξη της μεθόδου 3D-CRT για την αντιμετώπιση και τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού. Η πρώτη βιβλιογραφική αναφορά της τεχνικής IMRT ήταν το 1982. Για την εφαρμογή της τεχνικής αυτής χρησιμοποιείται η μέθοδος του αντίστροφου σχεδιασμού.

Συγκεκριμένα, στην μέθοδο αυτή, καθορίζονται πρώτα τα OARs (Organs At Risk), ο όγκος στόχος (PTV), καθώς και οι δόσεις που πρέπει να ληφθούν από τα προαναφερθέντα όργανα και ιστούς. Αφού καθοριστούν τα όρια δόσεων στα OARs και η επιθυμητή δόση στον όγκο στόχο (PTV), τα αρχικά καθορισμένα και σταθερά πεδία ακτινοβολίας χωρίζονται σε πολλά υποπεδία, με τη βοήθεια του πολύφυλλου κατευθυντήρα (MLC), τα οποία ακτινοβολούν τον όγκο στόχο, ενώ ταυτόχρονα είναι κατάλληλα προσαρμοσμένα ώστε να μην υπερβαίνονται οι δόσεις που ορίστηκαν εξ αρχής στον όγκο στόχο και στα OARs [2]. Η επιθυμητή λοιπόν κατανομή της δόσης στον όγκο στόχο επιτυγχάνεται μέσω υπέρθεσης των διάφορων υποπεδίων από διαφορετικές κατευθύνσεις. Η εφαρμογή των πεδίων αυτών δεν είναι τυχαία, αλλά καθορίζεται με την χρήση εξελιγμένων αλγορίθμων βελτιστοποίησης. Το σχήμα και οι διαστάσεις των υποπεδίων καθορίζονται με βάση τα MLC (Multi Leaf Collimators) [1,16,17].

Τα υποπεδία που χρησιμοποιούνται στην τεχνική αυτή δεν παρουσιάζουν ομοιογένεια ως προς την ένταση στην επιφάνεια τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο χρόνος ακτινοβόλησης κάθε υποπεδίου είναι συγκεκριμένος και διαφορετικός από τα υπόλοιπα. Σε αντίθεση λοιπόν με την τεχνική 3D – CRT τα προφίλ των δεσμών δεν είναι επίπεδα και ομοιόμορφα, αυτό καθιστά την τεχνική IMRT κατάλληλη για την ακτινοβόληση όγκων με ιδιόμορφα και κοίλα σχήματα που μπορεί να υπάρχει κοντά τους, ή μέσα σε κάποια κοιλότητα τους κάποιο OAR [2,4].

Εικόνα 2 - IMRT treatment for Breast cancer



IMRT Planning

Πλεονεκτήματα της τεχνικής IMRT σε σχέση με την 3D-CRT (Conformal Radiotherapy)

- Καλύτερη κάλυψη του όγκου στόχου.

Με την τεχνική αυτή όπως προαναφέρθηκε μπορούν να ακτινοβοληθούν όγκοι στόχοι που παρουσιάζουν ιδιόμορφα σχήματα ενώ ταυτόχρονα να προφυλαχθούν τα κρίσιμα όργανα που βρίσκονται κοντά σε αυτούς, όπως για παράδειγμα ο νωτιαίος μυελός.

- Μεγαλύτερη απόδοση δόσης στον όγκο στόχο με ταυτόχρονη μείωση των υψηλών δόσεων στα γειτονικά κρίσιμα όργανα (OARs)

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα καλύτερη ανταπόκριση του ασθενούς στην θεραπεία [17].

Μειονεκτήματα της τεχνικής IMRT σε σχέση με την 3D – CRT

- Αύξηση του χρόνου θεραπείας

Δεδομένου ότι χρησιμοποιούνται παραπάνω πεδία, είναι λογικό να υπάρχει αύξηση και του χρόνου θεραπείας. Αυτό καθιστά απαραίτητη την χρήση εξελιγμένου εξοπλισμού ακινητοποίησης του ασθενούς.

- Αύξηση των χαμηλών δόσεων στα γειτονικά όργανα/ιστούς.

Καθώς η ακτινοβολήση των διαφόρων υποπεδίων γίνεται υπό διαφορετικές γωνίες του Gantry.

- Απαιτείται μεγαλύτερη θωράκιση

Λόγω του αυξημένου φόρτου εργασίας είναι απαραίτητη η χρήση μεγαλύτερων θωρακίσεων του γραμμικού επιταχυντή.

- Αυξημένο κόστος θεραπείας.

[17]

3 ΤΕΧΝΙΚΗ VMAT

Όπως στην τεχνική IMRT έτσι και στην τεχνική VMAT τα πεδία που χρησιμοποιούνται είναι πεδία των οποίων η ένταση μεταβάλλεται στα διάφορα σημεία του χώρου. Στην τεχνική VMAT ο gantry εκτελεί μια ή και περισσότερες πλήρεις περιστροφές γύρω από τον ασθενή, προσεγγίζοντας με αυτόν τον τρόπο τον όγκο στόχο υπό διαφορετική γωνία και μέσω διαφορετικών υγιών ιστών. Καθώς περιστρέφεται ο Gantry γύρω από τον ασθενή, τα MLC αλλάζουν συνεχώς το σχήμα του πεδίου, ενώ ταυτόχρονα διαφοροποιείται τόσο ο ρυθμός δόσης καθώς και η ταχύτητα περιστροφής έτσι ώστε να περιορίζεται η δόση στους υγιείς ιστούς και όργανα. Για τον καθορισμό των πεδίων επιλέγεται και πάλι η μέθοδος του αντίστροφου σχεδιασμού θεραπείας [1].

Βασικό πλεονέκτημα της τεχνικής VMAT σε σχέση με την τεχνική IMRT είναι ο χρόνος εκτέλεσης της θεραπείας. Στην τεχνική VMAT ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της εκάστοτε θεραπείας είναι πολύ μικρότερος σε σχέση με την τεχνική IMRT. Ωστόσο η τεχνική VMAT παρουσιάζει και ένα βασικό μειονέκτημα. Ενώ επιτυγχάνει πλήρη κάλυψη του όγκου στόχου με τη βέλτιστη δυνατή ακρίβεια, καθώς περιστρέφεται ο Gantry ακτινοβολούνται αρκετοί υγιείς ιστοί με χαμηλές δόσεις. [1]

4 ΤΕΧΝΙΚΗ IGRT

Αποτελεί μια εξελιγμένη μορφή της τεχνικής VMAT. Η διαφορά των τεχνικών αυτών έγκειται στο γεγονός ότι στην τεχνική IGRT είναι ενσωματωμένος ένας αξονικός τομογράφος (Cone beam CT) στο μηχάνημα που χρησιμοποιείται για την ακτινοθεραπεία. Πριν πραγματοποιηθεί η κάθε συνεδρία, έχει ληφθεί αξονική τομογραφία (σχεδιασμού) με βάση την οποία καθορίζονται τα OARs, ο όγκος στόχος, καθώς και η τεχνική ακτινοβολήσης που θα εφαρμοστεί για την θεραπεία. Τα συλλεγόμενα δεδομένα από την αρχική αξονική μεταφέρονται στο δωμάτιο θεραπείας σε κατάλληλους υπολογιστές, στους οποίους υπάρχουν δεδομένα και από τις αξονικές που λήφθηκαν πριν και κατά την διάρκεια της θεραπείας από τον ενσωματωμένο αξονικό τομογράφο. Στην συνέχεια γίνεται σύγκριση

των δεδομένων αυτών έτσι ώστε να παρατηρηθούν τυχών αποκλίσεις και να γίνουν οι κατάλληλες διορθώσεις [1].

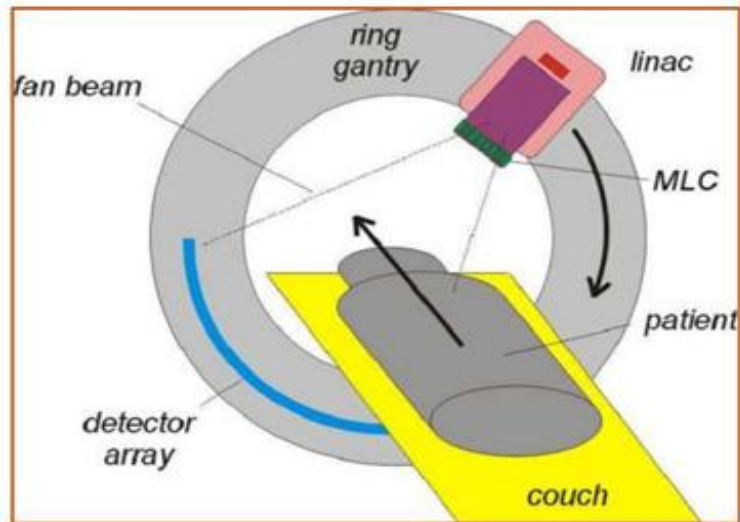
5 ΤΕΧΝΙΚΗ TOMOTHERAPY

Η τεχνική αυτή συνδυάζει την απόδοση της δόσης στον επιθυμητό όγκο στόχο με ταυτόχρονη απεικόνιση την τοποθέτησης των ασθενών μέσω CT scan. Η Ταυτόχρονη απεικόνιση της ανατομίας του ασθενούς οδηγεί σε τυχών διορθώσεις στην θεραπεία, λόγω ανατομικών διαφορών που έχουν προκύψει στον ασθενή με το πέρας των συνεδριών ακτινοθεραπείας, ενώ ταυτόχρονα δίνει την δυνατότητα διόρθωσης της τοποθέτησης του ασθενούς σε περίπτωση σφάλματος. [1,4]

Πριν ξεκινήσει μια συνεδρία ακτινοθεραπείας, λαμβάνεται ένα CT scan, από το ίδιο μηχάνημα που στην συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί για να πραγματοποιηθεί η ακτινοβολήση του ασθενούς. Συνήθως χρησιμοποιείται Cone beam CT. Η δόση που θα λάβει ο ασθενής από το αρχικό CT scan υπολογίζεται γύρω στα 1-2 cGy. Η εικόνα αυτή, συγκρίνεται με την εικόνα που έχει ληφθεί στην αξονική σχεδιασμού του ασθενούς. Μέσω αυτής της σύγκρισης διορθώνονται τυχών αποκλίσεις ως προς την τοποθέτηση του ασθενούς. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κάθε φορά πριν από την ακτινοθεραπευτική συνεδρία έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι ο ασθενής έχει τοποθετηθεί στην σωστή θέση. [1,4]

Στην συνέχεια, ο gantry περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή σε ελικοειδή τροχιά ενώ υπάρχει ταυτόχρονη κίνηση του κρεβατιού. Ωστόσο αυτή την φορά, καθώς η λυχνία περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή η ένταση της δέσμης δεν είναι σταθερή αλλά αλλάζει, ενώ ταυτόχρονα μεταβάλλεται και η ταχύτητα περιστροφής γύρω από τον ασθενή. Η αλλαγή ως προς την ένταση και το σχήμα επιτυγχάνεται με λεπτά φύλλα βολφραμίου τα οποία προσαρμόζουν την διάταξη τους ανάλογα με το σχήμα του όγκου (MLCs). [1,5]

Εικόνα 3- Tomotherapy Treatment unit



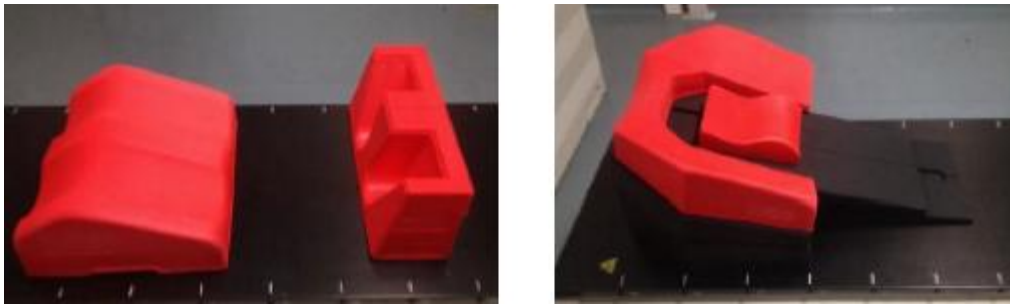
1.2 Ακτινοθεραπευτική διαδικασία

Η διαδικασία που ακολουθείται από την στιγμή που θα διαγνωσθεί ο ασθενής με την νόσο έως και την αντιμετώπιση της νόσου με την μέθοδο 3D-CRT είναι συγκεκριμένη και αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα :

- Αρχικά εφόσον υπάρχει πιθανότητα ο ασθενής να εμφανίζει την παθολογία, υποβάλλεται σε αξονική έτσι ώστε να διαπιστωθεί από τον υπεύθυνο γιατρό εάν νοσεί.
- Εφόσον βρεθεί κλινικό εύρημα που υποδηλώνει την ύπαρξη της νόσου, ο ασθενής υποβάλλεται σε εξομίωση θέσεως έτσι ώστε να καθοριστεί η θέση ακινητοποίησης του. Επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης του ασθενούς κατά την διάρκεια της θεραπείας. Ο καθορισμός της θέσης πραγματοποιείται με την βοήθεια ειδικών επιτοίχιων λέιζερ τα οποία βρίσκονται δεξιά και αριστερά από το κρεβάτι του αξονικού τομογράφου. Η θέση που καθορίζεται σε αυτό το στάδιο, είναι και η θέση που θα έχει ο ασθενής στο κρεβάτι του γραμμικού επιταχυντή όπου και θα πραγματοποιηθεί η θεραπεία του [2].

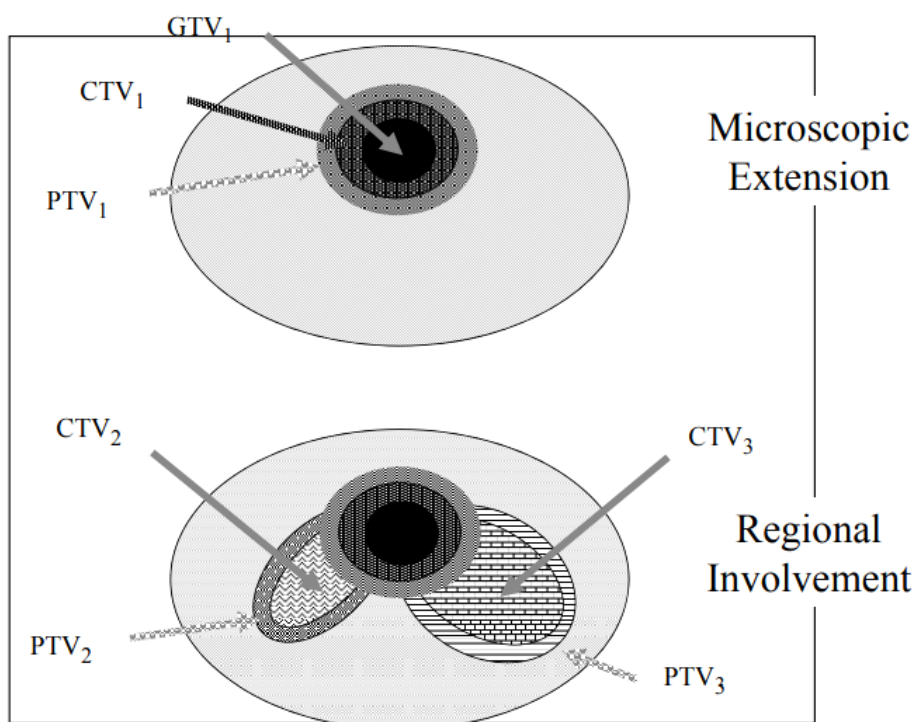
Ανάλογα με την θέση του ασθενεί που θέλουμε να πετύχουμε, χρησιμοποιούνται διάφορες συσκευές ακινητοποίησης. Στην περίπτωση ασθενών με καρκίνο του μαστού χρησιμοποιούνται συνήθως δύο συσκευές, η πρώτη εφαρμόζει κάτω από την περιοχή της κεφαλής, η δεύτερη είναι πίσω από το κεφάλι του ασθενούς και καθορίζει την θέση που θα τοποθετηθούν τα χέρια του, ενώ η τρίτη προσαρμόζεται στα γόνατα [4].

Εικόνα 4 - Συσκευές ακινητοποίησης (αριστερά : γόνατα αστράγαλοι, δεξιά : αυχένιας)



- Στην συνέχεια, λαμβάνεται μια δεύτερη αξονική, η αξονική σχεδιασμού, κατά την διάρκεια της οποίας ο ασθενής είναι τοποθετημένος σε θέση παρόμοια με αυτή που καθορίστηκε από την εξομίωση θέσεως. Η αξονική αυτή θα αποτελέσει την βάση στην οποία θα στηριχτεί ο σχεδιασμός του πλάνου θεραπείας του ασθενούς από τον ακτινοφυσικό. Με βάση την αξονική αυτή, ο υπεύθυνος γιατρός θα καθορίσει με βάση αυτήν τα κρίσιμα όργανα, τα οποία πρέπει να αποφευχθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η ακτινοβόληση τους, καθώς και τον όγκο στόχο. Αρχικά λοιπόν καθορίζεται το GTV (Gross Tumor Volume), το οποίο περιλαμβάνει τον κακοήγη όγκο ή την κοίτη του στην περίπτωση που έχει προηγηθεί επέμβαση. Έπειτα, σχεδιάζεται το CTV (Clinical Target Volume) το οποίο περιλαμβάνει το GTV αλλά με όρια διευρυμένα έτσι ώστε να ληφθούν υπόψη τυχών μικροκυτταρικές προεκτάσεις του όγκου καθώς και τους λεμφαδενικούς σταθμούς. Τέλος, σχεδιάζεται το PTV το οποίο περικλείει το CTV αλλά με όρια ακόμα πιο διευρυμένα έτσι ώστε να συμπεριλάβει τυχών κινήσεις των εσωτερικών οργάνων [1].

Εικόνα 5 - Καθορισμός όγκου στόχου (PTV)



- Έπειτα, με βάση την αξονική σχεδίασμού, ο ακτινοφυσικός φτιάχνει το κατάλληλο πλάνο θεραπείας το οποίο ελέγχεται από τον υπεύθυνο ογκολόγο ακτινοθεραπευτή γιατρό. Στο στάδιο αυτό, καθορίζεται επίσης ο αριθμός των συνεδριών καθώς και η δόση που θα λάβει ο ασθενής.

- Στην συνέχεια, ο ασθενής μεταβαίνει πάλι στον εξομοιωτή. Στο στάδιο αυτό, γίνεται επιβεβαίωση του πλάνου θεραπείας και της γεωμετρίας των δεσμών με τη βοήθεια του εξομοιωτή [2].

Η εξομοίωση είναι μια διαδικασία η οποία θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί και με τη βοήθεια των γραμμικών επιταχυντών που χρησιμοποιούνται στις θεραπείες, ωστόσο επιλέγεται να χρησιμοποιούνται CT εξομοιωτές. Η επιλογή αυτή δεν είναι τυχαία. Εάν επιλέγονταν γραμμικοί επιταχυντές ως εξομοιωτές, η ποιότητα της εικόνας θα ήταν πολύ κατώτερη (μεγάλη αμαύρωση, μειωμένη αντίθεση) λόγω των διάσπαρτων φωτονίων Compton που θα προέκυπταν από την αλληλεπίδραση των δεσμών των φωτονίων με τους ανθρώπινους ιστούς.

- Τέλος ο ασθενής ξεκινά τις ακτινοθεραπευτικές συνεδρίες.

1.3 Κρίσιμα όργανα (OARs)

Με τον όρο OARs αναφερόμαστε στα όργανα τα οποία βρίσκονται “σχετικά κοντά” στην περιοχή που ακτινοβολείται, με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος να λάβουν δόσεις οι οποίες να είναι σημαντικές σε σχέση με την δόση ανοχής τους. Στην περίπτωση του καρκίνου του μαστού τα όργανα αυτά είναι :

- Πνεύμονες
- Καρδιά
- Οισοφάγος
- Νωτιαίος μυελός
- Βραχιόνιο πλέγμα

[4,18,19]

1.4 Παρενέργειες λόγω ακτινοθεραπείας μαστού

Οι τεχνικές αυτές αναπτύχθηκαν με σκοπό να αντιμετωπιστούν θεμελιώδη δευτερογενή προβλήματα που εμφανίζονται από την ακτινοβολήση του καρκίνου στους ασθενείς. Τα προβλήματα αυτά προκύπτουν είτε από μη ακριβή ακτινοβολήση του όγκου στόχου, με αποτέλεσμα την μη επαρκή αντιμετώπιση της νόσου και της εμφάνισης της ξανά, είτε από ακτινοβολήση κατά την διάρκεια της θεραπείας κρίσιμων υγιών οργάνων (πχ καρδιάς ή και πνευμόνων).

Οι παρενέργειες που μπορεί να εμφανιστούν στους ασθενείς ποικίλλουν. Ωστόσο μπορούμε να τις διακρίνουμε σε δυο βασικές κατηγορίες, τις οξείες και τις χρόνιες.

Οξείες παρενέργειες

Στις οξείες παρενέργειες εντάσσονται κυρίως αυτές που αφορούν αλλαγές στο δέρμα. Η ακτινική δερματίτιδα είναι η πιο συνηθισμένη από αυτές και εμφανίζεται σε πολλά στάδια. Στο πρώτο στάδιο το δέρμα του ασθενούς μπορεί να παρουσιάσει ερυθρότητα (ερύθημα) και να προκύψει κνησμός. Σε μεγαλύτερο στάδιο, μεγάλη βλάβη στο δέρμα μπορεί να προκαλέσει έως εξέλκωση ή και νέκρωση του, με μεγάλες πιθανότητες εμφάνισης μόλυνσης. Το κατώφλι εμφάνισης του ερυθήματος είναι τα 2 Gy, ενώ νέκρωση, εξέλκωση του δέρματος εμφανίζεται για δόσεις μεγαλύτερες των 20-25 Gy. [5,12,16,18,19]

Ακόμα, υπάρχει πιθανότητα κατά την διάρκεια της θεραπείας να εμφανιστεί φλεγμονή στον οισοφάγο. Η φλεγμονή αυτή ονομάζεται οισοφαγίτις και μπορεί να οδηγήσει σε δυσκολία του ασθενούς στην κατάποση. Η φλεγμονή μπορεί να γίνει χειρότερα με το πέρασμα των μηνών και να οδηγήσει τελικά τον ασθενή σε οισοφαγική στένωση. [5,6,7,16]

Χρόνιες παρενέργειες

Στις χρόνιες παρενέργειες εντάσσονται ανωμαλίες στην καρδιά, στους πνεύμονες, στον οισοφάγο, στον νωτιαίο μυελό ακόμα και στο δέρμα. Οι χρόνιες παρενέργειες μπορεί να εμφανιστούν μετά από μήνες, ακόμα και χρόνια μετά την λήξη των ακτινοθεραπευτικών συνεδριών. [12,18,19]

• Παρενέργειες στο δέρμα

Οι παρενέργειες που μπορεί να εμφανιστούν στο δέρμα μετά το πέρας αρκετών εβδομάδων είναι :

- Σκλήρυνση
- Ατροφία
- Νέκρωση
- Εξέλκωση
- δημιουργία συρριγίων

(για δόσεις μεγαλύτερες των 20-25 Gy)

[5,16,18,19]

• Παρενέργειες στην καρδιά

- Στεφανιαία νόσος

Η στεφανιαία νόσος μπορεί να προκύψει ύστερα από ακτινοβόληση των στεφανιαίων αρτηριών. Όταν οι αρτηρίες αυτές, και κυρίως η LAD (Left Anterior Descending Artery) ακτινοβοληθούν και λάβουν δόσεις μεγαλύτερες από τα καθορισμένα επιτρεπτά όρια, υπάρχει περίπτωση να εμφανιστεί στένωση. Η στένωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη λειτουργία της αριστερής κοιλίας της καρδιάς (σε περιπτώσεις θεραπείας αριστερού μαστού) λόγω μειωμένης παροχής αίματος στην καρδιά. Με αυτόν τον τρόπο προκαλείται μυοκαρδιακή ισχαιμία. Εάν το $V25 < 10\%$ για την καρδιά, η πιθανότητα εμφάνισης της νόσου αυτής είναι μικρότερη από 1%. [6,7,16,18,19]

- Περικαρδίτις

Οφείλεται σε εμφάνιση φλεγμονής στην περικαρδική κοιλότητα της καρδιάς. Όταν το $V_{30} < 46\%$ σύμφωνα με το Quantec ή η μέση δόση είναι μικρότερη από 26 Gy, η πιθανότητα εμφάνισης της ανωμαλίας είναι μικρότερη από 15%.

	Μέση δόση	Πιθανότητα εμφάνισης
Περικαρδίτις	Dpericardium >30 Gy	50%
	Dpericardium < 26 Gy	<< 15%
	Ογκομετρικά κριτήρια	Πιθανότητα εμφάνισης
Στεφανιαία νόσος	$V_{25} < 10\%$	<< 1%

- Βλάβη των βαλβίδων
- Αρρυθμίες

[6,7,16,18,19]

• **Παρενέργειες στους πνεύμονες**

- Ακτινική πνευμονίτιδα

Μπορεί να εμφανιστεί σε περίπτωση που ο πνεύμονας λάβει δόσεις πολύ μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες. Εάν το $V_{20} \leq 30\%$ τότε οι πιθανότητες εμφάνισης της παθογένειας είναι μικρότερες από 20% σύμφωνα με το Quantec. Ακόμα, ανάλογα με την μέση λαμβανόμενη δόση καθορίζεται και η πιθανότητα εμφάνισης της. Συγκεκριμένα έχει βρεθεί ότι :

Μέση δόση (Gy)	Ποσοστό εμφάνισης %
7	5
13	10
20	20
24	30
27	40

[6,7,18,19]

- **Παρενέργειες στον νωτιαίο μυελό**

- Μυελοπάθεια

Ο νωτιαίος μυελός αποτελεί τμήμα του κεντρικού νευρικού συστήματος. Σε περίπτωση που υπερβούμε την δόση ανοχής του νωτιαίου μυελού, τότε μπορεί να εμφανιστούν σοβαρά προβλήματα νευρολογικής φύσεως, που σχετίζονται με την κίνηση και την αίσθηση. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το Quantec έχει βρεθεί ότι :

Μέγιστη δόση	Πιθανότητα εμφάνισης %
50	0,2
60	6
69	50

Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι για μέγιστη λαμβανόμενη δόση 50 Gy η πιθανότητα εμφάνισης της νόσου είναι 0,2%. Εάν η μέγιστη δόση αυξηθεί στα 60 Gy η πιθανότητα θα γίνει 6% ενώ στα 69 Gy θα γίνει ίση με 50%.

[6,7,18,19]

- **Παρενέργειες στον οισοφάγο**

- Οισοφαγίτις

Η παρενέργεια αυτή μπορεί να εμφανιστεί είτε άμεσα, είτε μετά από αρκετό χρονικό διάστημα. Σύμφωνα με το quantec & RTOG 0617,0623, πρέπει το V50<32% και V60<33%.. Υπό αυτές τις συνθήκες η πιθανότητα εμφάνισης της είναι μικρότερη από 30%. Ακόμα, δεν πρέπει περιοχή μεγαλύτερη από 10 cm του οισοφάγου να λάβουν δόση μεγαλύτερη από 60 Gy. Τέλος, εάν η μέση δόση ξεπεράσει τα 45-50 Gy είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα εμφανιστεί φλεγμονή στον οισοφάγο (Οισοφαγίτις). [6,7,18,19]

1.5 Τεχνικές DIBH (Deep Inspiration Breath Hold)

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, έχει επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή κάλυψη του όγκου στόχου, με ταυτόχρονη προστασία στον μέγιστο εφικτό βαθμό των OARs. Παρόλα αυτά, αποτελεί στόχο η περαιτέρω μείωση της δόσης στα κρίσιμα όργανα. Στην περίπτωση του καρκίνου του μαστού, για να μειωθεί η δόση στην καρδιά και στους πνεύμονες είτε ο ασθενής ακτινοβολείται μπρούμυτα (Σε περίπτωση μεγάλων μαστών, έτσι ώστε να απομακρυνθεί ο όγκος στόχος από το θωρακικό τοίχωμα και κατ'επέκταση από την καρδιά και τους πνεύμονες), είτε εφαρμόζονται τεχνικές Deep Inspiration Breath Hold (DIBH).

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές DIBH οι οποίες έχουν δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά την μείωση της δόσης στα OARs και κυρίως στην καρδιά (όταν γίνεται θεραπεία για καρκίνο αριστερού μαστού). Οι πλέον γνωστές εφαρμοζόμενες τεχνικές είναι :

■ VOLUNTARY DIBH TECHNIQUE (V_DIBH)

Είναι η τεχνική η οποία θα εφαρμοστεί στην παρούσα διπλωματική εργασία. Η τεχνική αυτή για να πραγματοποιηθεί δεν απαιτείται η παρουσία εξωτερικών βοηθημάτων (σπιρόμετρο, clip μύτης ή marker blocks), ωστόσο είναι απαραίτητη η εξάσκηση του ασθενούς στην βαθιά εισπνοή τόσο στο σπίτι όσο και στο νοσοκομείο με κατάλληλο εξειδικευμένο προσωπικό.

■ ABC DIBH TECHNIQUE

Για την εφαρμογή της τεχνικής αυτής, τοποθετείται στο στόμα του ασθενούς ειδικό mouthpiece το οποίο είναι συνδεδεμένο μέσω κατάλληλου σωλήνα με ένα ψηφιακό σπιρόμετρο (Spirometer). Ακόμα, κατάλληλο clips τοποθετείται στην μύτη του ασθενούς, κλείνοντας με αυτόν τον τρόπο την αναπνευστική οδό από την μύτη, έτσι ώστε ο ασθενής να αναπνέει μονάχα από το στόμα. Το ψηφιακό σπιρόμετρο μετράει τον όγκο του αέρα που εισπνέει και που εκπνέει ο ασθενής με αποτέλεσμα να μπορεί να εντοπίσει το στάδιο του αναπνευστικού κύκλου στο οποίο βρίσκεται ο ασθενής. Ταυτόχρονα, δίνεται στον ασθενή μια λαβή με ένα κουμπί ασφαλείας το οποίο ο ασθενής οφείλει να πιέζει κάθε φορά που του ζητείται να παίρνει μια βαθιά αναπνοή και να την κρατάει. Σε περίπτωση που ο ασθενής δεν μπορεί να κρατήσει την αναπνοή του για το απαραίτητο χρονικό διάστημα, αφήνει το κουμπί και η ακτινοβολή σταματά.

Εικόνα 6 – Εφαρμογή της ABC_DIBH Τεχνικής



Για την εφαρμογή της τεχνικής είναι απαραίτητο ο ασθενής να εξασκηθεί στο να κρατάει την αναπνοή του. Η εξάσκηση αυτή πραγματοποιείται με τους υπεύθυνους πριν την εκκίνηση της εκάστοτε θεραπείας, καθώς και από τον ίδιο τον ασθενή στο σπίτι του. Ο χρόνος που πρέπει ο ασθενής να κρατήσει την αναπνοή του ποικίλλει και εξαρτάται άμεσα από το ακτινοθεραπευτικό μηχάνημα που θα χρησιμοποιηθεί. Όσο καλύτερο είναι το μηχάνημα (δηλαδή όσα περισσότερα MU (Monitor units)/ min δίνει) τόσο πιο σύντομο θα είναι το χρονικό διάστημα το οποίο πρέπει να κρατήσει ο ασθενής την αναπνοή του. [8,14,17]

■ RESPIRATORY GATING TECHNIQUE

Αρχικά, ο ασθενής υποβάλλεται σε CT scan. Τα δεδομένα από το CT scan θα χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό του πλάνου θεραπείας, για την ανατομική μελέτη του ασθενούς καθώς και για την μελέτη του αναπνευστικού κύκλου του ασθενούς. Κατά την διάρκεια του CT scan τοποθετείται πάνω στον υγιή μαστό ένα μικρό κουτί το οποίο ονομάζεται marker block. Στην συνέχεια, κατάλληλη κάμερα παρατηρεί και καταγράφει την κίνηση του marker block κατά την διάρκεια του αναπνευστικού κύκλου του ασθενούς. Όπως και στην τεχνική ABC DIBH έτσι και σε αυτήν την τεχνική, απαραίτητη είναι η εξάσκηση του ασθενούς πριν την εκτέλεση του CT scan, έτσι ώστε να εξοικειωθεί με το να κρατάει την αναπνοή του για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. [8,9,10,14,17]

Αφού έχουν συλλεχθεί τα απαραίτητα δεδομένα από τα CT scan, ο ασθενής ξεκινάει τις θεραπείες. Κατά την διάρκεια των θεραπειών, δίνονται οδηγίες στον ασθενή να κρατήσει την αναπνοή του για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα ακτινοβολείται ο όγκος στόχος. Για να επιβεβαιωθεί ότι υπάρχει επαναληψιμότητα ως προς το “βάθος” της αναπνοής του ασθενούς, ελέγχεται ταυτόχρονα η θέση του marker block από κατάλληλες κάμερες. Με αυτόν τον τρόπο, ο ασθενής ακτινοβολείται μόνο σε συγκεκριμένες φάσεις του αναπνευστικού κύκλου, όταν ο όγκος στόχος είναι όσο το δυνατόν πιο μακριά από τα OARs. [8,14,15,18]

Εικόνα 7 – Διάταξη για την εφαρμογή της Respiratory Gated τεχνικής



Για την εφαρμογή της τεχνικής αυτής, πρώτα πρέπει ο ασθενής να εξοικειωθεί με το να κρατάει την αναπνοή του για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Για να το καταφέρει αυτό ο ασθενής είναι απαραίτητο να κάνει εξάσκηση στο σπίτι. Συγκεκριμένα πρέπει να ξεκινήσει να κρατάει την αναπνοή του για 5 δευτερόλεπτα και σταδιακά να αυξάνει το χρονικό διάστημα μέχρι να φτάσει τον χρόνο που του έχει ζητηθεί ενώ ταυτόχρονα πρέπει να είναι ξαπλωμένος ανάσκελα με το αριστερό χέρι ψηλά. Αφού ο ασθενής καταφέρει να πετύχει το κράτημα της αναπνοής του με την επιθυμητή επαναληψιμότητα, τότε είναι σε θέση να εφαρμόσει την τεχνική. [8,14,15,17]

■ **Η ομάδα των ασθενών στην οποία μπορεί να εφαρμοστούν οι τεχνικές αυτές με επιτυχία είναι :**

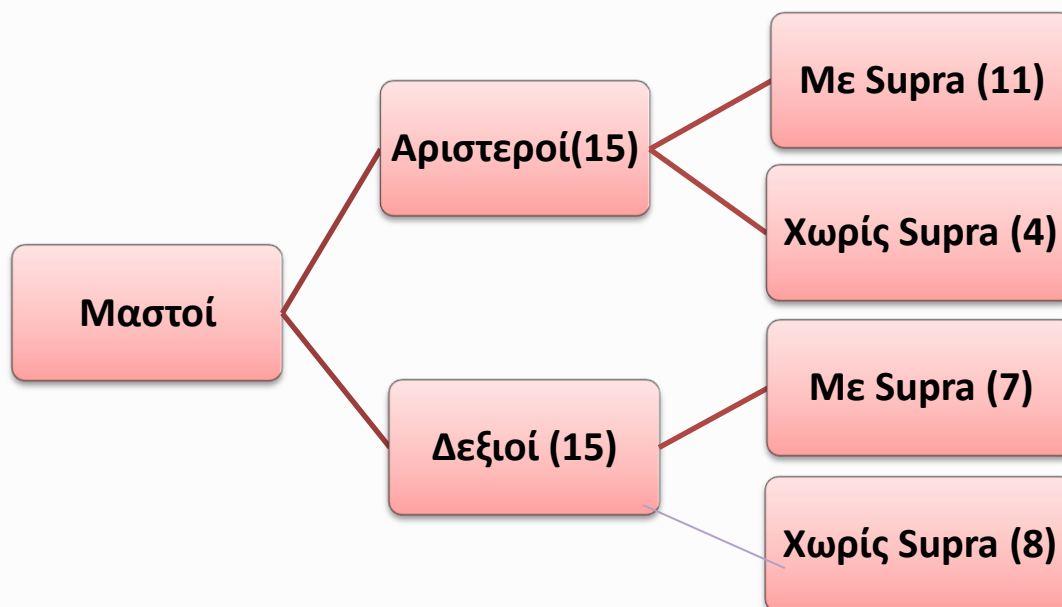
- Σε ασθενείς με καλή πνευμονική λειτουργία (γιατί αλλιώς δε θα μπορούν να κρατήσουν την αναπνοή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα)
- Σε νεαρούς ασθενείς (λόγω καλής πνευμονικής λειτουργίας)
- Σε ασθενείς στους οποίους έχει προηγηθεί χημειοθεραπεία
- Σε ασθενείς που έχουν καρκίνο του πνεύμονα σε πρώτο στάδιο
- Σε ασθενείς με ηπατικές μεταστάσεις που πρόκειται να υποβληθούν σε ακτινοθεραπεία

[3]

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μελέτη του κατά πόσο τα DIBH μοτίβα μπορούν να οδηγήσουν σε μικρότερη δόση στα OARS. Για να επιτευχθεί αυτό, δεδομένου ότι δεν υπήρχαν τα συστήματα μέτρησης (monitoring systems) που προαναφέρθηκαν στις τεχνικές ABC-DIBH και Respiratory-Gated – DIBH, ζητήθηκε από τους ασθενείς να κρατήσουν την αναπνοή τους για όσο το δυνατόν περισσότερο μπορούν και στο χρονικό διάστημα αυτό λήφθηκε η αξονική σχεδιασμού έτσι ώστε να σχεδιαστεί ένα πλάνο θεραπείας σε κατάσταση DIBH για τον κάθε ασθενή. Η διάρκεια του DIBH ποικίλλει για τον εκάστοτε ασθενή.

2.1 Κατηγοριοποίηση ασθενών

Για την διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από 30 ασθενείς συνολικά, 15 από αυτούς με καρκίνο στον αριστερό μαστό και οι υπόλοιποι 15 με καρκίνο στον δεξί μαστό. Από τους 15 ασθενείς με καρκίνο στον αριστερό μαστό, οι 11 από αυτούς παρουσίασαν μικροκυτταρικές προεκτάσεις του όγκου στην περιοχή των υπερκλειδιων λεμφαδένων, με αποτέλεσμα να υπάρχει στο πλάνο ένα επιπλέον πεδίο για την ακτινοβόληση του υπερκλειδίου.



2.2 Εξομοίωση θέσεως

Στο στάδιο αυτό, ύστερα από την επιβεβαίωση της ύπαρξης της νόσου μέσω αξονικής τομογραφίας, ο ασθενής πηγαίνει στον εξομοιωτή έτσι ώστε να καθοριστεί η θέση ακινητοποίησής του.

Ο εξομοιωτής είναι ένας αξονικός τομογράφος που χρησιμοποιείται για την μελέτη και την προσομοίωση του πλάνου θεραπείας. Ένας τυπικός εξομοιωτής αποτελείται από μια λυχνία ακτίνων – x και από έναν ανιχνευτή. Η διάταξη είναι διαμορφωμένη έτσι ώστε να μπορεί να

προσομοιάζει τις κινήσεις που κάνει ένας γραμμικός επιταχυντής. Αποτελείται από κατάλληλο κρεβάτι, παρόμοιο με εκείνο του γραμμικού επιταχυντή στον οποίο θα γίνει η θεραπεία. Ο ασθενής τοποθετείται στο κρεβάτι αυτό με τις κατάλληλες συσκευές ακινητοποίησης. Στους τοίχους υπάρχουν λέιζερ σε κάθετη και οριζόντια τοποθέτηση. Τα λέιζερ αυτά είναι υπεύθυνα για τον καθορισμό της θέσης του ασθενούς. Αφότου βρεθεί η σωστή θέση του ασθενούς, ο ασθενής σημαδεύεται με συγκεκριμένα τατουάζ. Τα τατουάζ αυτά θα βοηθήσουν στην τοποθέτηση του ασθενούς τόσο στον αξονικό τομογράφο για την λήψη της αξονικής σχεδιασμού, όσο και στο κρεβάτι του γραμμικού επιταχυντή όταν θα πραγματοποιηθεί η θεραπεία [2,3].

Εικόνα 10 - Εξομοιωτής



Στην περίπτωση μας, αφότου τοποθετήθηκαν τα χαρακτηριστικά τατουάζ στους ασθενείς (1 στο πλάι, και δύο στο κέντρο), ζητήθηκε από τους ασθενείς να λάβουν μια βαθιά εισπνοή και να κρατήσουν τον αέρα όσο περισσότερο μπορούν. Μετρήθηκε τότε η απόσταση που μετακινήθηκαν τα διάφορα τατουάζ. Συγκεκριμένα για το πλαϊνό τατουάζ μετρήθηκε η vertical μετατόπιση (κάθετη μετατόπιση) καθώς και η long μετατόπιση (οριζόντια μετατόπιση) ενώ για το κεντρικό τατουάζ μετρήθηκε η απόσταση που μετακινήθηκε προς τα πάνω. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε δύο φορές, ενώ ταυτόχρονα μετρήθηκε ο μέγιστος χρόνος που ο κάθε ασθενής μπορεί να κρατήσει την αναπνοή του.

2.3 Λήψη αξονικής τομογραφίας και σχεδιασμός των κρίσιμων δομών με και χωρίς βαθιά εισπνοή

Στο στάδιο αυτό ο ασθενής υποβάλλεται σε αξονική σχεδιασμού, έτσι ώστε να καθοριστούν τα OARs, ο όγκος στόχος, αλλά και να διαμορφωθεί το κατάλληλο πλάνο

θεραπείας. Συγκεκριμένα, λήφθηκαν δυο λήψεις αξονικής. Η μια λήψη όταν ο ασθενής ανέπνεε κανονικά και η άλλη λήψη όταν ο ασθενής είχε εισπνεύσει βαθιά και είχε κρατήσει τον αέρα. Με βάση τις δύο αυτές λήψεις, θα φτιαχτούν στην συνέχεια δύο διαφορετικά πλάνα θεραπείας τα οποία θα συγκριθούν.

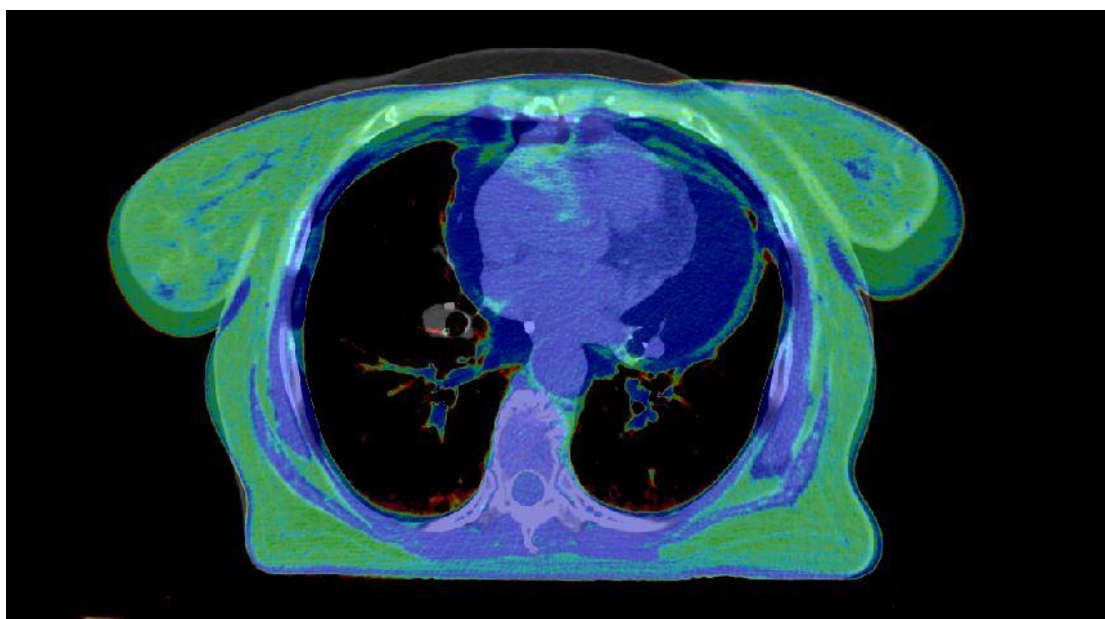
Ο αξονικός τομογράφος που χρησιμοποιήθηκε ήταν μοντέλο Philips-Brilliance 16 τομών. Το πρωτόκολλο λήψης της αξονικής περιλάμβανε τομές των 3 mm με gap ίσο με το μηδέν μεταξύ των τομών και 120 kV τάση.

Εικόνα 11 - Philips Brilliance - 16 slice CT scan



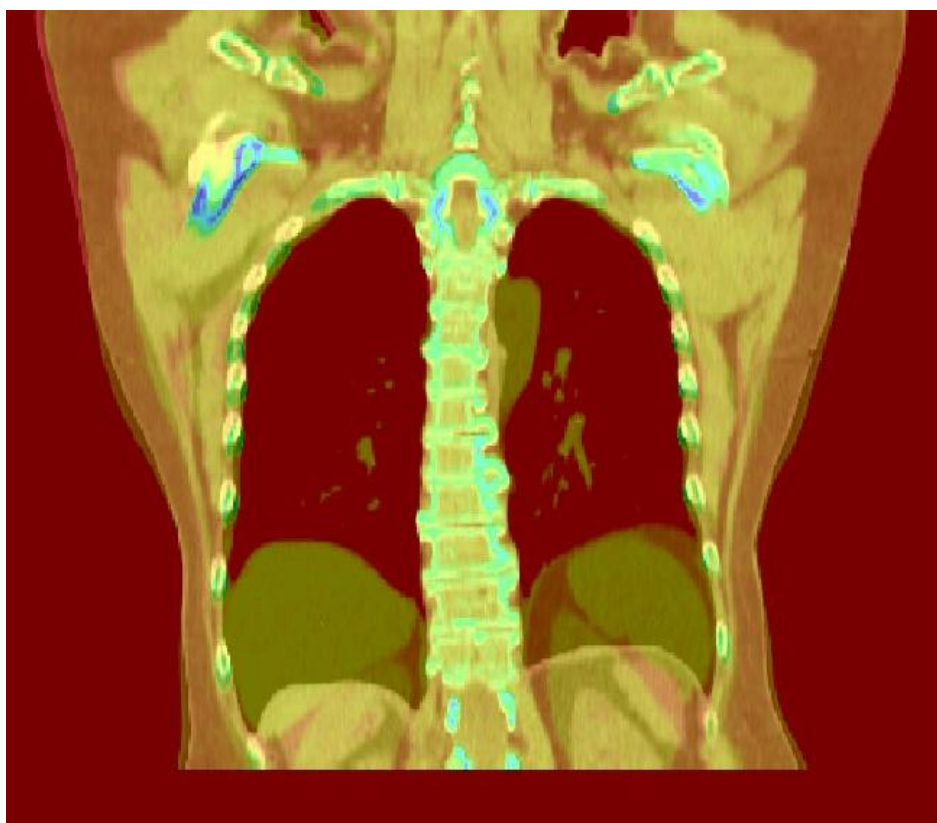
Για να κατανοήσουμε την διαφοροποίηση των αξονικών λήψεων με και χωρίς βαθιά εισπνοή, παραθέτουμε τις ακόλουθες εικόνες, οι οποίες έχουν προκύψει από **fusion (σύντηξη)** των αξονικών σε FB και ΒΗ από μια ασθενή. Προκύπτει λοιπόν ότι :

Εικόνα 12 – Σύγκριση CT scan με και χωρίς DIBH



Όπως είναι εμφανές, στην λήψη με βαθιά εισπνοή, η καρδιά έχει απομακρυνθεί από τον μαστό αρκετά, σε σχέση με την κατάσταση FB (Με μπλε χρώμα είναι η λήψη σε κατάσταση FB και με πράσινο σε ΒΗ), ενώ ταυτόχρονα είναι αρκετά μικρότερος και ο όγκος της στην απεικόνιση.

Εικόνα 13 – Σύγκριση CT scan με και χωρίς DIBH



Παρατηρώντας τις δυο αξονικές φαίνεται ξεκάθαρα η διαφορά ως προς τον όγκο των πνευμόνων σε κατάσταση FB και BH. Με έντονο πράσινο χρώμα φαίνονται τα όρια που εκτείνονται οι πνεύμονες σε κατάσταση FB.

Εικόνα 13 – Σύγκριση CT scan με και χωρίς DIBH



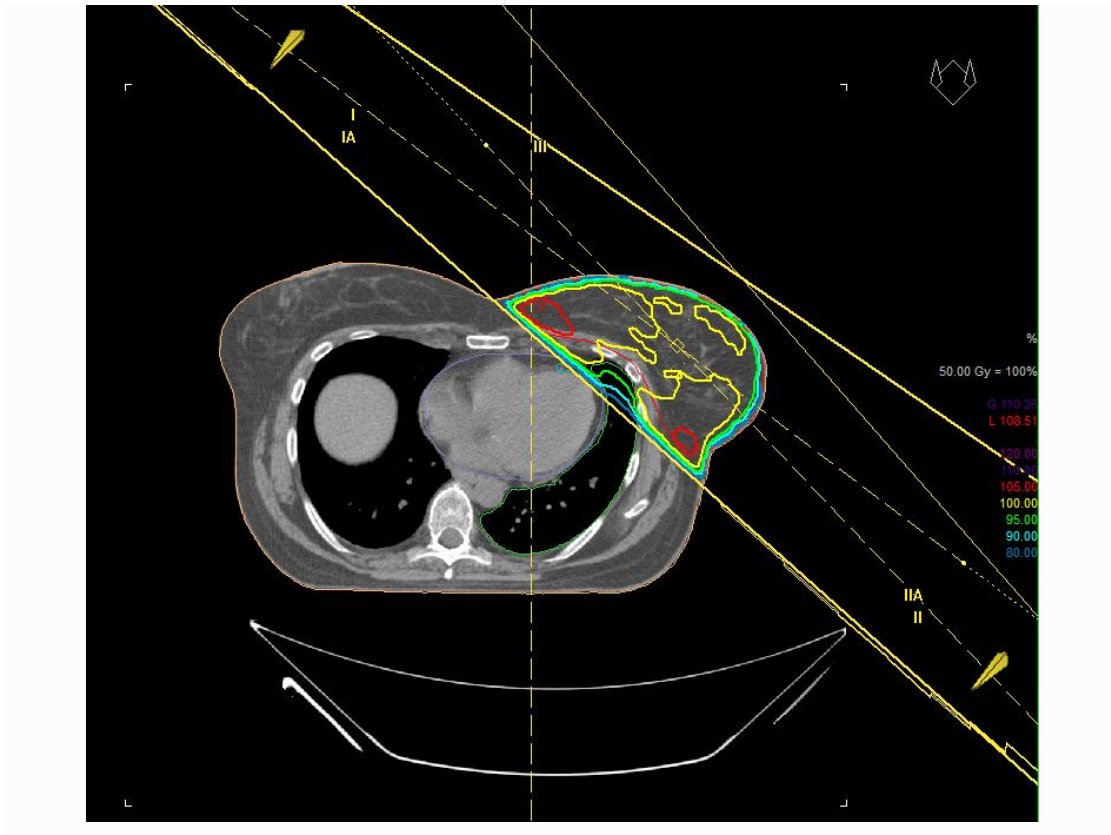
Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ξανά διαφοροποίηση μεταξύ των δύο λήψεων. Οι πνεύμονες σε κατάσταση FB (έντονο κόκκινο χρώμα) φαίνονται να είναι αρκετά μικρότεροι σε μέγεθος σε σχέση με τους πνεύμονες σε κατάσταση BH. Ακόμα, η καρδιά στην κατάσταση ελεύθερης αναπνοής φαίνεται να έχει μεγαλύτερο όγκο σε σχέση με την FB κατάσταση, ενώ ταυτόχρονα είναι μετατοπισμένη προς τον μαστό.

2.4 Σχεδιασμός και υπολογισμός πλάνων θεραπείας για δυο διαφορετικές αξονικές

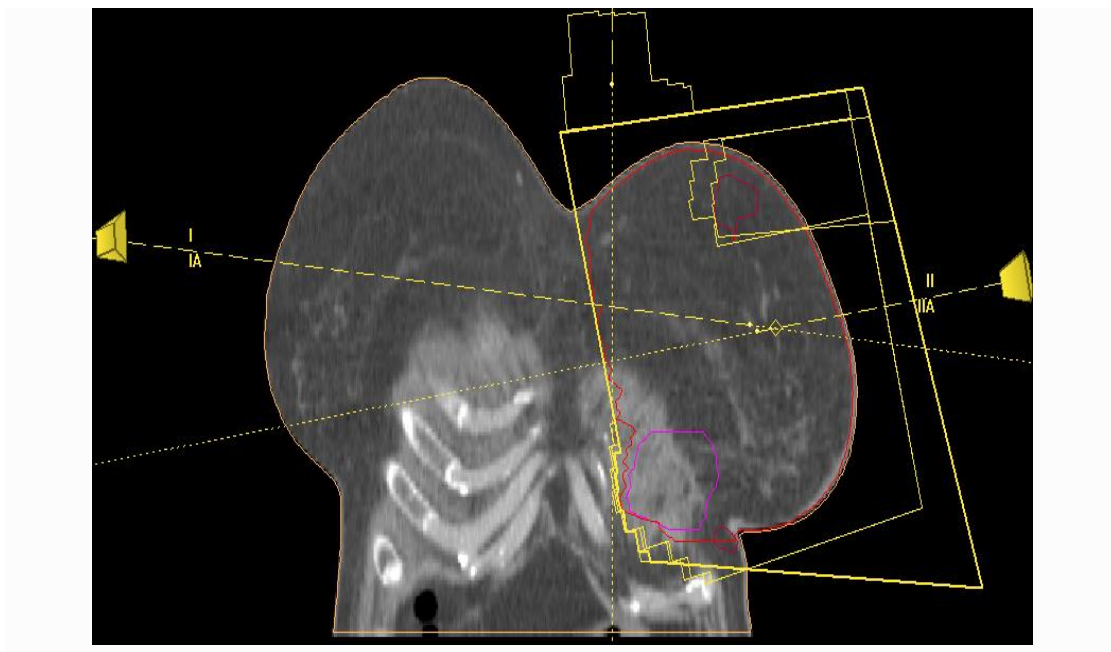
Στην συνέχεια, σχεδιάστηκαν δύο διαφορετικά πλάνα θεραπείας για τους ασθενείς. Το ένα πλάνο στηριζόταν στο Free breathing CT scan και το άλλο πλάνο στο Deep Inspiration Breath hold CT scan. Ο σχεδιασμός των δύο διαφορετικών πλάνων είχε ως στόχο να συγκριθούν διάφορες παράμετροι, όπως για παράδειγμα οι δόσεις στα OARS, η μεταβολή του όγκου των διαφόρων οργάνων, η κάλυψη του όγκου στόχου κ.λπ.

Παρατίθενται στην συνέχεια εικόνες από το πρόγραμμα σχεδιασμού:

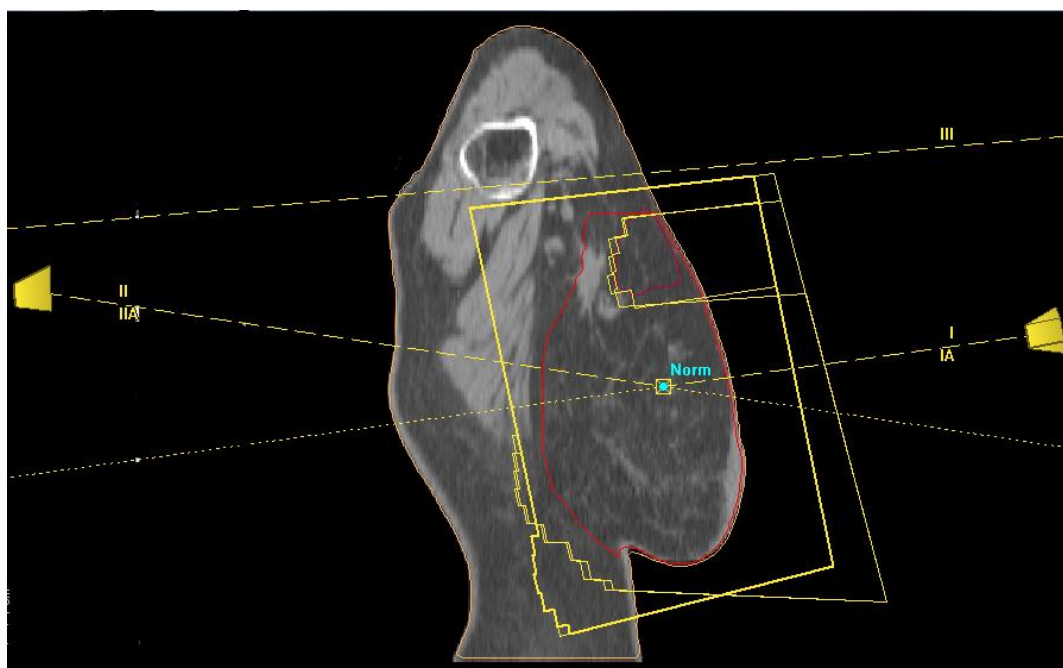
Εικόνα 15 - Κάτοψη πλάνου θεραπείας ασθενούς - απεικόνιση δεσμών και
ισοδοσικών καμπύλων



Εικόνα 16 - Coronal απεικόνιση πλάνου θεραπείας



Εικόνα 17 - Sagittal απεικόνιση πλάνου θεραπείας



Στις εικόνες 16 και 17, εκτός από το PTV το οποίο έχει σχεδιαστεί με κόκκινο χρώμα υπάρχουν σχεδιασμένες και περιοχές με ροζ σκούρο χρώμα, αυτές είναι οι περιοχές όπου παρατηρείται υπερδοσιασμός του μαστού.

Για τον σχεδιασμό των πλάνων θεραπείας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα **Oncentra της Elekta, version 4.5.3**. Το πρόγραμμα αυτό είναι ένα διαδομένο πρόγραμμα σχεδιασμού. Δίνει την δυνατότητα στον χρήστη με βάση τα δεδομένα από την αξονική απεικόνιση να σχεδιάσει τον όγκο στόχο, τα OARs, καθώς και την γεωμετρία των δεσμών που θα ακτινοβολήσουν τον ασθενή. Επιπλέον, επιτρέπει την εικονική τοποθέτηση κατάλληλων φίλτρων (wedges) έτσι ώστε να διαμορφωθεί η επιθυμητή κατανομή δόσης στον όγκο στόχο. Για δοσιμετρικούς υπολογισμούς χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος collapsed cone.

Το σχήμα θεραπείας για τον καρκίνο του μαστού είναι:

- **Ακτινοβόληση ολόκληρου του μαστού**

Για την ακτινοβόληση ολόκληρου του μαστικού αδένα, χρησιμοποιούνται δύο εφαπτομενικά αντιπαράλληλα πεδία με ταυτόχρονη χρήση κατάλληλων φίλτρων τα οποία ονομάζονται wedge filters και έχουν ως στόχο την βέλτιστη κάλυψη του όγκου στόχου, ενώ ταυτόχρονα η κατανομή της δόσης στον όγκο στόχο να είναι ομοιόμορφη, δηλαδή να κυμαίνεται από +7% (107%) έως -5% (95%) σύμφωνα με το Quantec. Σε περίπτωση που η

κάλυψη αυτή, λόγω ιδιαίτερης μορφολογίας του μαστού δεν είναι εφικτή με τα πεδία αυτά, μπορούν να ενταχθούν στο πλάνο επιπλέον συμπληρωματικά πεδία (μικρότερης βαρύτητας) τα όρια και η γεωμετρία των οποίων καθορίζονται μέσω των MLCs. Τα πεδία αυτά έχουν ως στόχο σε συνδυασμό με τα εφαπτομενικά πεδία, να πετύχουν την καλύτερη εφικτή κάλυψη του όγκου στόχου. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να απαλειφθούν οι περιοχές υποδοσιασμού καθώς και οι περιοχές υπερδοσιασμού, το οποίο επιτυγχάνεται μέσω του συνδυασμού των προαναφερθέντων πεδίων.

- **Ακτινοβόληση της κοίτης του όγκου**

Στο στάδιο αυτό ακτινοβολείται η κοίτη του όγκου (ύστερα από ογκεκτομή) και πραγματοποιείται με την εισαγωγή δύο επιπλέον πεδίων τα οποία ονομάζονται boost πεδία. Τα boost πεδία προστίθενται με σκοπό την μείωση τοπικών υποτροπών, με την προσθήκη μιας συμπληρωματικής δόσης. Οι δέσμες αυτές θα είναι είτε δέσμες φωτονίων, είτε δέσμες ηλεκτρονίων. Στην παρούσα διπλωματική η ακτινοβόληση boost μελετήθηκε μόνο για δέσμες φωτονίων. Η επιλογή της δέσμης εξαρτάται από το βάθος του όγκου στόχου. Είναι απαραίτητη η ακτινοβόληση του ασθενούς επιπλέον με boost πεδία σε περίπτωση που έχει προηγηθεί ογκεκτομή. Η ακτινοβόληση με τα πεδία boost γίνεται μετά το πέρας των συμβατικών ακτινοθεραπευτικών συνεδριών.

- **Ακτινοβόληση της περιοχής των υπερκλείδιων λεμφαδένων (Supra)**

Σε περίπτωση που έχει εντοπιστεί διήθηση στην περιοχή των μασχαλιαίων λεμφαδένων, ο ασθενής ακτινοβολείται από ένα επιπλέον πεδίο στην περιοχή του Supra (Υπερκλείδιο). Το πεδίο για το υπερκλείδιο, δεν συνοδεύεται συνήθως από φίλτρο wedge. Τα όρια του πεδίου αυτού είναι πολύ αυστηρά καθορισμένα έτσι ώστε να μην υπάρχει υπερκάλυψη με κάποιο από τα εφαπτομενικά πεδία, καθώς στο σημείο που θα καλύπτει το ένα πεδίο το άλλο θα υπάρχει πολύ μεγάλη αύξηση της δόσης.

Τα φίλτρα wedge που χρησιμοποιούνται έχουν την δυνατότητα να απορροφούν την δέσμη με διαφορετικό τρόπο κάθετα στην διεύθυνση διάδοσης της. Η απορρόφηση αυτή έχει ως αποτέλεσμα να αλλάζει η κατανομή της δόσης στο εσωτερικό του ασθενούς. Τα φίλτρα αυτά συνήθως είναι γωνιών 15,30,45 και 60 μοιρών. Στην περίπτωση μας, χρησιμοποιήθηκαν κυρίως φίλτρα των 15 και των 30 μοιρών.

Εικόνα 18 - Wedge filters



Η προκαθορισμένη δόση είναι 60 Gy. Τα 50 από αυτά δίνονται σε ολόκληρο τον μαστικό αδένα του ασθενούς μέσω των εφαπτομενικών πεδίων, σε 25 συνεδρίες των 2 Gy, ενώ τα 10 Gy δίνονται στην κοίτη του όγκου από τα boost πεδία, σε 5 συνεδρίες των 2 Gy. Σε περίπτωση διήθησης στην περιοχή των μασχαλαίων λεμφαδένων, θα δοθούν άλλα 43 Gy στην περιοχή του Supra, σε 25 συνεδρίες των 1,7 Gy

2.5 Κριτήρια αξιολόγησης του πλάνου θεραπείας

Για την αξιολόγηση του εκάστοτε πλάνου θεραπείας για καρκίνο στον μαστό, λαμβάνονται υπόψη αρκετοί περιορισμοί αλλά και στόχοι, με σκοπό την προστασία του ασθενούς από πιθανά μελλοντικά προβλήματα με ταυτόχρονη βέλτιστη κάλυψη του όγκου στόχου. Συγκεκριμένα, προκύπτει ότι :

Organ	V47	V43	V25	V50	V60	Max dose	V60
PTV	≥95%						
Supra		≥85%					
Lung			<10%				
Heart			<10%				
LAD						0,8 Gy	
Esophagus				<32%	<33%		
Spinal Cord						50 Gy	
Brachial Plexus							<5%

Αναλυτικότερα...

- Το βασικότερο κριτήριο αποδοχής ενός πλάνου θεραπείας είναι να καλύπτεται επαρκώς ο όγκος στόχος. Συγκεκριμένα, πρέπει το 95% του όγκου στόχου, να λαμβάνει δόση ίση ή μεγαλύτερη από το 95% της προκαθορισμένης δόσης.
- Για την καρδιά πρέπει το $V_{25} < 10\%$ σύμφωνα με το Quantec. Αυτό συνεπάγεται ότι πρέπει δόση ίση με 25 Gy πρέπει να λαμβάνει όγκος μικρότερος από το 10% του συνολικού όγκου της καρδιάς. Ακόμα, κριτήριο αποτελεί η προστασία της LAD αρτηρίας. Η αρτηρία αυτή εάν ακτινοβοληθεί σε όλο της τον όγκο, δεν πρέπει να πάρει δόση που να ξεπερνάει τα 0,8 Gy σύμφωνα με το RTOG.
- Ομοίως και για τον πνεύμονα, πρέπει το $V_{25} < 10\%$.
- Για τον οισοφάγο πρέπει το $V_{50} < 32\%$ σύμφωνα με το quantec & το RTOG 0617,0623, δηλαδή δόση ίση με 50 Gy πρέπει να λαμβάνει όγκος μικρότερος του 32% του συνολικού όγκου του οισοφάγου. Επιπλέον, πρέπει η μέση δόση να μην ξεπερνάει τα 34 Gy.
- Για τον νωτιαίο μυελό, η ακρίβεια ως προς τον σχεδιασμό είναι κρίσιμη. Παρόλο που υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία όσον αφορά τα ακριβή όρια ανοχής του νωτιαίου μυελού, έχει οριστεί ως 50 Gy η μέγιστη δόση που μπορεί να ληφθεί από τον νωτιαίο μυελό, για συνεδρίες των 2 Gy. Το όριο αυτό θεωρείται εξαιρετικά ασφαλές καθώς ο κίνδυνος εμφάνισης μυελοπάθειας είναι μικρότερος από 1%.
- Για το βραχιόνιο πλέγμα σύμφωνα με το RTOG 0619 πρέπει $V_{60} < 5\%$. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι δόση έως και 60 Gy πρέπει να λαμβάνει ένα ποσοστό μικρότερο ή ίσο του 5% του συνολικού όγκου του.

[18,19]

2.6 Χρόνοι ακτινοβολήσης

Στο στάδιο αυτό, συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούσαν τους χρόνους ακτινοβολήσης του εκάστοτε πεδίου στα διάφορα πλάνα θεραπείας. Σκοπός μας ήταν να υπολογιστεί ο χρόνος ακτινοβολήσης κατά μέσο όρο για το κάθε πεδίο, είτε αναφερόμαστε σε πεδίο boost, είτε σε πεδίο Surgra, είτε στα εφαιπτομενικά πεδία.

Με τη βοήθεια του συστήματος TPS Oncentra της Elekta, version 4.5.3, υπολογίστηκαν τα MU (Monitor units) για το κάθε πεδίο. Με βάση τα MU και τον ρυθμό δόσης του γραμμικού επιταχυντή υπολογίστηκε ο χρόνος ακτινοβολήσης που απαιτείται για το κάθε πεδίο.

Ο γραμμικός επιταχυντής του νοσοκομείου είναι μοντέλο Siemens Oncor, 6 MV, με ρυθμό δόσης $250 \text{ MU/min} \approx 250 \text{ cGy/min}$ και SAD=100 cm.

Οι χρόνοι ακτινοβολήσης δεν υπολογίστηκαν τυχαία, αλλά με σκοπό να συγκριθούν με τον μέσο χρόνο που μπορούν οι ασθενείς να κρατήσουν την αναπνοή τους σε συνθήκες προσομοίωσης και CT scan, όπως μετρήθηκαν κατά την διαδικασία της εξομοίωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.1 Χρόνοι ακτινοβολήσης και χρόνοι βαθιάς εισπνοής

Για να υπολογίσουμε τον χρόνο που απαιτείται για να ακτινοβολήσει το εκάστοτε πεδίο τον ασθενή, με την βοήθεια του προγράμματος Oncentra βρήκαμε πόσα MU αποδίδει το κάθε πεδίο. Γνωρίζοντας ότι συνολικά ο γραμμικός επιταχυντής 6 MV Siemens Oncor που διαθέτει το νοσοκομείο μπορεί να παρέχει έως και 250 MU/min υπολογίσαμε τον χρόνο που απαιτείται για το κάθε πεδίο.

Στην συνέχεια, κατά την διάρκεια της εξομοίωσης θέσεως μετρήσαμε ποιος είναι ο μέγιστος χρόνος που μπορεί ο κάθε ασθενής να εισπνεύσει βαθιά και να κρατήσει την αναπνοή του. Τέλος, συγκρίναμε τους χρόνους που καταγράψαμε με τους χρόνους που προέκυψαν από το πρόγραμμα. Για λόγους προστασίας προσωπικών δεδομένων οι ασθενείς δε θα αναφερθούν ονομαστικά. Παραθέτουμε στην συνέχεια τους πίνακες με τους χρόνους:

Ασθενής	Πεδίο I (MU)	Χρόνος πεδίου I	Πεδίο II (MU)	Χρόνος πεδίου II	Πεδίο III (MU)	Χρόνος πεδίου III
1	175,79	42,19	206,87	49,65	-	-
2	142,19	34,13	159,06	38,17	191,13	45,87
3	201,92	48,46	195,32	46,88	398,47	95,63
4	201,22	48,29	195,32	46,88	398,47	95,63
5	141,23	33,90	203,26	48,78	200,16	48,04
6	206,68	49,60	207,79	49,87	206,10	49,46
7	212,60	51,02	211,05	50,65	198,29	47,59
8	222,42	53,38	213,16	51,16	219,43	52,66
9	160,90	38,62	162,74	39,06	207,14	49,71
10	165,61	39,75	189,06	45,37	-	-
11	176,91	42,46	195,38	46,89	192,97	46,31
12	200,07	48,02	207,83	49,88	-	-
13	141,54	33,97	141,31	33,91	201,36	48,33
14	171,87	41,25	170,27	40,86	434,12	104,19
15	279,14	66,99	279,01	66,96	-	-
16	278,14	66,75	270,21	64,85	-	-

Ασθενής	Πεδίο I (MU)	Χρόνος πεδίου I	Πεδίο II (MU)	Χρόνος πεδίου II	Πεδίο III (MU)	Χρόνος πεδίου III
17	159,44	38,27	160,85	38,60	190,39	45,69
18	206,14	49,47	203,53	48,85	-	-
19	191,18	45,88	191,95	46,07	-	-
20	252,81	60,67	280,41	67,30	-	-
21	156,66	37,60	173,06	41,53	-	-
22	208,64	50,07	225,65	54,16	188,99	45,36
23	208,68	50,08	223,35	53,60	202,29	48,55
24	141,35	33,92	141,19	33,89	204,39	49,05
25	256,00	61,44	270,00	64,80	-	-
26	279,69	67,13	247,26	59,34	-	-
27	149,97	35,99	155,81	37,39	-	-
28	201,93	48,46	201,91	48,46	-	-
29	188,22	45,17	207,39	49,77	-	-
30	212,41	50,98	204,99	49,20	203,29	48,79

Τα πεδία I, II αποτελούν τα αρχικά εφαπτομενικά πεδία τα οποία ακτινοβολούν τον όγκο στόχο. Το πεδίο III αποτελεί το πεδίο που ακτινοβολεί τους υπερκλείδιους λεμφαδένες σε περίπτωση που έχει εντοπιστεί διήθηση στους μασχαλιαίους λεμφαδένες. Με τα δεδομένα αυτά προέκυψε ότι ο μέσος χρόνος για τα εφαπτομενικά πεδία είναι ίσος με 47,95 sec≈**48 sec**, ενώ ο μέσος χρόνος για το υπερκλείδιο πεδίο III είναι ίσος με 57,55 sec≈**58 sec**.

Ασθενής	Πεδίο IA (MU)	Χρόνος πεδίου IA	Πεδίο IIA (MU)	Χρόνος πεδίου IIA
1	31,75	7,62	-	-
2	14,24	3,42	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	61,43	14,74	-	-
6	-	-	-	-
7	11,44	2,75	-	-
8	9,54	2,29	12,23	2,94
9	-	-	-	-
10	59,47	14,27	-	-
11	-	-	67,80	16,27
12	12,81	3,07	-	-
13	12,40	2,98	12,38	2,97
14	11,57	2,78	12,96	3,11
15	-	-	-	-
16	12,17	2,92	-	-

Ασθενής	Πεδίο ΙΑ (ΜU)	Χρόνος πεδίου ΙΑ	Πεδίο ΙΙΑ (ΜU)	Χρόνος πεδίου ΙΙΑ
17	-	-	-	-
18	-	-	10,84	2,60
19	21,91	5,26	22,00	5,28
20	46,96	11,27	-	-
21	17,63	4,23	-	-
22	13,54	3,25	-	-
23	24,05	5,77	-	-
24	18,83	4,52	18,81	4,51
25	28,55	6,85	-	-
26	-	-	18,84	4,52
27	-	-	-	-
28	13,34	3,20	25,09	6,02
29	22,14	5,31	-	-
30	-	-	-	-

Ο μέσος χρόνος για τα συμπληρωματικά πεδία είναι περίπου 5,48 sec \approx **6 sec**.

Ασθενής	Πεδίο boost I (MU)	Χρόνος πεδίου boost I	Πεδίο boost II (MU)	Χρόνος πεδίου boost II
1	210,78	50,59	210,78	50,59
2	207,69	49,85	212,01	50,88
3	209,73	50,34	204,91	49,18
4	222,09	53,30	219,23	52,62
5	207,67	49,84	204,91	49,18
6	318,28	76,39	350,01	84,00
7	212,88	51,09	205,62	49,35
8	229,65	55,12	215,02	51,60
9	218,32	52,40	219,44	52,67
10	195,44	46,91	210,75	50,58
11	276,13	66,27	239,58	57,50
12	232,52	55,80	211,46	50,75
13	328,21	78,77	347,06	83,29
14	-	-	-	-
15	465,75	111,78	304,09	72,98
16	535,27	128,46	426,80	102,43
17	-	-	-	-
18	-	-	-	-
19	289,51	69,48	445,16	106,84
20	485,82	116,60	487,99	117,12
21	336,76	80,82	322,23	77,34
22	-	-	-	-
23	-	-	-	-
24	338,31	81,19	304,59	73,10
25	225,65	54,16	281,23	67,50
26	-	-	-	-
27	203,73	48,90	217,19	52,13
28	-	-	-	-
29	202,01	48,48	368,29	88,39
30	-	-	-	-

Ο μέσος χρόνος λοιπόν για τα πεδία boost προέκυψε ίσος με 67,42 sec≈ **68 sec**.

Σύμφωνα με τα δεδομένα από πρόγραμμα TPS Oncentra, σε συνδυασμό με τις μετρήσεις του χρόνου DIBH στους ασθενείς, προέκυψαν οι ακόλουθοι συγκεντρωτικοί πίνακες :

	Μέγιστος χρόνος (sec)	Ελάχιστος χρόνος (sec)	Μέση τιμή χρόνου (sec)
Χρόνοι DIBH	75	11	34

Χρόνοι ακτινοβολήσης	Πεδία Boost	Πεδίο Supra	Εφαπτομενικά πεδία	Συμπληρωματικό πεδία
Μέγιστος χρόνος (sec)	128,46	104,19	69,36	14,74
Ελάχιστος χρόνος (sec)	46,91	45,69	28,08	2,29
Μέση τιμή χρόνου (sec)	68	58	48	6

3.2 Μεταβολή του όγκου της καρδιάς και των πνευμόνων μεταξύ του FB (free breathing) και του DIBH (Deep inspiration breath hold).

Για τους αριστερούς μαστούς :

Ασθενής	όγκος πνεύμονα σε FB	όγκος πνεύμονα σε BH	Μεταβολή όγκου πνεύμονα %
1	990,99	2119,77	53,25
2	861,93	1886,25	54,30
3	879,26	1887,43	53,41
4	1288,09	2184,22	41,03
5	820,25	2143,92	61,74
6	1173,57	1388,78	15,50
7	1150,21	2622,09	56,13
8	1274,46	2263,7	43,70
9	1014,14	1691,91	40,06
10	1666,9	2678,12	37,76
11	871,17	1381,68	36,95
12	938,11	1589,95	41,00
13	1280,89	2154,63	40,55
14	875,81	1442,01	39,26
15	1449,59	1556,68	6,88
Μέσος όρος	1102,36	1932,74	41,44

Ασθενής	όγκος καρδιάς σε FB	όγκος καρδιάς σε ΒΗ	Μεταβολή όγκου καρδιάς %
1	653,60	539,74	-21,10
2	531,16	446,91	-18,85
3	493,07	492,80	-0,05
4	593,91	373,30	-59,10
5	587,00	484,92	-21,05
6	678,55	684,81	0,91
7	535,71	475,10	-12,76
8	611,54	528,68	-15,67
9	666,85	532,66	-25,19
10	587,19	526,62	-11,50
11	517,22	452,00	-14,43
12	415,46	421,84	1,51
13	570,84	489,70	-16,57
14	528,34	515,40	-2,51
15	695,51	599,95	-15,93
Μέσος όρος	577,73	504,30	-14,56

Για τους δεξιούς μαστούς

Ασθενής	όγκος πνεύμονα σε FB	όγκος πνεύμονα σε ΒΗ	Μεταβολή όγκου πνεύμονα %
1	1230,5	2215,38	44,46
2	1439,11	1854,92	22,42
3	921,82	1790,36	48,51
4	1743,32	1818,95	4,16
5	1393,86	2672,53	47,84
6	1541,05	2974,48	48,19
7	1653,58	2650,86	37,62
8	1949,15	2908,19	32,98
9	1295,35	1965,29	34,09
10	1510,03	1849,13	18,34
11	1270,93	2503,87	49,24
12	1756,79	2753,07	36,19
13	1529,29	2453,2	37,66
14	1013,72	1240,29	18,27
15	1082,97	1817,23	40,41
Μέσος όρος	1422,10	2231,18	34,69

3.3 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και της ελάχιστης δόσης (Min dose) στην καρδιά

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra:

Ασθενής	Max dose FB	Max dose BH	Μεταβολή Max dose %	Min dose FB	Min dose BH	Μεταβολή Min dose %
1	50,95	14,89	-70,78	1,07	0,77	-28,04
2	50,52	41,55	-17,76	1,19	1,09	-8,40
3	54,61	45,53	-16,63	1,27	1,38	8,66
4	52,48	17,98	-65,74	1,29	0,61	-52,71
5	54,82	52,39	-4,43	1,52	1,21	-20,39
6	52,02	51,66	-0,69	1,17	1,09	-6,84
7	54,38	52,80	-2,91	1,30	1,07	-17,69
8	57,51	53,19	-7,51	1,76	1,08	-38,64
9	51,26	31,35	-38,84	1,38	1,11	-19,57
10	50,63	22,19	-56,17	1,24	1,10	-11,29
11	53,33	51,28	-3,84	1,45	1,25	-13,79
Μέσος όρος	58,25	43,48	-25,94	1,46	1,18	-18,97

Ομοίως, σε 1 ccm :

Ασθενής	Max dose σε 1 ccm FB	Max dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή της Max dose μεταξύ FB - BH σε 1 ccm (%)
1	0,05	0,01	-86,34
2	0,06	0,02	-62,42
3	0,06	0,02	-61,16
4	0,04	0,01	-79,80
5	0,07	0,02	-63,44
6	0,04	0,04	-16,08
7	0,05	0,03	-41,80
8	0,03	0,02	-42,43
9	0,06	0,02	-61,44
10	0,05	0,01	-74,14
11	0,04	0,03	-10,46
Μέσος όρος	0,05	0,02	-54,50

Ασθενής	Min dose σε 1 ccm FB	Min dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή της Min dose μεταξύ FB - BH σε 1 ccm (%)
1	0,0011	0,0004	-66,36
2	0,0014	0,0006	-58,14
3	0,0014	0,0007	-49,38
4	0,0010	0,0003	-72,11
5	0,0019	0,0006	-69,54
6	0,0010	0,0008	-21,27
7	0,0013	0,0006	-50,66
8	0,0011	0,0004	-61,81
9	0,0016	0,0008	-49,28
10	0,0013	0,0007	-47,66
11	0,0010	0,0008	-19,72
Μέσος όρος	0,0013	0,0006	-51,45

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra:

Ασθενής	Max dose FB	Max dose BH	Μεταβολή Max dose %	Min dose FB	Min dose BH	Μεταβολή Min dose %
1	51,53	15,29	-70,33	1,34	1,07	-20,15
2	55,45	45,50	-17,94	1,21	0,90	-25,62
3	47,48	12,62	-73,42	1,48	0,96	-35,14
4	47,32	51,71	9,28	1,09	1,00	-8,26
Μέσος όρος	40,36	25,02	-38,10	1,02	0,79	-22,29

Ομοίως σε 1 ccm :

Ασθενής	Max dose σε 1 ccm FB	Max dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή της Max dose μεταξύ FB - BH σε 1 ccm (%)
1	0,05	0,02	-57,39
2	0,05	0,03	-47,82
3	0,05	0,03	-43,45
4	0,06	0,04	-33,31
Μέσος όρος	0,05	0,03	-45,49

Ασθενής	Min dose σε 1 ccm FB	Min dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή της Min dose μεταξύ FB - BH σε 1 ccm (%)
1	0,0008	0,0001	-82,45
2	0,0004	0,0001	-67,52
3	0,0008	0,0002	-78,13
4	0,0009	0,0003	-70,43
Μέσος όρος	0,0007	0,0002	-74,63

3.4 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και της ελάχιστης δόσης (Min dose) στους πνεύμονες

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

Ασθενής	Max dose FB	Max dose BH	Μεταβολή Max dose %	Min dose FB	Min dose BH	Μεταβολή Min dose %
1	54,87	54,35	-0,95	0,61	0,44	-27,87
2	57,50	56,84	-1,15	1,13	0,60	-46,90
3	52,05	60,08	15,43	1,08	0,75	-30,56
4	56,38	64,20	13,87	0,62	0,31	-50,00
5	54,21	58,14	7,25	1,19	0,38	-68,07
6	57,73	57,13	-1,04	1,02	0,89	-12,75
7	57,37	55,65	-3,00	1,27	0,46	-63,78
8	62,66	56,83	-9,30	1,07	0,34	-68,22
9	55,80	53,11	-4,82	0,88	0,56	-36,36
10	51,50	50,75	-1,46	1,02	0,80	-21,57
11	60,00	59,78	-0,37	0,97	0,97	0,00
Μέσος όρος	56,37	56,99	1,32	0,99	0,59	-38,73

Ομοίως σε 1 ccm :

Ασθενής	Max dose σε 1 ccm FB	Max dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή Max dose σε 1 ccm
1	0,055	0,026	-53,69
2	0,067	0,030	-54,83
3	0,059	0,032	-46,23
4	0,044	0,029	-32,85
5	0,066	0,027	-58,97
6	0,049	0,041	-16,37
7	0,057	0,033	-41,86
8	0,038	0,021	-43,55
9	0,064	0,038	-39,99
10	0,055	0,032	-41,86
11	0,041	0,038	-7,22
Μέσος όρος	0,054	0,032	-39,76

Ασθενής	Min dose σε 1 ccm FB	Min dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή Min dose σε 1 ccm
1	0,0006	0,0002	-66,28
2	0,0013	0,0003	-75,74
3	0,0012	0,0004	-67,65
4	0,0005	0,0001	-70,51
5	0,0015	0,0002	-87,78
6	0,0009	0,0006	-26,27
7	0,0013	0,0003	-78,29
8	0,0006	0,0001	-80,22
9	0,0010	0,0004	-59,88
10	0,0010	0,0004	-59,88
11	0,0011	0,0005	-53,72
Μέσος όρος	0,0007	0,0006	-66,02

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

Ασθενής	Max dose FB	Max dose BH	Μεταβολή Max dose %	Min dose FB	Min dose BH	Μεταβολή Min dose %
1	53,92	52,38	-2,86	0,95	0,38	-60,00
2	62,41	57,84	-7,32	0,52	0,30	-42,31
3	58,27	55,43	-4,87	1,06	0,39	-63,21
4	48,37	53,11	9,80	0,76	0,37	-51,32
Μέσος όρος	55,74	54,69	-1,31	0,82	0,36	-54,21

Ομοίως σε 1 ccm :

Ασθενής	Max dose σε 1 ccm FB	Max dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή Max dose σε 1 ccm
1	0,047	0,020	-57,39
2	0,049	0,026	-47,82
3	0,045	0,026	-43,45
4	0,055	0,037	-33,31
Μέσος όρος	0,049	0,027	-45,49

Ασθενής	Min dose σε 1 ccm FB	Min dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή Min dose σε 1 ccm
1	0,0008	0,0001	-82,45
2	0,0004	0,0001	-67,52
3	0,0008	0,0002	-78,13
4	0,0009	0,0003	-70,43
Μέσος όρος	0,0007	0,0002	-74,63

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

Ασθενής	Max dose FB	Max dose BH	Μεταβολή Max dose %	Min dose FB	Min dose BH	Μεταβολή Min dose %
1	57,98	55,74	-3,86	0,95	0,35	-63,16
2	53,46	62,23	16,40	1,05	0,81	-22,86
3	48,91	53,46	9,30	1,15	0,49	-57,39
4	52,89	51,76	-2,14	0,90	0,37	-58,89
5	54,30	51,44	-5,27	0,72	0,49	-31,94
6	59,85	58,71	-1,90	1,28	0,40	-68,75
7	51,64	50,64	-1,94	0,68	0,42	-38,24
8	51,21	49,43	-3,48	0,49	0,37	-24,49
Μέσος όρος	53,78	54,18	0,89	0,90	0,46	-45,71

Ομοίως σε 1 ccm :

Ασθενής	Max dose σε 1 ccm FB	Max dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή της Max dose μεταξύ FB - BH σε 1 ccm (%)
1	0,047	0,025	-46,60
2	0,037	0,034	-9,69
3	0,053	0,030	-43,72
4	0,034	0,017	-49,30
5	0,036	0,028	-22,64
6	0,047	0,023	-50,21
7	0,034	0,021	-38,87
8	0,047	0,027	-42,48
Μέσος όρος	0,042	0,026	-37,94

Ασθενής	Min dose σε 1 ccm FB	Min dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή της Min dose μεταξύ FB - BH σε 1 ccm (%)
1	0,0008	0,0002	-79,54
2	0,0007	0,0004	-40,15
3	0,0012	0,0003	-78,06
4	0,0006	0,0001	-78,70
5	0,0005	0,0003	-44,42
6	0,0010	0,0002	-84,14
7	0,0004	0,0002	-61,50
8	0,0005	0,0002	-55,00
Μέσος όρος	0,0007	0,0002	-65,19

Για τους δεξιούς χωρίς Supra

Ασθενής	Max dose FB	Max dose BH	Μεταβολή Max dose %	Min dose FB	Min dose BH	Μεταβολή Min dose %
1	51,56	51,33	-0,45	0,53	0,53	0,00
2	59,66	59,22	-0,74	0,76	0,29	-61,84
3	54,10	53,24	-1,59	0,63	0,37	-41,27
4	58,72	56,08	-4,50	0,43	0,26	-39,53
5	57,06	56,64	-0,74	0,77	0,41	-46,75
6	58,48	58,15	-0,56	0,53	0,31	-41,51
7	55,95	50,84	-9,13	0,95	0,82	-13,68
Μέσος όρος	56,50	55,07	-2,53	0,66	0,43	-34,94

Ομοίως σε 1 ccm :

Ασθενής	Max dose σε 1 ccm FB	Max dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή της Max dose μεταξύ FB - BH σε 1 ccm (%)
1	0,030	0,028	-4,59
2	0,043	0,022	-48,23
3	0,033	0,020	-38,61
4	0,030	0,019	-35,99
5	0,044	0,029	-34,57
6	0,033	0,021	-36,55
7	0,055	0,041	-25,73
Μέσος όρος	0,038	0,026	-32,04

Ασθενής	Min dose σε 1 ccm FB	Min dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή της Min dose μεταξύ FB - BH σε 1 ccm (%)
1	0,0003	0,0003	-4,16
2	0,0005	0,0001	-80,10
3	0,0004	0,0001	-63,36
4	0,0002	0,0001	-59,47
5	0,0006	0,0002	-64,90
6	0,0003	0,0001	-62,68
7	0,0009	0,0007	-29,45
Μέσος όρος	0,0005	0,0002	-52,02

3.5 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και της ελάχιστης δόσης (Min dose) σε 1 ccm για τον οισοφάγο

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

Ασθενής	Max dose FB σε 1 ccm	Max dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή BH-FB για 1 ccm
1	8,57	11,15	30,05
2	5,14	4,45	-13,44
3	4,01	3,45	-14,09
4	3,49	3,52	0,99
5	2,63	2,26	-13,84
6	1,70	4,25	149,52
7	3,58	3,98	11,27
8	0,64	2,64	312,66
9	4,49	3,67	-18,10
10	4,24	4,27	0,63
11	4,48	3,72	-16,91
Μέσος όρος	3,91	4,31	9,29

Ασθενής	Min dose FB σε 1 ccm	Min dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή BH-FB για 1 ccm
1	0,38	0,58	54,84
2	0,21	0,21	-1,26
3	0,15	0,13	-13,68
4	0,14	0,12	-16,45
5	0,12	0,10	-21,49
6	0,05	0,21	340,75
7	0,19	0,13	-31,03
8	0,11	0,07	-30,10
9	0,27	0,14	-50,21
10	0,16	0,14	-8,74
11	0,20	0,15	-26,61
Μέσος όρος	0,18	0,18	17,82

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

Ασθενής	Max dose FB σε 1 ccm	Max dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή BH-FB για 1 ccm
1	4,23	4,57	7,91
2	3,67	3,84	4,51
3	2,92	3,59	22,92
4	3,95	-	-
5	2,43	2,57	5,78
6	3,78	3,97	4,85
7	2,60	1,84	-29,20
8	0,94	2,96	216,15
Μέσος όρος	2,94	3,33	33,27

Ασθενής	Min dose FB σε 1 ccm	Min dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή FB-BH για 1 ccm
1	0,16	0,23	45,05
2	0,15	0,13	-15,42
3	0,16	0,14	-13,70
4	0,13	-	-
5	0,10	0,08	-22,05
6	0,14	0,14	2,20
7	0,08	0,08	-0,08
8	0,32	0,24	-26,01
Μέσος όρος	0,15	0,15	-4,29

Τόσο για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra όσο και για τους δεξιούς η περιοχή του οισοφάγου δεν μας απασχολεί καθώς δεν λαμβάνει δόση

3.6 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και της ελάχιστης δόσης (Min dose) σε 1 ccm για τον νωτιαίο μυελό.

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

Ασθενής	Max dose FB σε 1 ccm	Max dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή FB-BH για 1 ccm
1	4,96	3,44	-30,59
2	3,82	3,07	-19,49
3	2,22	2,74	23,38
4	2,75	2,81	2,41
5	0,68	1,87	175,18
6	2,81	4,10	45,98
7	2,42	2,97	23,01
8	3,74	3,62	-3,31
9	1,38	3,86	180,44
10	4,10	5,20	26,79
11	2,55	2,77	8,67
Μέσος όρος	2,86	3,32	39,31

Ασθενής	Min dose FB σε 1 ccm	Min dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή FB-BH για 1 ccm
1	0,28	0,17	-41,19
2	0,15	0,25	73,07
3	0,10	0,13	26,73
4	0,17	0,15	-9,05
5	0,08	0,07	-17,90
6	0,11	0,20	83,76
7	0,13	0,16	26,45
8	0,20	0,12	-39,93
9	0,16	0,22	34,90
10	0,20	0,32	59,80
11	0,11	0,10	-13,90
Μέσος όρος	0,15	0,17	16,61

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

Ασθενής	Max dose FB σε 1 ccm	Max dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή FB-BH για 1 ccm
1	4,58	4,38	-4,44
2	5,22	5,57	6,87
3	2,44	3,40	39,00
4	4,68	4,87	4,02
5	3,75	4,18	11,38
6	2,52	4,50	78,34
7	2,74	1,68	-38,56
8	2,18	2,98	36,43
Μέσος όρος	3,51	3,94	16,63

Ασθενής	Min dose FB σε 1 ccm	Min dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή FB-BH για 1 ccm
1	0,26	0,18	-31,27
2	0,21	0,28	36,40
3	0,09	0,13	48,96
4	0,23	0,30	31,83
5	0,16	0,15	-4,33
6	0,16	0,20	24,90
7	0,08	0,07	-12,11
8	0,29	0,10	-66,41
Μέσος όρος	0,18	0,18	3,50

3.7 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και της ελάχιστης δόσης (Min dose) σε 1 ccm για την L.A.D

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

Ασθενής	Max dose FB σε 1 ccm	Max dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή FB-BH για 1 ccm
1	76,52	20,80	-72,82
2	52,79	5,84	-88,93
3	49,52	21,20	-57,19
4	109,93	20,77	-81,11
5	107,00	82,68	-22,73
6	29,11	27,73	-4,76
7	42,99	42,57	-0,98
8	54,76	40,12	-26,75
9	46,24	22,14	-52,12
10	39,24	11,96	-69,51
11	43,27	27,03	-37,54
Μέσος όρος	59,22	29,35	-46,77

Ασθενής	Min dose FB σε 1 ccm	Min dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή FB-BH για 1 ccm
1	9,21	4,40	-52,21
2	13,03	2,32	-82,16
3	4,93	4,07	-17,35
4	6,49	1,88	-71,07
5	45,76	12,27	-73,18
6	4,42	3,78	-14,52
7	15,98	3,72	-76,74
8	5,74	3,12	-45,68
9	6,32	3,25	-48,56
10	4,41	2,54	-42,31
11	8,11	3,23	-60,19
Μέσος όρος	11,31	4,05	-53,09

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

Ασθενής	Max dose FB σε 1 ccm	Max dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή FB-BH για 1 ccm
1	23,11	3,87	-83,27
2	16,49	6,05	-63,30
3	37,00	7,28	-80,33
4	26,03	38,96	49,66
Μέσος όρος	25,66	14,04	-44,31

Ασθενής	Min dose FB σε 1 ccm	Min dose BH σε 1 ccm	Μεταβολή FB-BH για 1 ccm
1	1,95	1,05	-45,84
2	1,09	0,69	-36,83
3	0,00	2,01	2,01
4	3,04	3,15	3,51
Μέσος όρος	1,52	1,73	-13,48

3.8 Μεταβολή της μέγιστης (Max dose) και ελάχιστης δόσης (Min dose) σε 1 ccm για το PTV

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

Ασθενής	Max dose FB	Max dose BH	Μεταβολή max dose %	Όγκος σε FB	Όγκος σε BH	Max dose σε 1 ccm FB	Max dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή BH-FB
1	65,15	64,80	-0,54	1452,12	1426,58	0,045	0,045	1,24
2	64,03	64,38	0,55	1657,57	1642,91	0,039	0,039	1,44
3	63,70	64,94	1,95	1655,80	1670,90	0,038	0,039	1,03
4	64,41	74,40	15,51	427,03	441,43	0,151	0,169	11,74
5	62,79	65,50	4,32	1080,86	1100,65	0,058	0,060	2,44
6	66,00	65,52	-0,73	1434,77	1475,28	0,046	0,044	-3,45
7	65,21	63,42	-2,74	726,90	749,19	0,090	0,085	-5,64
8	66,46	63,28	-4,78	799,87	796,52	0,083	0,079	-4,38
9	65,56	65,21	-0,53	1166,85	1129,12	0,056	0,058	2,79
10	56,71	56,70	-0,02	619,66	622,52	0,092	0,091	-0,48
11	64,47	65,58	1,72	783,93	748,06	0,082	0,088	6,60
Μέσος όρος	64,04	64,88	1,34	1073,21	1073,01	0,071	0,072	1,21

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

Ασθενής	Max dose FB	Max dose BH	Μεταβολή max dose %	Όγκος σε FB	Όγκος σε BH	Max dose σε 1 ccm FB	Max dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή BH-FB
1	76,21	65,00	-14,71	1417,74	1472,11	0,05	0,04	-17,86
2	67,08	61,92	-7,69	479,84	509,47	0,14	0,12	-13,06
3	65,86	64,87	-1,50	1466,48	1498,21	0,04	0,04	-3,59
4	49,75	54,95	10,45	753,24	707,42	0,07	0,08	17,61
Μέσος όρος	64,73	61,69	-3,36	1029,33	1046,80	0,08	0,07	-4,23

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

Ασθενής	Max dose FB	Max dose BH	Μεταβολή max dose %	όγκος σε FB	Όγκος σε BH	Max dose σε 1 ccm FB	Max dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή FB-BH
1	65,13	64,5	-0,97	807,61	803,1	0,08	0,08	-0,41
2	55,62	66,13	18,90	343,9	308,86	0,16	0,21	32,38
3	54,41	59,31	9,01	482,71	509,15	0,11	0,12	3,35
4	57,06	56,71	-0,61	752,62	792,03	0,08	0,07	-5,56
5	56,55	55,52	-1,82	503,04	491,88	0,11	0,11	0,41
6	63,85	62,9	-1,49	1376,59	1357,15	0,05	0,05	-0,08
7	54,8	54,23	-1,04	513,98	507,47	0,11	0,11	0,23
8	57,81	56,08	-2,99	577,88	503,7	0,10	0,11	11,29
Μέσος όρος	58,15	59,42	2,37	669,79	659,17	0,10	0,11	-7,98

Για τους δεξιούς χωρίς Supra

Ασθενής	Max dose FB	Max dose BH	Μεταβολή max dose %	όγκος σε FB	Όγκος σε BH	Max dose σε 1 ccm FB	Max dose σε 1 ccm BH	Μεταβολή FB-BH
1	64,71	65,22	0,788131664	1650,08	1664,72	0,04	0,04	-0,10
2	64,4	63,63	-1,195652174	773,25	748,08	0,08	0,09	2,13
3	63,71	62,43	-2,009103751	1044,44	985,19	0,06	0,06	3,88
4	62,95	61,77	-1,874503574	695,62	695,41	0,09	0,09	-1,84
5	63,59	63,01	-0,912093096	1343,40	1299,18	0,05	0,05	2,46
6	63,83	63,96	0,203665988	1054,81	1081,38	0,06	0,06	-2,26
7	63,13	64,16	1,631553936	1319,70	1267,19	0,05	0,05	5,84
Μέσος όρος	63,76	63,45	-0,48	1125,90	1105,88	0,06	0,06	1,44

Η ελάχιστη δόση είναι ίση με το μηδέν, για αυτό δε συμπεριλαμβάνεται στις μετρήσεις.

3.9 Μεταβολή των μεγεθών V25(heart) , V25(lung), V43(Supra), V47(PTV), V5(PTV)

Μεταβολή του μεγέθους V25 (Lung)

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

Ασθενής	V25 (volume) – FB	V25 lung - FB %	V25 (volume) - BH	V25 lung- BH %	Δvolume (BH-FB)
1	121,00	12,21	197,99	9,34	63,63
2	112,74	13,08	235,78	12,50	109,14
3	89,57	10,92	271,21	12,65	202,78
4	237,01	18,40	292,03	13,37	23,22
5	132,68	15,09	265,75	14,08	100,29
6	251,26	21,41	183,60	13,22	-26,93
7	119,47	11,78	192,03	11,35	60,74
8	180,68	19,26	271,88	17,10	50,48
9	36,33	4,17	99,20	7,18	173,08
10	263,54	15,81	327,00	12,21	24,08
11	200,04	13,80	207,97	13,36	3,96
Μέσος όρος	158,57	14,18	231,31	12,40	71,32

Η στήλη V25 volume, αναφέρεται στον όγκο του πνεύμονα που λαμβάνει την δόση των 25 Gy. Σκοπός μας είναι να συγκρίνουμε λοιπόν τους όγκους των πνευμόνων στο FB και στο BH που λαμβάνουν την δόση των 25 Gy.

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

Ασθενής	V25 (volume) - FB	V25 lung - FB %	V25 (volume) - BH	V25 lung- BH %	Δvolume (BH-FB)
1	69,47	6,04	188,27	7,18	170,99
2	117,25	9,20	234,29	10,35	99,82
3	220,83	17,24	257,05	11,93	16,40
4	76,81	8,77	176,07	12,21	129,23
Μέσος όρος	121,09	10,31	213,92	10,42	104,11

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

Ασθενής	V25 (Volume) - FB	V25 Lung- FB %	V25 (Volume) -BH	V25 Lung - BH %	Δvolume (BH-FB)
1	217,55	17,68	324,77	14,66	49,29
2	188,24	13,08	379,33	20,45	101,52
3	91,44	9,92	236,69	13,22	158,83
4	221,45	14,37	423,27	14,23	91,14
5	186,64	12,36	279,03	15,09	49,50
6	239,19	18,82	384,34	15,35	60,69
7	228,48	14,94	236,24	9,63	3,40
8	87,18	8,05	101,76	5,60	16,73
Μέσος όρος	182,52	13,65	295,68	13,53	66,39

Για τους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra

Ασθενής	V25 (Volume) - FB	V25 Lung - FB %	V25 (Volume) -BH	V25 Lung - BH %	Δvolume (BH-FB)
1	96,18	6,90	179,06	6,70	86,18
2	95,08	5,75	95,17	3,59	0,09
3	137,22	7,04	145,99	5,02	6,39
4	147,02	11,35	183,56	9,34	24,85
5	171,64	9,77	237,31	8,62	38,26
6	195,43	11,21	206,45	11,35	5,64
7	67,01	6,61	71,32	5,75	6,43
Μέσος όρος	129,94	8,38	159,84	7,20	23,98

Μεταβολή του μεγέθους V25 (Heart)

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

Ασθενής	V25 (volume) - FB	V25 heart - FB %	V25 (volume) - BH	V25 heart - BH %	Δvolume (BH-FB)
1	13,87	2,59	0,00	0,00	-100,00
2	14,92	2,44	1,53	0,29	-89,73
3	3,25	0,57	0,00	0,00	-100,00
4	29,59	5,60	0,00	0,00	-100,00
Μέσος όρος	15,41	2,80	0,38	0,29	-97,43

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

Ασθενής	V25 (volume) - FB	V25 heart - FB %	V25 (volume) - BH	V25 heart - BH %	Δvolume (BH-FB)
1	34,31	5,25	0,00	0,00	-100,00
2	11,47	2,16	0,58	0,13	-94,94
3	36,28	6,18	21,58	4,45	-40,52
4	12,83	2,16	0,00	0,00	-100,00
5	10,65	2,16	0,59	0,12	-94,45
6	63,38	9,34	0,00	0,00	-100,00
7	40,28	6,04	18,07	3,45	-55,15
8	9,56	2,30	0,00	0,00	-100,00
9	18,57	3,59	6,51	1,44	-64,95
10	28,71	4,89	17,73	3,02	-38,24
11	37,97	5,46	35,34	5,89	-6,95
Μέσος όρος	27,64	4,50	9,13	1,68	-72,29

Μεταβολή του μεγέθους V47 (PTV)

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

Ασθενής	V47 Volume - FB	V47 PTV - FB %	V47 Volume - BH	V47 PTV- BH %	ΔV(volume)
1	1391,86	95,85	1373,51	96,28	-1,32
2	1610,16	97,14	1591,16	96,85	-1,18
3	1036,00	95,85	1080,29	98,15	4,27
4	405,68	95,00	440,28	99,74	8,53
5	1560,92	94,27	1589,53	95,13	1,83
6	1371,07	95,56	1464,95	99,30	6,85
7	682,12	93,84	710,61	94,85	4,18
8	599,27	96,71	591,33	94,99	-1,33
9	1083,34	97,00	1083,84	95,99	0,05
10	749,56	93,71	735,98	92,40	-1,81
11	710,79	90,67	678,34	90,68	-4,57
Μέσος όρος	1018,25	95,05	1030,89	95,85	1,41

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

Ασθενής	V47 Volume - FB	V47 PTV - FB %	V47 Volume - BH	V47 PTV- BH %	ΔV(volume)
1	1375,21	97,00	1391,88	94,55	1,21
2	478,88	99,80	506,62	99,44	5,79
3	1359,32	92,68	1431,54	95,55	5,31
4	705,71	93,69	665,89	94,13	-5,64
Μέσος όρος	979,78	95,79	998,98	95,92	1,67

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

Ασθενής	V47 Volume - FB	V47 PTV - FB %	V47 Volume - BH	V47 PTV- BH %	ΔV(volume)
1	764,89	94,71	761,90	94,87	-0,39
2	343,49	99,88	291,63	94,42	-15,10
3	459,88	95,27	505,59	99,30	9,94
4	712,73	94,70	751,16	94,84	5,39
5	449,82	89,42	438,95	89,24	-2,42
6	1301,57	94,55	1255,23	92,49	-3,56
7	470,50	91,54	467,43	92,11	-0,65
8	542,57	93,89	466,88	92,69	-13,95
Μέσος όρος	630,68	94,25	617,35	93,75	-2,59

Για τους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra

Ασθενής	V47 Volume - FB	V47 PTV - FB %	V47 Volume - BH	V47 PTV- BH %	ΔV(volume)
1	754,54	97,58	723,54	96,72	-4,11
2	994,66	95,27	942,83	95,70	-5,21
3	638,65	91,81	661,13	95,07	3,52
4	1299,20	96,71	1256,31	96,70	-3,30
5	985,09	93,39	1006,98	93,12	2,22
6	1603,05	97,15	1602,96	96,29	-0,01
7	1251,60	94,84	1200,03	94,70	-4,12
Μέσος όρος	1075,26	95,25	1056,25	95,47	-1,57

Μεταβολή του μεγέθους V43 (Supra)

Για τους δεξιούς μαστούς

Ασθενής	V43 Volume – FB	V43 Supra - FB %	V43 Volume - BH	V43 Supra - BH %	ΔV(volume)
1	18,39	93,86	43,73	74,58	137,85
2	18,84	96,15	44,67	76,17	-20,78
3	13,71	70,00	46,85	79,90	14,14
4	16,27	83,06	42,22	72,00	-13,32
5	18,50	94,45	38,98	66,48	-29,61
6	18,32	93,54	49,38	84,21	-9,97
7	17,85	91,11	46,10	78,61	-13,72
8	17,99	91,82	43,65	74,44	-18,93
Μέσος όρος	17,48	89,25	44,45	75,80	5,71

Για τους αριστερούς μαστούς

Ασθενής	V43 Volume - FB	V43 Supra - FB %	V43 Volume - BH	V43 Supra - BH %	ΔV(volume)
1	16,58	85,93	21,43	78,34	29,31
2	55,35	74,72	20,41	74,58	-63,14
3	16,75	86,85	20,79	76,00	24,12
4	45,18	91,55	26,27	96,00	-41,86
5	16,94	87,80	22,71	83,00	34,08
6	51,58	80,19	21,86	79,90	-57,62
7	13,22	68,55	20,29	74,15	53,42
8	48,62	85,07	25,75	94,13	-47,03
9	8,56	44,40	11,68	42,68	36,34
10	58,72	70,43	18,13	66,25	-69,13
11	15,77	81,76	21,63	79,04	37,12
Μέσος όρος	31,57	77,93	20,99	76,73	-5,85

Μεταβολή του μεγέθους V5 (PTV)

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

Ασθενής	V5 (volume) - FB	V5 - FB %	V5 (volume) - BH	V5 - BH %	Δvolume (BH-FB)
1	1451,97	99,99	1426,29	99,98	-1,77
2	1656,91	99,96	1641,43	99,91	-0,93
3	1080,75	99,99	1100,54	99,99	1,83
4	427,03	100,00	441,39	99,99	3,36
5	1655,80	100,00	1670,73	99,99	0,90
6	1434,63	99,99	1475,13	99,99	2,82
7	726,75	99,98	749,12	99,99	3,08
8	619,60	99,99	622,52	100,00	0,47
9	1116,74	99,99	1129,01	99,99	1,10
10	799,79	99,99	796,44	99,99	-0,42
11	783,85	99,99	747,99	99,99	-4,58
Μέσος όρος	1068,53	99,99	1072,78	99,98	0,53

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

Ασθενής	V5 (volume) - FB	V5 - FB %	V5 (volume) - BH	V25 - BH %	Δvolume (BH-FB)
1	1417,60	99,99	1471,96	99,99	3,83
2	479,79	99,99	509,42	99,99	6,17
3	1466,53	99,99	1498,06	99,99	2,15
4	753,16	99,99	707,35	99,99	-6,08
Μέσος όρος	1029,27	99,99	1046,70	99,99	1,52

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

Ασθενής	V5 (Volume) – FB	V5- FB %	V5 (Volume) -BH	V5 - BH %	Δvolume (BH-FB)
1	807,61	100,00	803,02	99,99	-0,57
2	343,87	99,99	308,86	100,00	-10,18
3	482,66	99,99	509,10	99,99	5,48
4	752,54	99,99	791,95	99,99	5,24
5	502,99	99,99	491,83	99,99	-2,22
6	1376,45	99,99	1357,01	99,99	-1,41
7	513,93	99,99	507,42	99,99	-1,27
8	577,82	99,99	503,65	99,99	-12,84
Μέσος όρος	669,73	99,99	659,11	99,99	-2,22

Για τους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra

Ασθενής	V47 Volume - FB	V47 PTV - FB %	V47 Volume - BH	V47 PTV- BH %	Μεταβολή % (FB-BH)
1	773,25	100,00	748,01	99,99	-3,26
2	1043,94	99,99	985,09	99,99	-5,64
3	695,62	100,00	695,34	99,99	-0,04
4	1343,27	99,99	1299,05	99,99	-3,29
5	1054,70	99,99	1081,27	99,99	2,52
6	1649,91	99,99	1664,55	99,99	0,89
7	1319,57	99,99	1267,06	99,99	-3,98
Μέσος όρος	1125,75	99,99	1105,77	99,99	-1,83

3.10 Μετατοπίσεις των τατουάζ στην εξομοίωση θέσεως

Ασθενής	Vertical (mm)	Long (mm)	Top (mm)
1	3,50	3,50	7,00
2	4,00	3,50	11,00
3	3,50	3,50	6,00
4	3,00	5,50	7,50
5	3,00	5,50	7,50
6	2,50	2,50	4,50
7	3,50	3,50	5,50
8	4,00	2,00	5,00
9	2,50	3,00	4,50
10	2,50	3,00	3,50
11	5,50	8,00	8,50
12	5,50	6,50	13,00
13	4,00	5,50	18,00
14	2,50	5,50	10,50

Ασθενής	Vertical (mm)	Long (mm)	Top (mm)
15	1,50	8,00	10,50
16	5,40	4,50	14,00
17	3,00	5,50	12,00
18	3,00	4,50	7,50
19	3,50	3,50	9,50
20	5,50	7,00	13,00
21	2,50	3,00	6,50
22	3,00	3,50	5,50
23	3,50	4,50	8,00
24	4,00	4,00	10,00
25	3,50	4,50	13,00
26	2,00	2,50	5,50
27	4,00	4,50	8,00
28	3,50	3,50	11,50
29	2,50	3,00	9,00
30	6,00	7,50	14,50

Προέκυψε λοιπόν ότι η κατά μέσο όρο η Vertical μετατόπιση των τατουάζ του ασθενούς είναι ίση με **3,53 mm**. Επιπλέον, η Long μετατόπιση προέκυψε κατά μέσο όρο ίση με **4,48 mm**, ενώ η Top μετατόπιση προέκυψε ίση με **9 mm**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναλυθούν τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν από τις διάφορες μετρήσεις που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3^ο.

4.1 Συμπεράσματα για τους χρόνους ακτινοβολήσης και τους χρόνους βαθιάς εισπνοής

Χρόνος ακτινοβολήσης για εφαπτομενικό πεδία (sec)	Χρόνος ακτινοβολήσης για Πεδίο Boost (sec)	Χρόνος ακτινοβολήσης για πεδίο Supra (sec)	Χρόνος ακτινοβολήσης για συμπληρωματικό πεδία (sec)	Χρόνος βαθιάς εισπνοής ασθενών (sec)
48	68	58	6	34

Παρατηρώντας τους μέσους χρόνους που προέκυψαν για το κάθε είδος πεδίου που ακτινοβολεί τον ασθενή, είναι εμφανές ότι ο μέσος χρόνος βαθιάς εισπνοής των ασθενών, είναι πολύ μικρότερος από τους χρόνους αυτούς. Η μεγάλη αυτή απόκλιση οφείλεται αρχικά, ότι οι μετρήσεις βαθιάς εισπνοής που μας έδωσαν το αποτέλεσμα αυτό πάρθηκαν από ασθενείς που δεν είχαν εξοικειωθεί με τα μοτίβα αυτά, ούτε είχαν κάνει εξάσκηση στο σπίτι. Η εξάσκηση στο σπίτι θεωρείται κλειδί για την επίτευξη του στόχου ως προς τον χρόνο. Επιπλέον, δεν πληρούν όλοι οι ασθενείς τα κριτήρια για την εφαρμογή θεραπείας με την χρήση των μοτίβων αυτών. Ασθενείς μεγάλης ηλικίας, ή με αναπνευστικά προβλήματα δεν μπορούν να κρατήσουν την αναπνοή τους για το επιθυμητό χρονικό διάστημα. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι με κατάλληλη καθοδήγηση και εξάσκηση των ασθενών, μπορεί να επιτευχθούν οι χρονικοί αυτοί στόχοι.

4.2 Συμπεράσματα για το PTV

Θα μελετήσουμε εάν το PTV καλύπτεται επαρκώς τόσο στο ΒΗ όσο και στο FB. Για τον λόγο αυτό θα συγκρίνουμε τα μεγέθη V47. Με τον όρο V47 αναφερόμαστε στον ποσοστιαίο όγκο του πνεύμονα, που λαμβάνει δόση ίση με 47 Gy. Η δόση των 47 Gy δεν έχει οριστεί τυχαία, αλλά εκφράζει το 95% τη συνολικής δόσης με την οποία ακτινοβολείται το PTV.

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

V47	PTV	
FB	BH	Μεταβολή %
95,05	95,85	0,84

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

V47	PTV	
FB	BH	Μεταβολή %
95,79	95,92	0,13

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

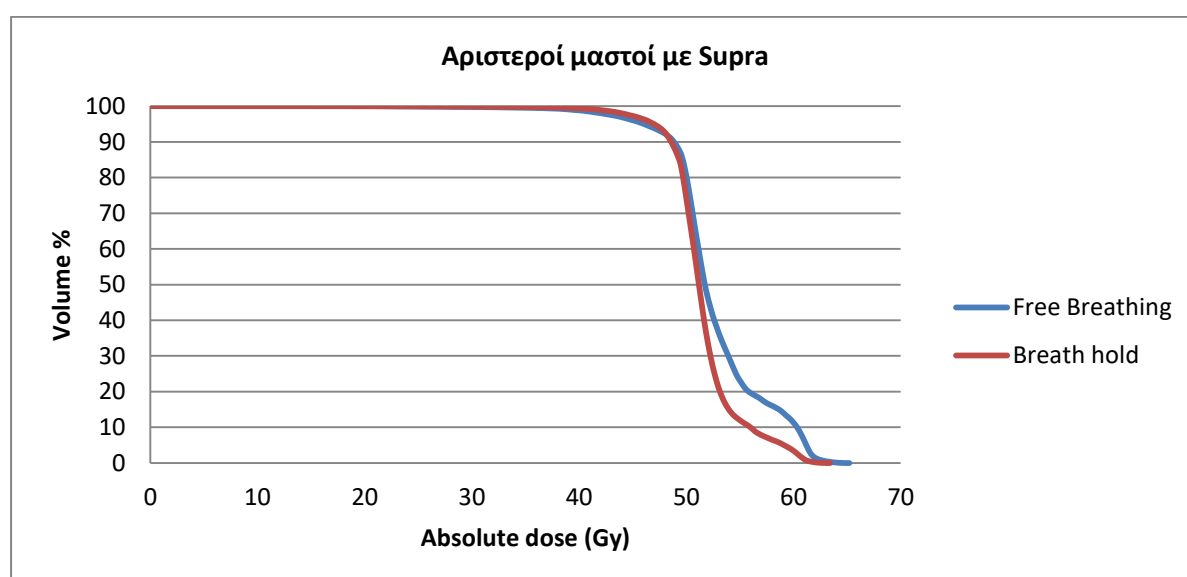
V47	PTV	
FB	BH	Μεταβολή %
94,25	93,75	-0,53

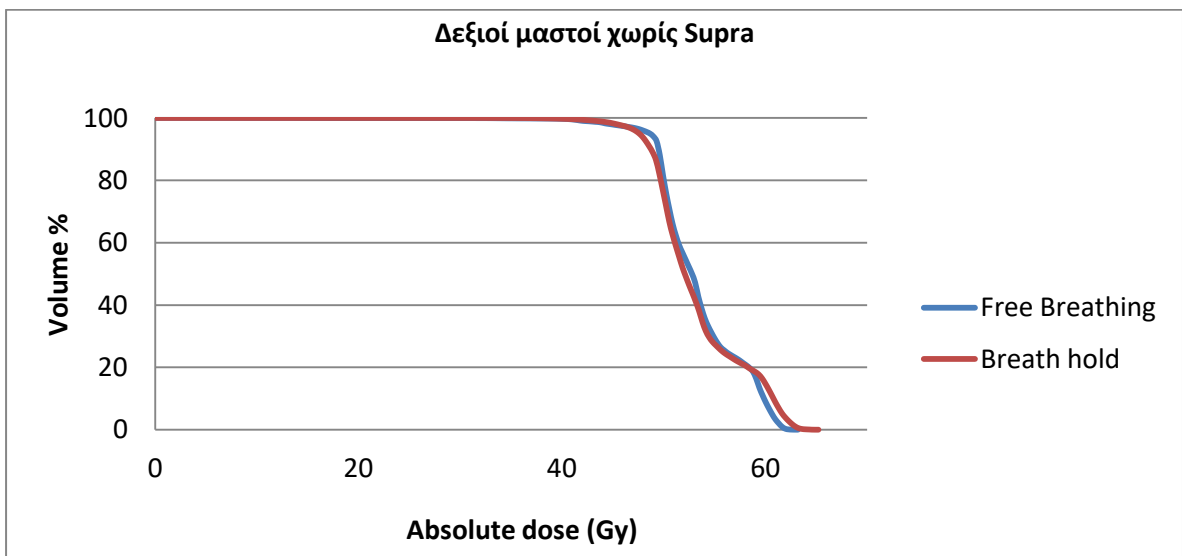
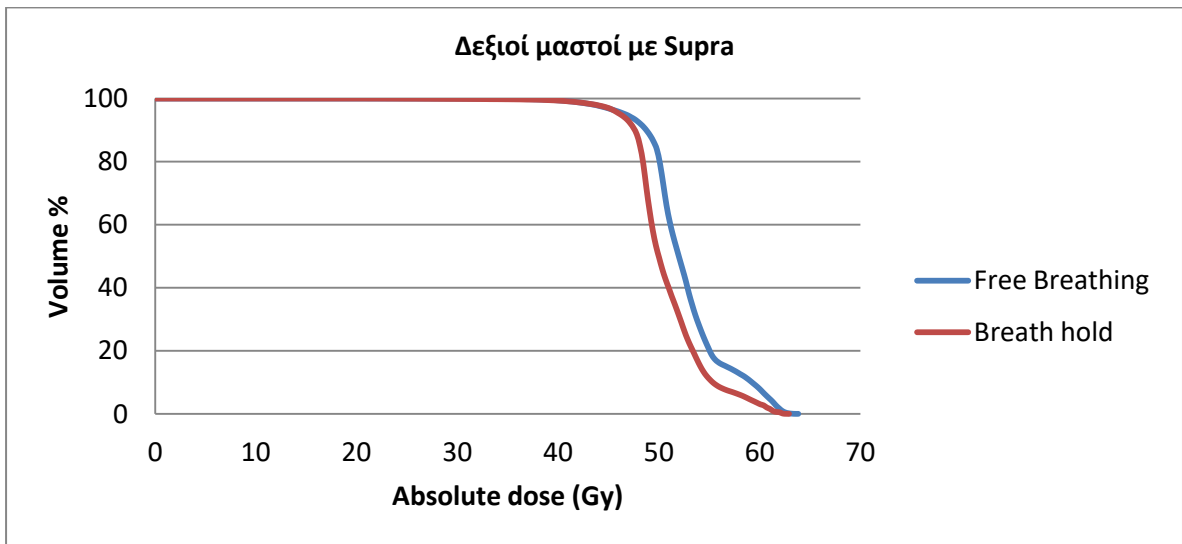
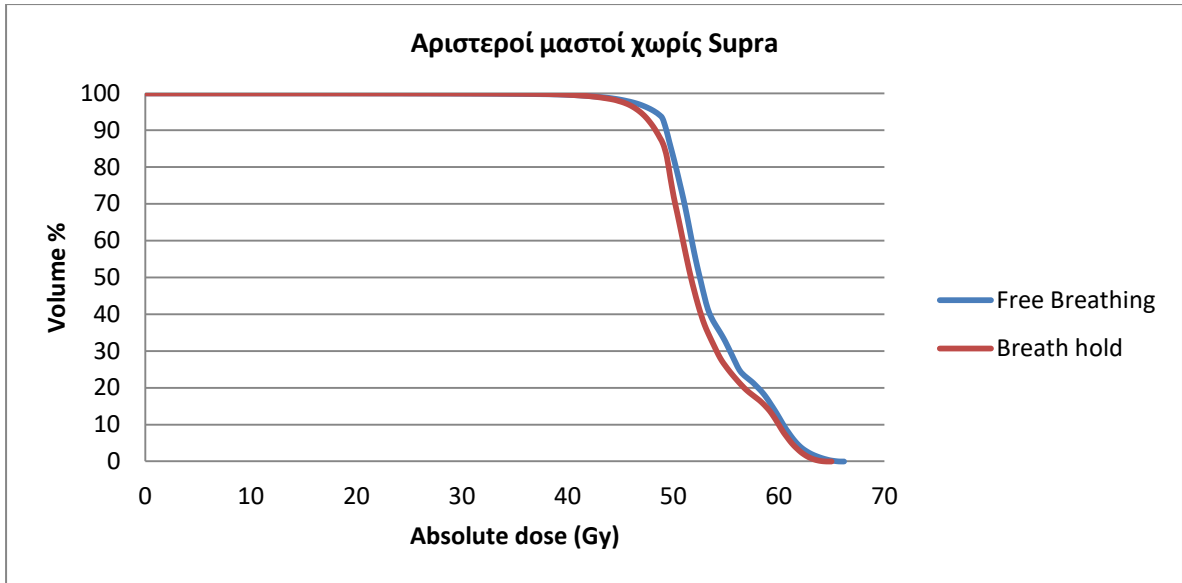
Για τους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra

V47	PTV	
FB	BH	Μεταβολή %
95,25	95,47	0,23

Παρατηρούμε ότι για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra, η κάλυψη του PTV είναι καλύτερη σε σχέση με τους αριστερούς μαστούς με Supra. Ομοίως και για τους δεξιούς μαστούς. Ωστόσο οι μεταβολές του V47 τόσο μεταξύ δεξιών και αριστερών μαστών, με Supra η χωρίς, σε FB ή σε BH, είναι πολύ μικρές. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι το PTV καλύπτεται επαρκώς σε όλες τις περιπτώσεις που μελετήσαμε.

Διαγράμματα σύγκρισης DVHs για το PTV





4.3 Συμπεράσματα για την καρδιά

- Όσον αφορά την μεταβολή του όγκου της καρδιάς, προέκυψε ότι :

Όγκος		
FB (ccm)	BH (ccm)	Μεταβολή %
577,73	504,30	-12,71

Άρα παρατηρούμε ότι ο όγκος της καρδιάς στην BH (Breath hold) απεικόνιση μειώνεται κατά 12,71%.

- Όσον αφορά την μεταβολή της μέγιστης δόσης στην καρδιά, προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

FB	BH	Μεταβολή %
58,25	43,48	-25,94
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,05	0,02	-54,5

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

FB	BH	Μεταβολή %
40,36	25,02	-38,10
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,05	0,03	-45,49

Είναι εμφανές ότι είτε μελετάμε την δόση στον συνολικό όγκο της καρδιάς, είτε σε 1 ccm της καρδιάς, υπάρχει σοβαρή μείωση μεταξύ FB και BH. Στην περίπτωση των αριστερών μαστών με Supra, η μέση δόση στην καρδιά είναι 58,25 Gy στο FB, ενώ στο BH 43,48 Gy. Στην περίπτωση των μαστών χωρίς Supra, η μέση δόση στην καρδιά είναι 40,36 Gy στο FB και 25,02 Gy στο BH. Βλέπουμε λοιπόν ότι η δόση που λαμβάνει η καρδιά αφενός μειώνεται μεταξύ FB και BH, αφετέρου, στους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra είναι αρκετά μικρότερη από την αντίστοιχη δόση στους αριστερούς μαστούς με Supra. Η διαφοροποίηση αυτή, έγκειται στο γεγονός ότι στην περίπτωση των αριστερών μαστών με Supra, υπάρχει ένα επιπλέον πεδίο για το υπερκλείδιο, που θεωρούμε ότι στην έξοδο του συνεισφέρει στην αύξηση της δόσης στην καρδιά και στους πνεύμονες.

- Όσον αφορά την μεταβολή της ελάχιστης δόσης στην καρδιά, προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

FB	BH	Μεταβολή %
1,46	1,18	-18,97
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,0013	0,0006	-51,45

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

FB	BH	Μεταβολή %
1,02	0,79	-22,29
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,0007	0,0002	-74,63

Παρατηρούμε ότι η μέση ελάχιστη δόση στο FB για τους αριστερούς μαστούς με Supra είναι μεγαλύτερη από την μέση ελάχιστη δόση στο FB για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra. Ομοίως κ για τις αντίστοιχες δόσεις στο BH.

- Όσον αφορά την μεταβολή του V25 στην καρδιά, προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

FB	BH	Μεταβολή %
4,5	1,68	-62,48

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

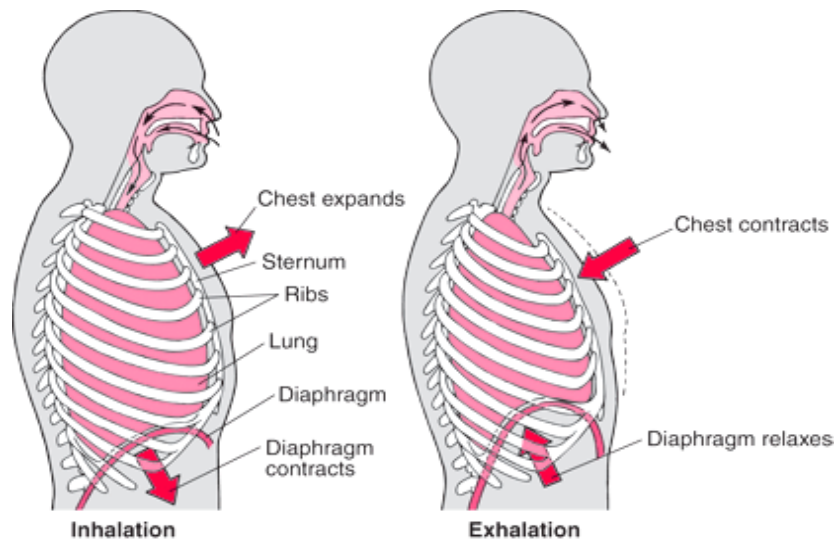
FB	BH	Μεταβολή %
2,8	0,29	-89,64

Με τον όρο V25 αναφερόμαστε στον ποσοστιαίο όγκο της καρδιάς που λαμβάνει δόση ίση με 25 Gy. Για τους αριστερούς μαστούς με Supra, σε κατάσταση FB το 4,5% του συνολικού όγκου της καρδιάς λαμβάνει δόση 25 Gy, ενώ στους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra το 2,8%. Ακόμα, σε κατάσταση BH για τους αριστερούς μαστούς με Supra, το 1,68% του συνολικού όγκου της καρδιάς λαμβάνει δόση 25 Gy, ενώ στους μαστούς χωρίς Supra το 0,29%. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, παρατηρούμε αρχικά ότι σε BH κατάσταση ο ποσοστιαίος όγκος της καρδιάς που λαμβάνει δόση ίση με 25 Gy είναι πολύ μικρότερος σε σχέση με τον αντίστοιχο όγκο σε κατάσταση FB. Επιπλέον, το V25 για το BH είναι πολύ μικρότερο στους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra, σε σχέση με τους αριστερούς μαστούς με Supra.

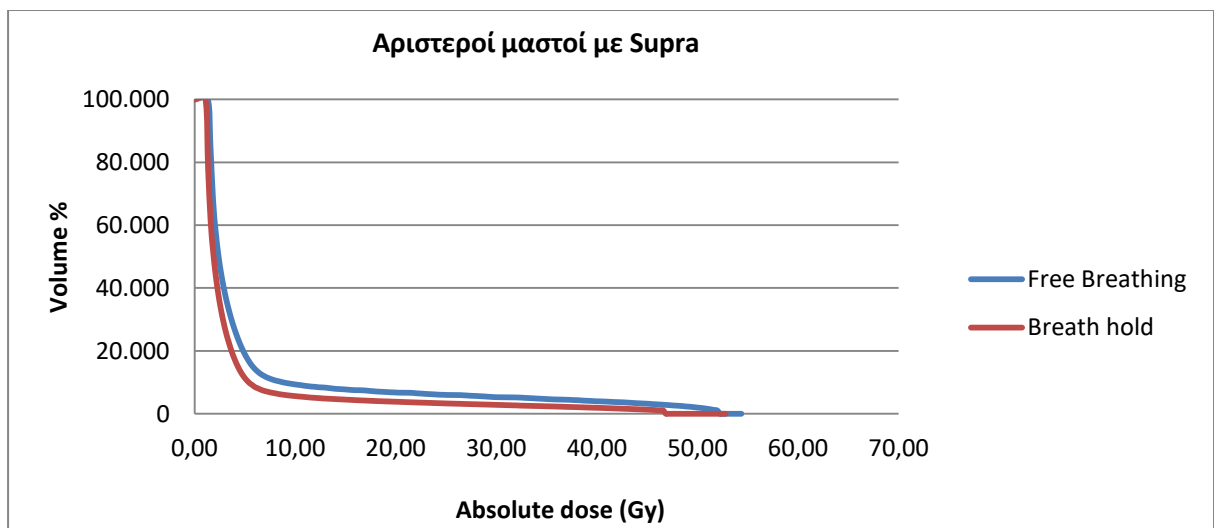
Παρατηρούμε λοιπόν ότι σε κατάσταση BH η δόση στην καρδιά (μέγιστη, ελάχιστη, V25) μειώνεται. Η μείωση αυτή δεν είναι τυχαία αλλά σχετίζεται άμεσα με την εσωτερική μορφολογία του οργανισμού κατά την διαδικασία της εισπνοής.

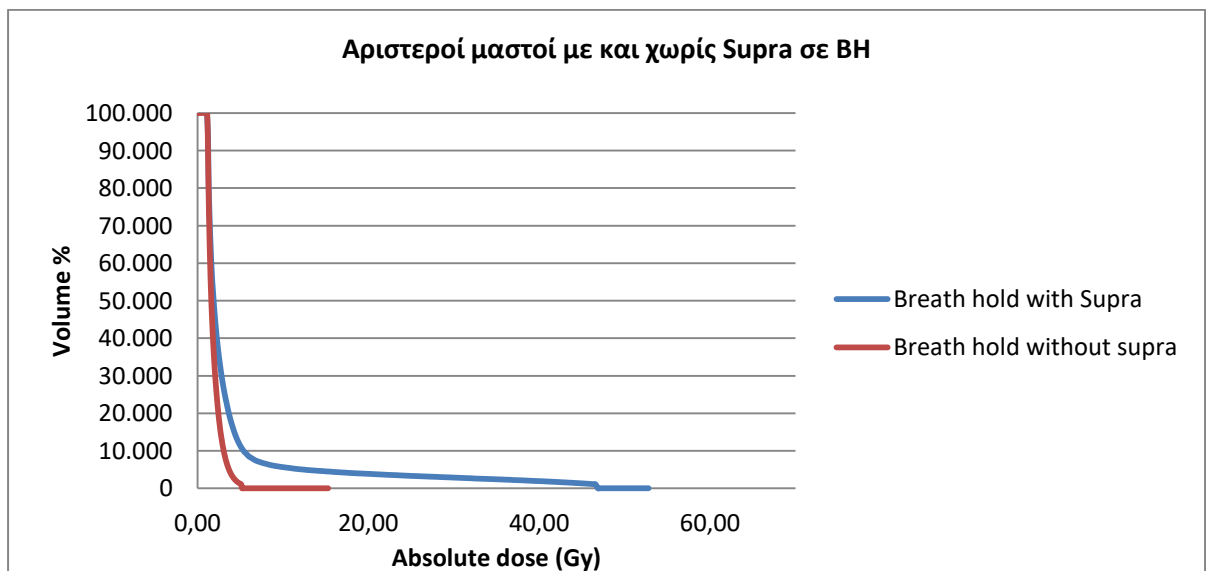
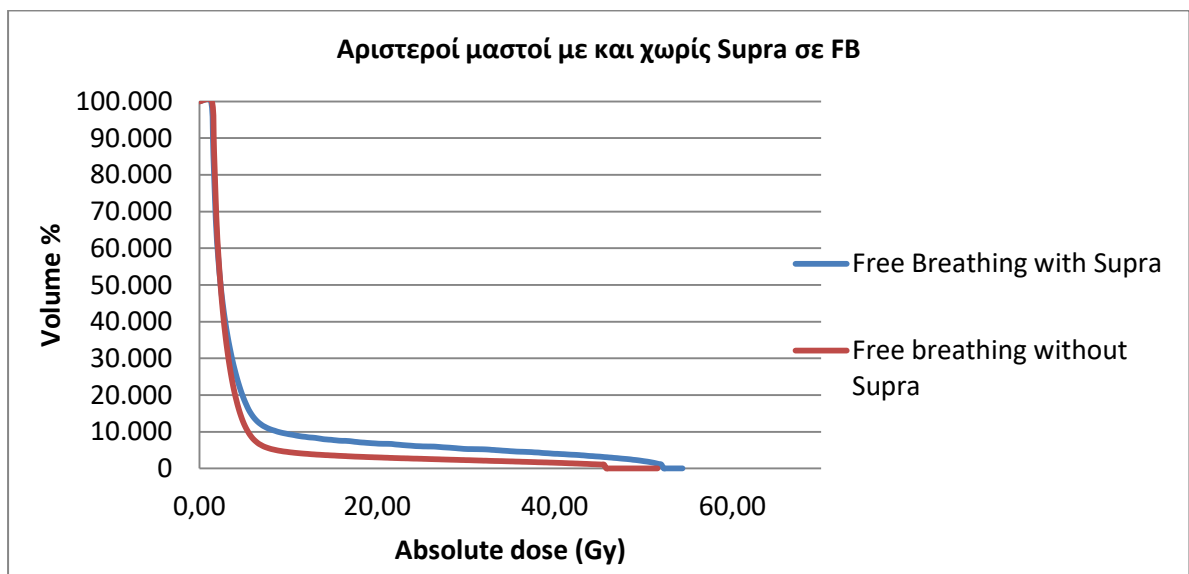
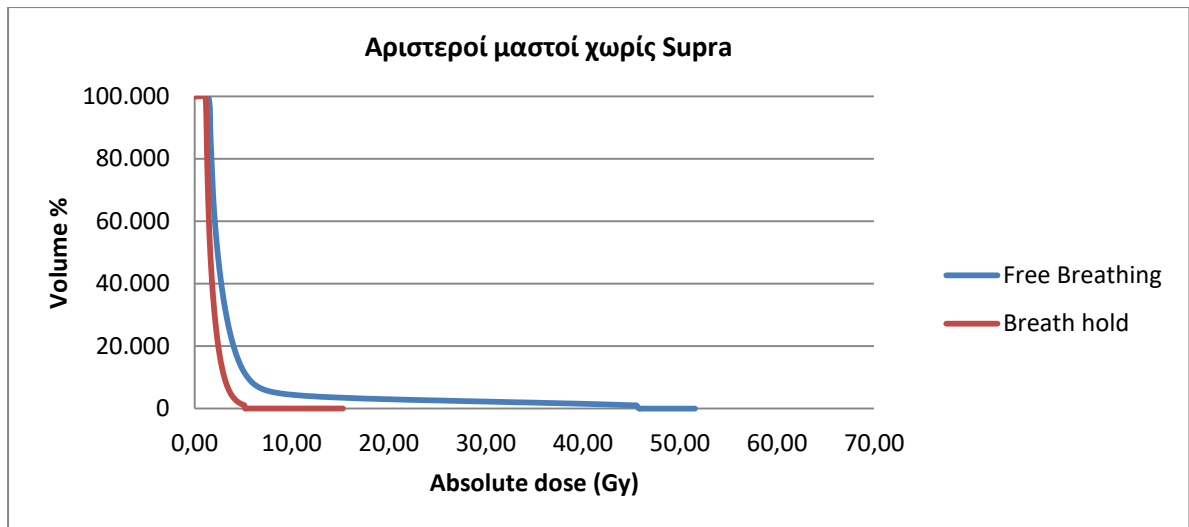
Για την αναπνευστική διαδικασία οι βασικότεροι μύες και όργανα που χρησιμοποιούνται είναι το διάφραγμα και οι μύες που τα συνδέουν (intercostal muscles). Το διάφραγμα είναι ένας λεπτός μυς ο οποίος χωρίζει την θωρακική κοιλότητα από την κοιλιακή περιοχή. Είναι ένας μυς που δεν έχει πλήρως καθορισμένο σχήμα, αλλά διαφοροποιείται ανάλογα με τον όγκο των κοιλοτήτων που εμπεριέχει (καρδιά, πνεύμονες, συκώτι κλπ...).

Όταν ο ασθενής εισπνέει, το διάφραγμα συσπάται και μετακινείται προς τα κάτω, προς την κοιλιακή περιοχή. Ταυτόχρονα τα πλευρά διαστέλλονται, με την βοήθεια των μυών που τα συνδέουν (intercostal muscles), δίνοντας έτσι την δυνατότητα στους πνεύμονες να διασταλούν, να αυξηθεί δηλαδή ο όγκος τους. Αυτή η διαστολή των πλευρών απομακρύνει τους μαστικούς αδένες από την καρδιά. Η απομάκρυνση αυτή είναι και η επιθυμητή, καθώς όταν ο ασθενής θα ακτινοβοληθεί στον αριστερό μαστό λόγω της απομάκρυνσης της καρδιάς από την περιοχή της ακτινοβόλησης, η δόση σε αυτή θα μειωθεί αισθητά, όπως και παρατηρήθηκε. Η μείωση της δόσης μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης ενός εύρους προβλημάτων στην καρδιά, συνεπώς αυξάνει το προσδόκιμο ζωής του ασθενούς. [9,10,11]



Διαγράμματα σύγκρισης DVHs για την καρδιά





Παρατηρούμε ότι η δόση στην καρδιά μειώνεται σημαντικά στην BH κατάσταση σε σχέση με την FB κατάσταση. Επιπλέον, η μείωση αυτή της δόσης, είναι πιο σημαντική για τους

αριστερούς μαστούς χωρίς Supra, καθώς για τους αριστερούς μαστούς με Supra, λόγω της ύπαρξης του πεδίου του υπερκλειδίου, η δόση θα προκύψει μεγαλύτερη, καθώς το επιπλέον πεδίο στην έξοδο του συνεισφέρει.

4.4 Συμπεράσματα για την LAD

Όσον αφορά την μεταβολή της **μέγιστης δόσης** για την **LAD** προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
59,22	29,35	-46,77

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
25,66	14,04	-44,31

Παρατηρούμε ότι για τους αριστερούς μαστούς με Supra, οι μέσες τιμές της μέγιστης δόσης είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra. Επιπροσθέτως, η μέση μέγιστη τιμή της δόσης στο BH είναι πολύ μικρότερη από την μέση μέγιστη τιμή της δόσης στο FB και για τις δυο περιπτώσεις (με και χωρίς Supra).

Όσον αφορά την μεταβολή της **ελάχιστης δόσης** για την **LAD** προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

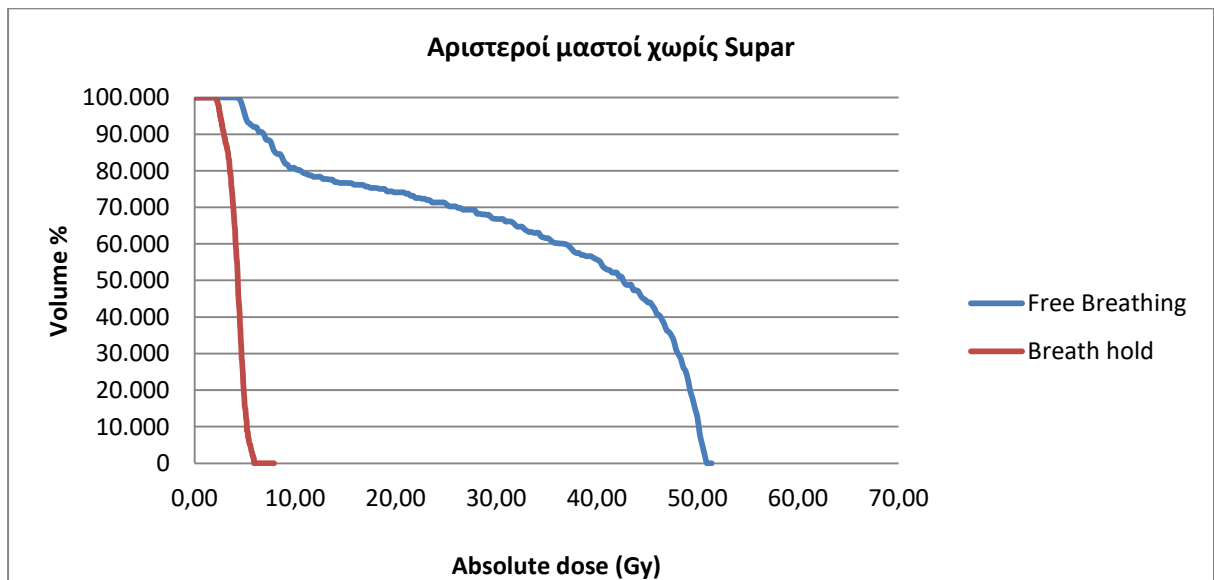
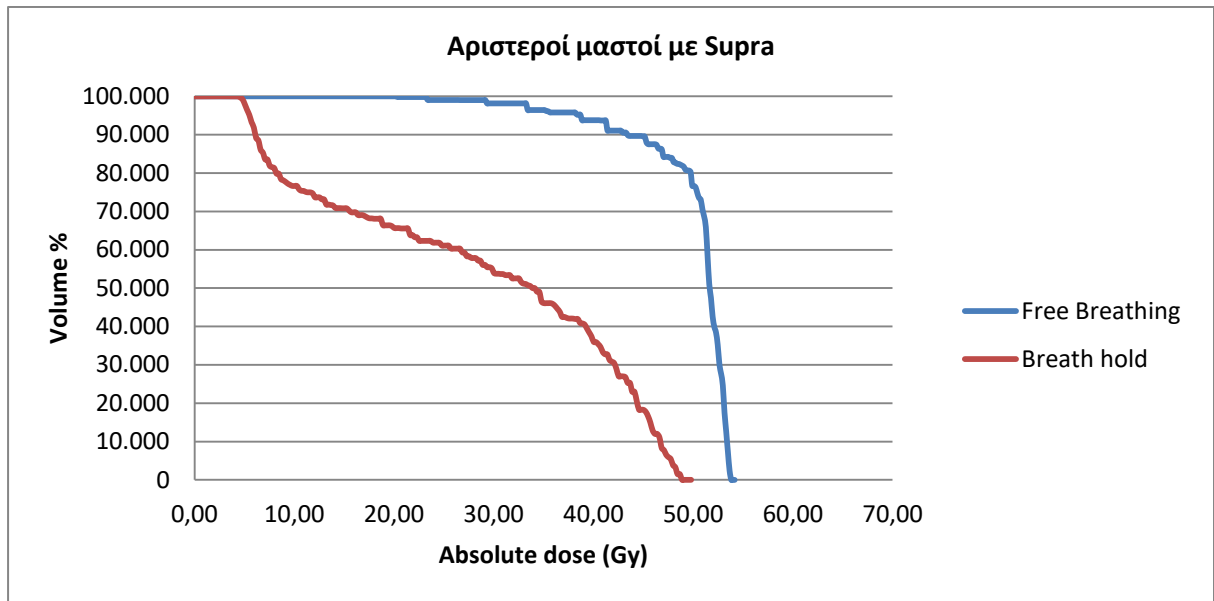
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
11,31	4,05	-53,09

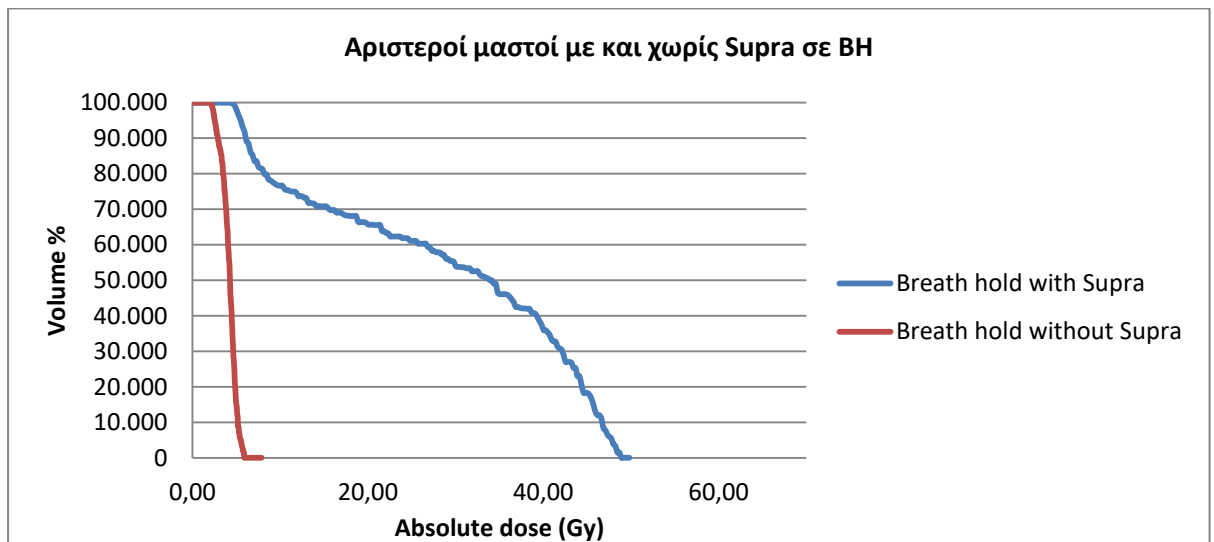
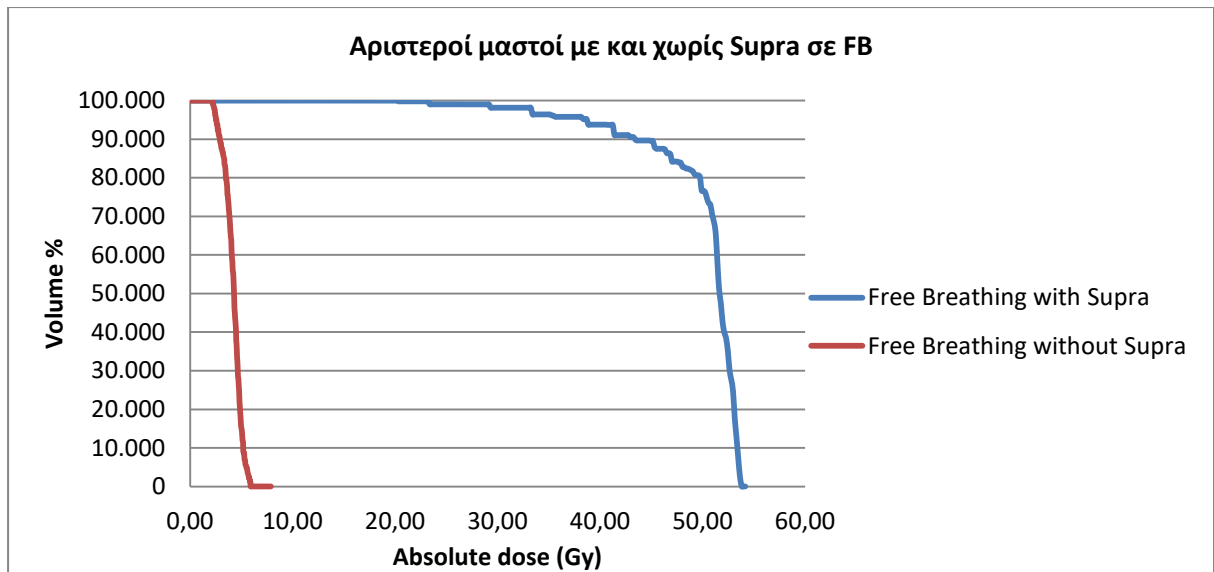
Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
1,52	1,73	-13,48

Παρατηρούμε ότι για τους αριστερούς μαστούς με Supra, οι μέσες τιμές της ελάχιστης δόσης είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra. Επιπροσθέτως, η μέση μέγιστη τιμή της δόσης στο BH είναι μικρότερη από την μέση μέγιστη τιμή της δόσης στο FB και για τις δυο περιπτώσεις (με και χωρίς Supra).

Διαγράμματα σύγκρισης DVHs για την LAD





Όπως είναι εμφανές από τα διαγράμματα, σε BH κατάσταση, η δόση που λαμβάνει η LAD είναι πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη δόση που λαμβάνει σε FB κατάσταση. Επιπλέον, σε BH κατάσταση η δόση που λαμβάνουν οι αριστεροί μαστοί χωρίς Supra είναι δραματικά μικρότερη από την δόση που λαμβάνουν οι αριστεροί μαστοί με Supra, ομοίως και σε FB κατάσταση. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο, λόγω της ύπαρξης του επιπλέον πεδίου για το υπερκλείδιο, όπως έχει προαναφερθεί.

4.5 Συμπεράσματα για τους πνεύμονες

Όσον αφορά τον όγκο των πνευμόνων προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς

Όγκος		
FB (ccm)	BH (ccm)	Μεταβολή %
1102,36	1932,74	41,44

Για τους δεξιούς μαστούς

Όγκος		
FB (ccm)	BH (ccm)	Μεταβολή %
1422,10	2231,18	34,69

Όπως είναι εμφανές ο όγκος του δεξιού πνεύμονα είναι μεγαλύτερος από τον όγκο του αριστερού πνεύμονα, είτε αναφερόμαστε στο FB είτε στο BH. Επιπλέον, για τον αριστερό πνεύμονα, ύστερα από την βαθιά εισπνοή, παρατηρείται αύξηση του όγκου του πνεύμονα κατά 41,44%, ενώ για τον δεξί πνεύμονα, ύστερα από την βαθιά εισπνοή η αύξηση είναι 34,69%. Βλέπουμε ότι και στις δυο περιπτώσεις η αύξηση του όγκου είναι αρκετά σημαντική.

Όσον αφορά την μεταβολή **μέγιστης δόσης** στους **πνεύμονες**, προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

FB	BH	Μεταβολή %
56,37	56,99	1,32
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,054	0,032	-39,76

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

FB	BH	Μεταβολή %
55,74	54,69	-1,31
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,049	0,027	-45,49

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

FB	BH	Μεταβολή %
53,78	54,18	0,89
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,042	0,026	-37,94

Για τους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra

FB	BH	Μεταβολή %
56,5	55,07	-2,53
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,038	0,026	-32,04

Παρατηρώντας τις τιμές που προέκυψαν καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα :

- 1) Για τους αριστερούς μαστούς με Supra η μέγιστη δόση είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra, είτε αναφερόμαστε στις τιμές που προέκυψαν από την FB κατάσταση είτε στις τιμές από την BH κατάσταση, αποτέλεσμα αναμενόμενο λόγω της ύπαρξης του πεδίου του υπερκλειδίου.
- 2) Για τους αριστερούς μαστούς με Supra, η μέση τιμή της μέγιστης δόσης τόσο στο FB όσο και στο BH είναι μεγαλύτερη από την μέση τιμή της μέγιστης δόσης στο FB και στο BH για τους δεξιούς μαστούς.
- 3) Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra, οι μέσες τιμές της μέγιστης δόσης στο FB και στο BH είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες μέσες τιμές της μέγιστης δόσης για τους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra.

Βλέπουμε λοιπόν ότι ενώ στην περίπτωση των μαστών με Supra, στους αριστερούς εντοπίζεται αύξηση της μέγιστης δόσης σε σχέση με τους δεξιούς μαστούς, στην περίπτωση των μαστών χωρίς Supra, στους αριστερούς οι μέσες τιμές της μέγιστης δόσης είναι μικρότερες από αυτές των αριστερών μαστών.

Όσον αφορά την μεταβολή **ελάχιστης δόσης** στους **πνεύμονες**, προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

FB	BH	Μεταβολή %
0,99	0,59	-38,73
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,0007	0,0006	-66,02

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

FB	BH	Μεταβολή %
0,82	0,36	-54,21
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,0007	0,0002	-74,63

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

FB	BH	Μεταβολή %
0,9	0,46	-45,71
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,0007	0,0002	-74,63

Για τους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra

FB	BH	Μεταβολή %
0,66	0,43	-34,94
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,0005	0,0002	-52,02

Παρατηρώντας τις τιμές που προέκυψαν καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα :

- 1) Οι μέσες τιμές της ελάχιστης δόσης για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra (τόσο στο FB όσο και στο ΒΗ) είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες μέσες τιμές της ελάχιστης δόσης για τους αριστερούς μαστούς με Supra. Ομοίως ισχύει και για τους δεξιούς μαστούς.
- 2) Για τους αριστερούς μαστούς με Supra, οι μέσες τιμές των ελάχιστων τιμών δόσης είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές για τους δεξιούς μαστούς με Supra. Ωστόσο, για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra, οι μέσες τιμές των ελάχιστων τιμών δόσης είναι μικρότερες από αυτές των δεξιών μαστών χωρίς Supra.

- Όσον αφορά την μεταβολή του **V25** στους πνεύμονες, προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

FB	BH	Μεταβολή %
14,18	12,4	-4,82

Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra

FB	BH	Μεταβολή %
10,31	10,42	6,09

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

FB	BH	Μεταβολή %
13,65	13,53	-2,92

Για τους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra

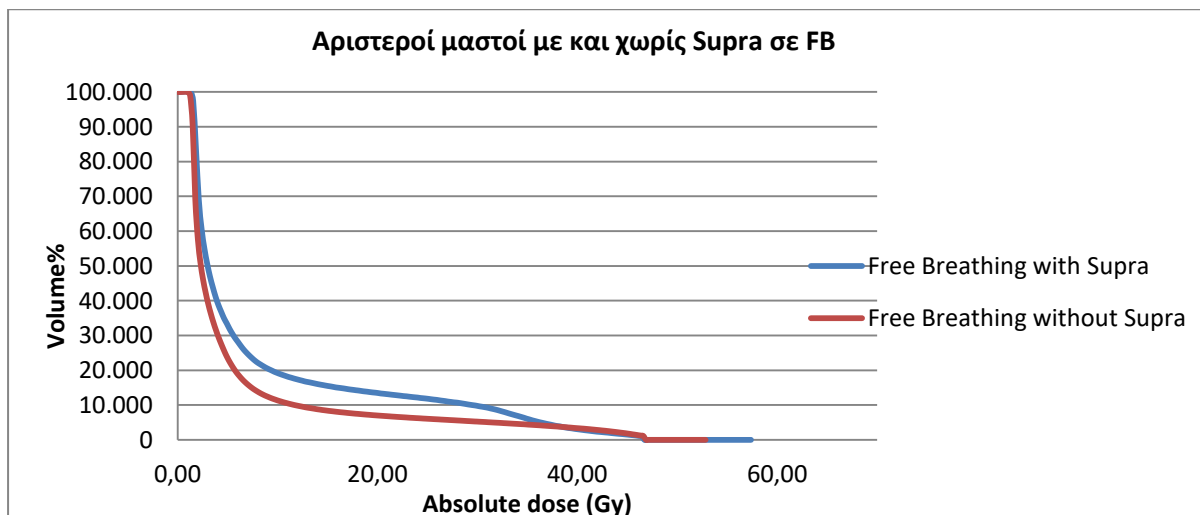
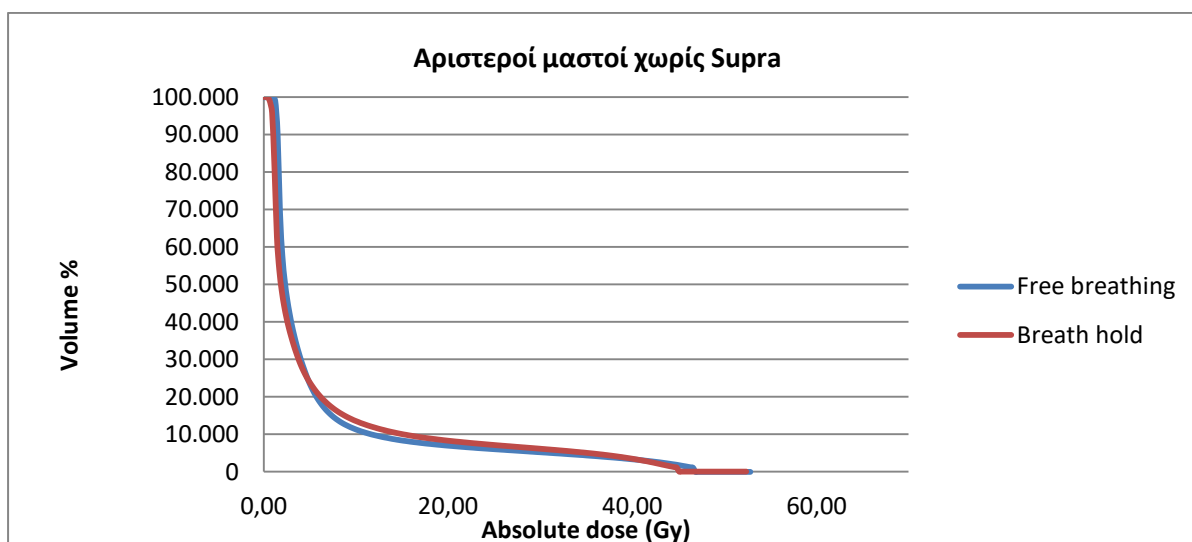
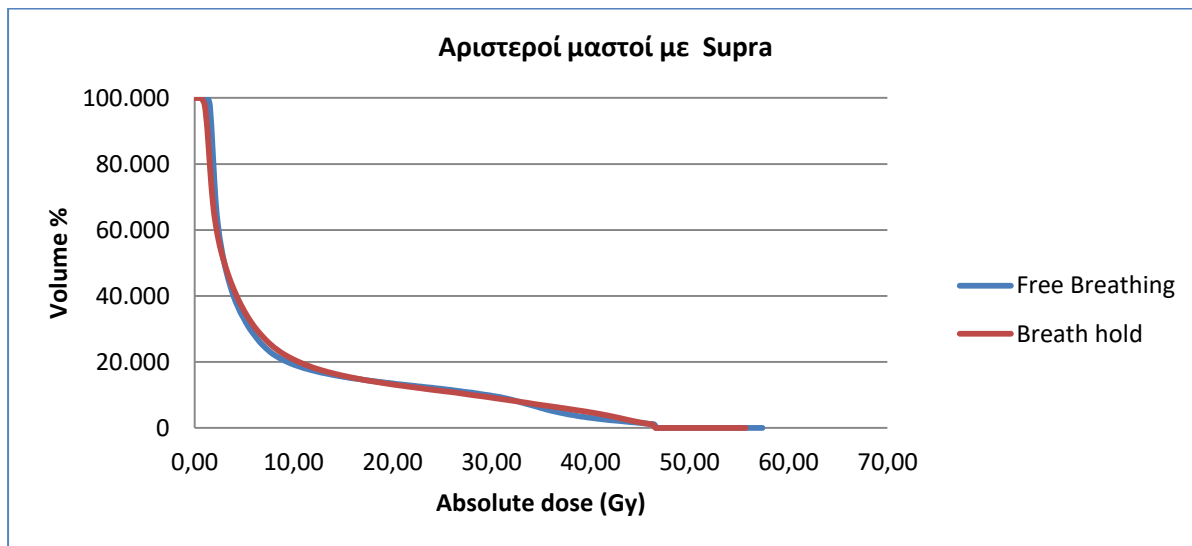
FB	BH	Μεταβολή %
8,38	7,2	-15,77%

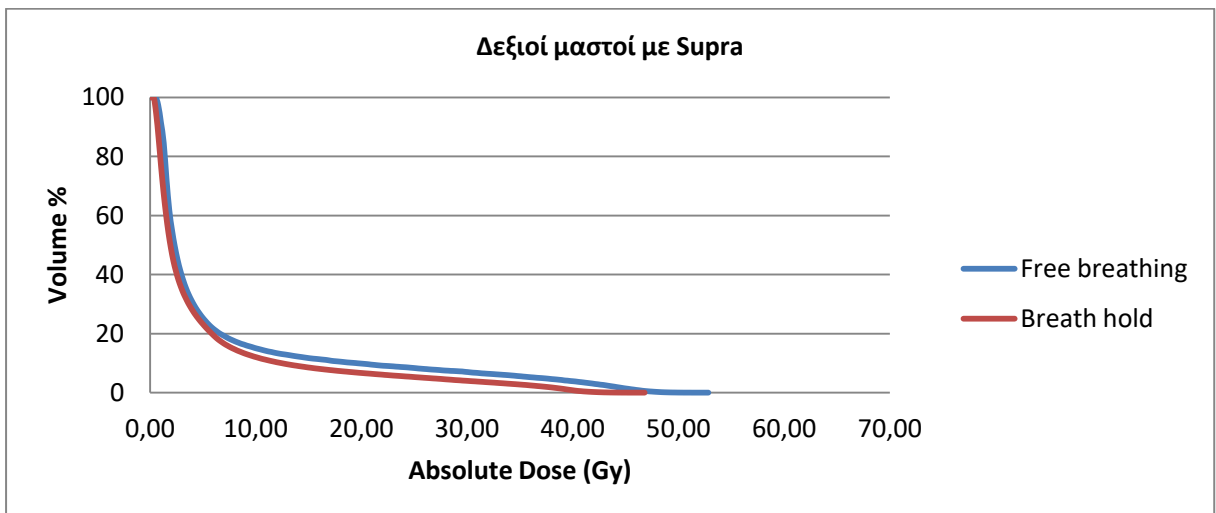
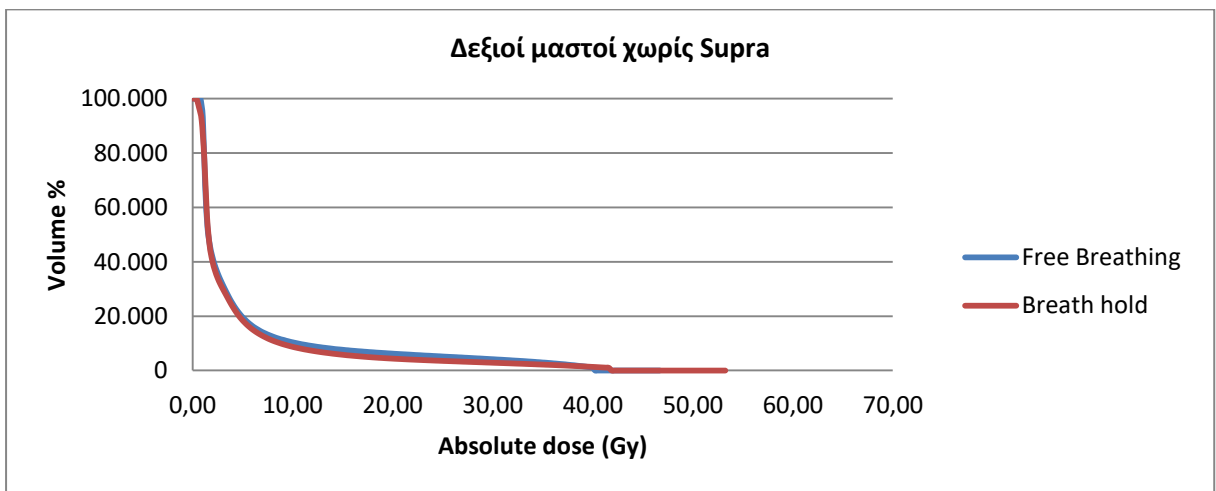
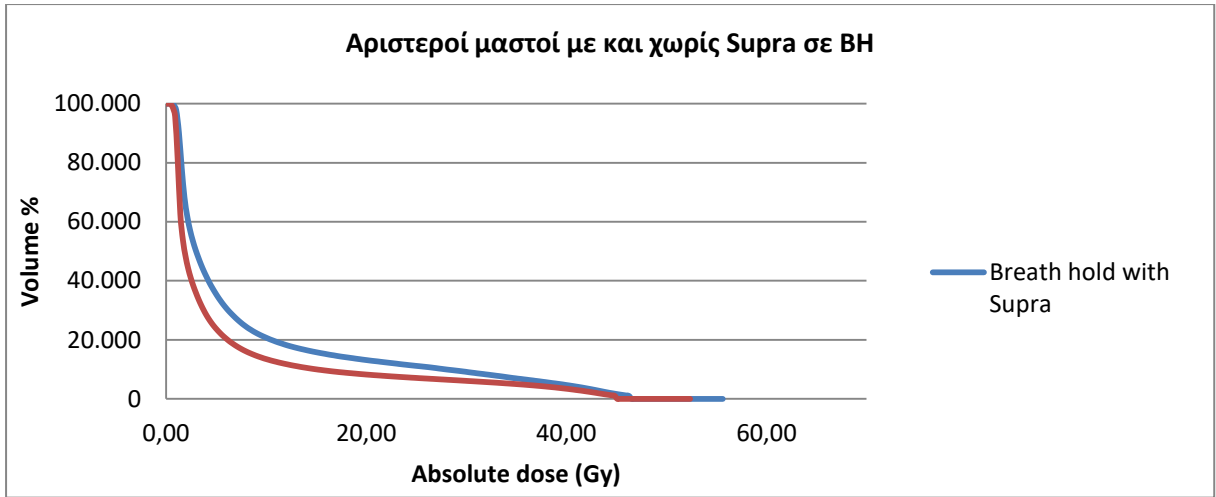
Παρατηρώντας τις τιμές που προέκυψαν καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα :

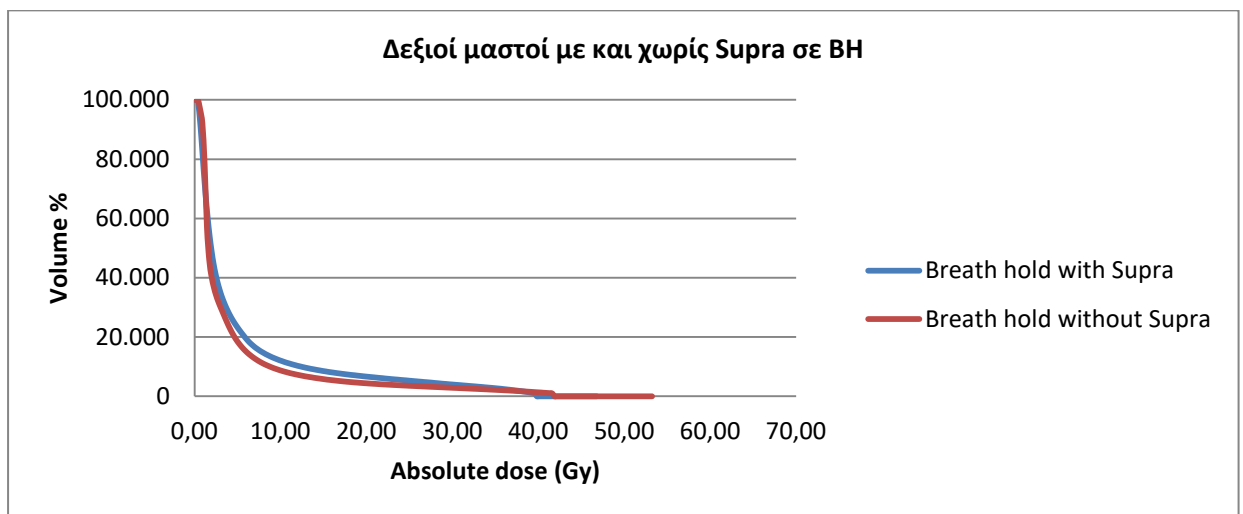
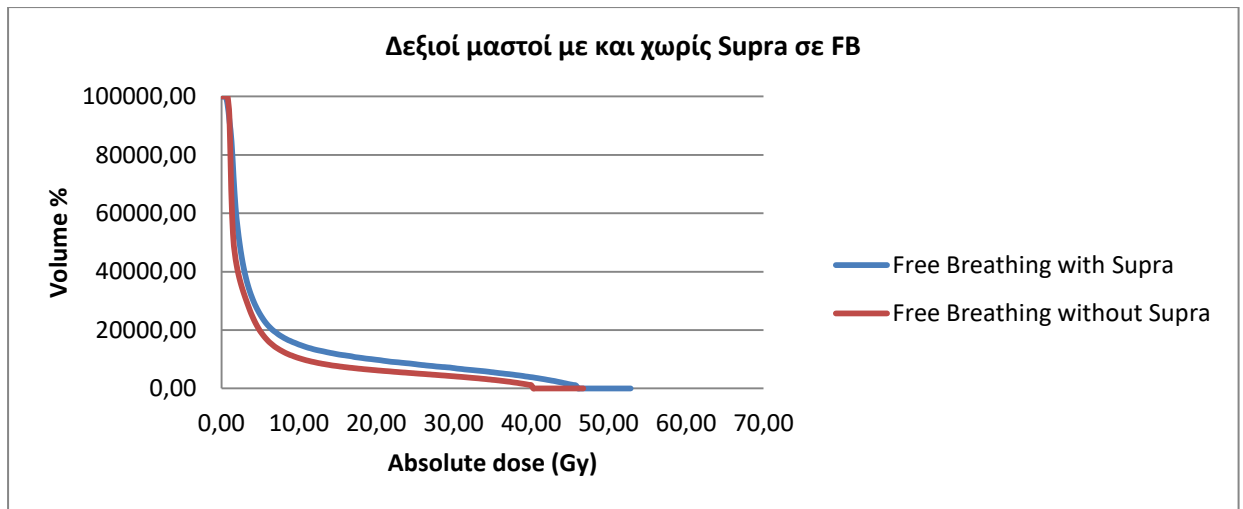
- 1) Για τους αριστερούς μαστούς με Supra το V25 είναι μεγαλύτερο από ότι το V25 για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra, τόσο στο FB όσο και στο ΒΗ. Παρομοίως και για τους δεξιούς μαστούς με και χωρίς Supra.
- 2) Για τους αριστερούς μαστούς με Supra, το V25 στο FB είναι μεγαλύτερο από το V25 στο BH για τους δεξιούς μαστούς με Supra. Ωστόσο, το V25 στο BH στους αριστερούς μαστούς με Supra, είναι μικρότερο από το V25 στο BH για τους δεξιούς μαστούς με Supra.
- 3) Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra, το V25 για το FB και για το ΒΗ, είναι μεγαλύτερο από τις αντίστοιχες τιμές των δεξιών μαστών χωρίς supra.

- 4) Το V25 παρουσιάζει κατά κύριο λόγο μείωση στην ΒΗ κατάσταση σε σχέση με την FB κατάσταση.

Διαγράμματα σύγκρισης (DVHs) για τους πνεύμονες







Παρατηρούμε ότι για τους μαστούς χωρίς Supra, η δόση στους πνεύμονες είναι αρκετά μικρότερη σε αντίθεση με τους μαστούς με Supra. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο και οφείλεται στο γεγονός ότι για τους μαστούς με Supra όπως έχει προαναφερθεί υπάρχει το επιπλέον πεδίο το οποίο αυξάνει την δόση στην έξοδο του.

4.6 Συμπεράσματα για τον οισοφάγο

- Όσον αφορά την μεταβολή της **μέγιστης δόσης** στον **οισοφάγο** προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
3,91	4,31	9,53

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
2,94	3,33	11,55

Παρατηρούμε ότι για τους δεξιούς μαστούς με Supra η μέση μέγιστη δόση τόσο στο FB όσο και στο BH είναι μικρότερη από τις αντίστοιχες τιμές στους αριστερούς μαστούς με Supra. Επιπλέον, η τιμή της μέγιστης δόσης στο FB στο 1 ccm είναι μικρότερη από την μέση τιμή της μέγιστης δόσης στο BH στο 1 ccm είτε αναφερόμαστε στους δεξιούς, είτε στους αριστερούς μαστούς.

- Όσον αφορά την μεταβολή της **ελάχιστης δόσης** στον **οισοφάγο** προέκυψε ότι :

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

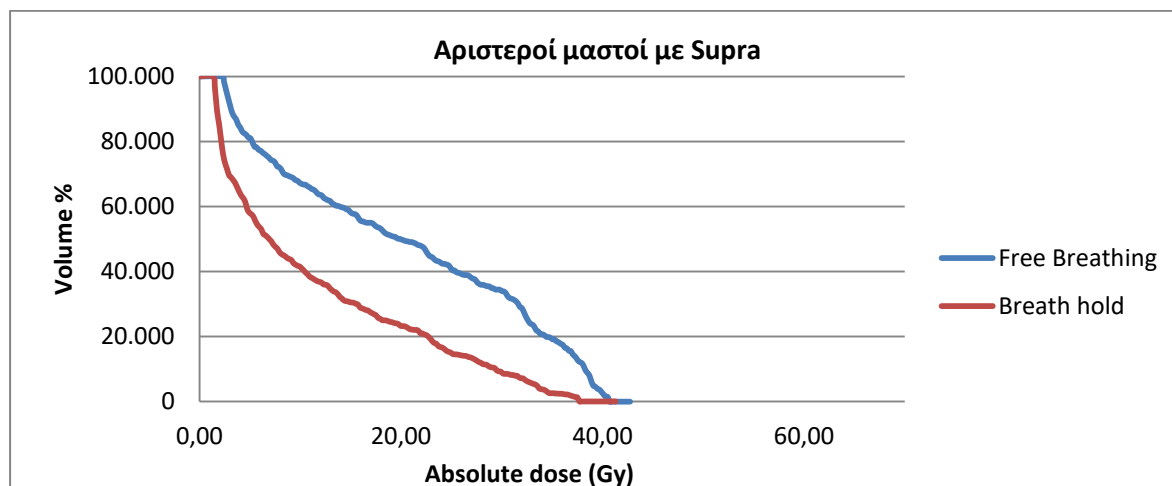
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,1795	0,1793	-6,13

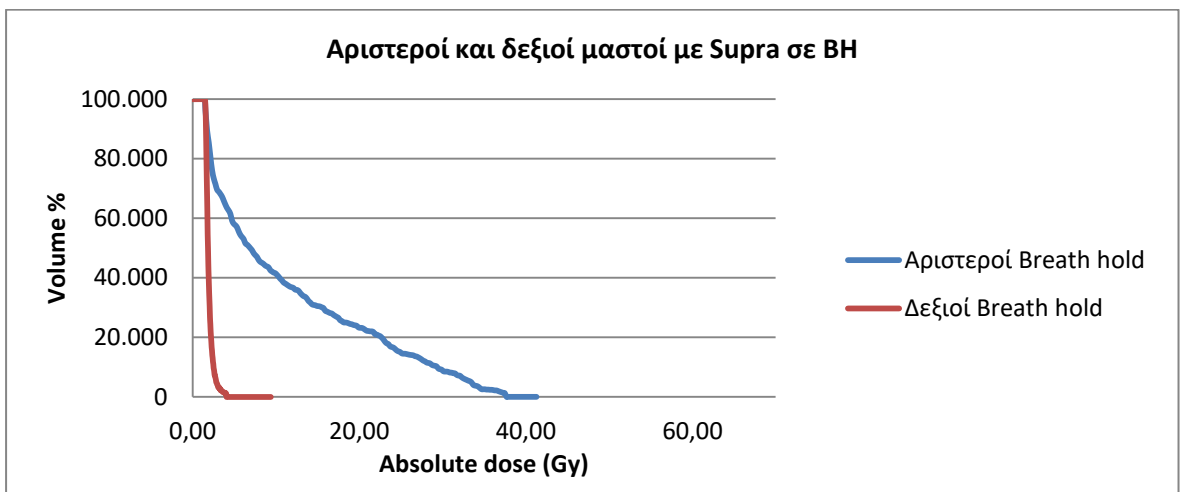
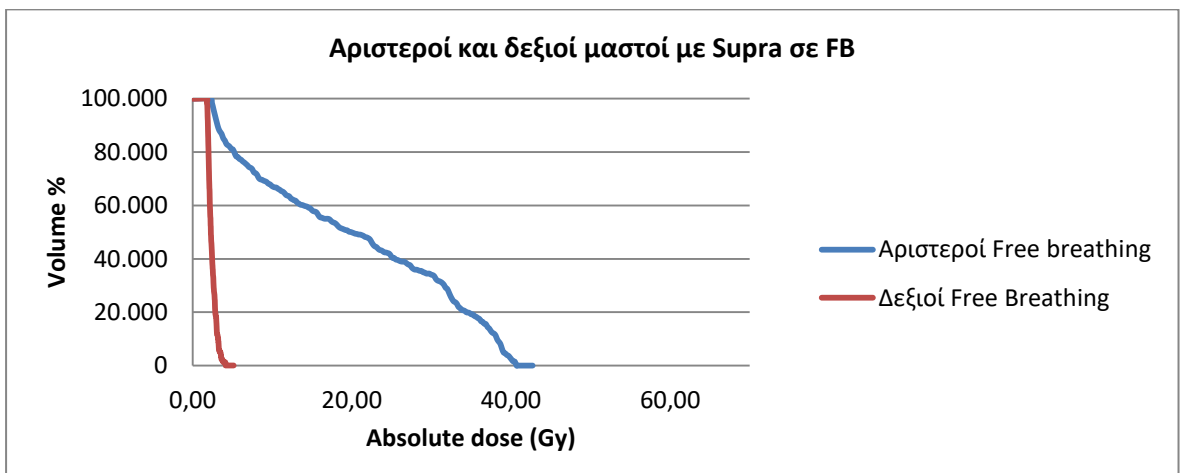
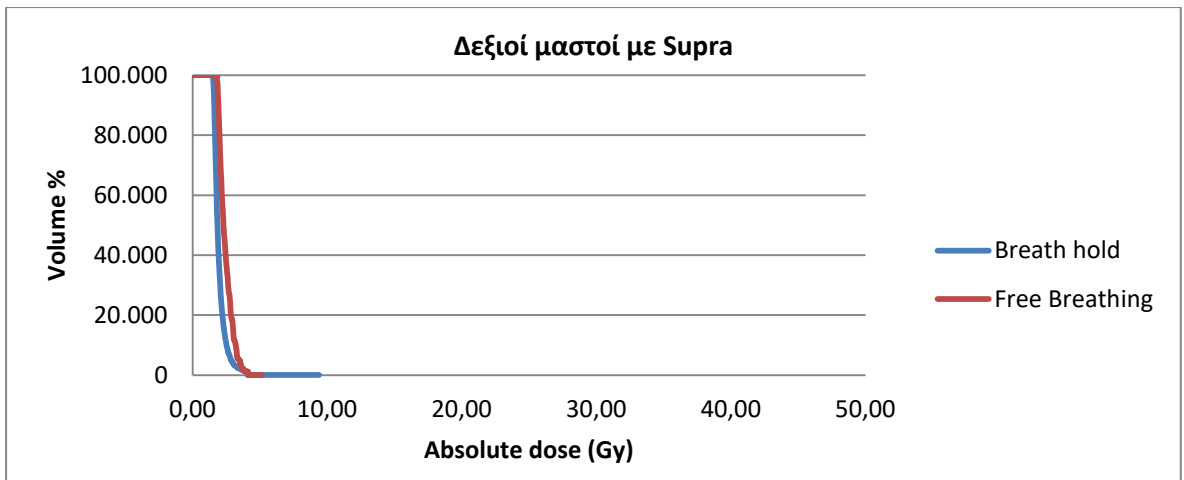
Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,1549	0,1476	-4,29

Παρατηρούμε ότι για τους μαστούς με Supra, η ελάχιστη δόση παρουσιάζει μείωση. Η τιμές της ελάχιστης δόσης στο FB είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές της δόσης στο BH (χωρίς η διαφορά να είναι σημαντική).

Διαγράμματα σύγκρισης DVHs για τον οισοφάγο





Παρατηρώντας τα διαγράμματα, είναι εμφανές ότι σε ΒΗ κατάσταση, σε οποιαδήποτε περίπτωση η δόση που λαμβάνει ο οισοφάγος είναι μικρότερη σε σχέση με την FB κατάσταση. Επιπλέον, η μείωση της δόσης τόσο στην FB όσο και στην ΒΗ κατάσταση είναι σημαντικά πιο εμφανής στην περίπτωση των δεξιών μαστών. Ο οισοφάγος εσωτερικά του ανθρώπινου σώματος, βρίσκεται εγγύτερα στην περιοχή του αριστερού μαστικού αδένου, για τον λόγο αυτό η μείωση είναι πιο έντονη στην περίπτωση των δεξιών μαστών.

4.7 Συμπεράσματα για τον νωτιαίο μυελό

- Όσον αφορά την μεταβολή της **μέγιστης δόσης** για τον νωτιαίο μυελό, προέκυψε ότι:

Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
2,86	3,32	18,62

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
3,51	3,94	16,61

Παρατηρούμε ότι η μέση τιμή της μέγιστης δόσης τόσο για το FB όσο και για το BH είναι μεγαλύτερη για τους δεξιούς μαστούς με Supra. Επιπλέον, στην BH κατάσταση, η μέση δόση σε 1 ccm προέκυψε μεγαλύτερη τόσο στους δεξιούς όσο και στους αριστερούς μαστούς, σε σχέση με την FB κατάσταση.

- Όσον αφορά την μεταβολή της **ελάχιστης δόσης** για τον νωτιαίο μυελό προέκυψε ότι:

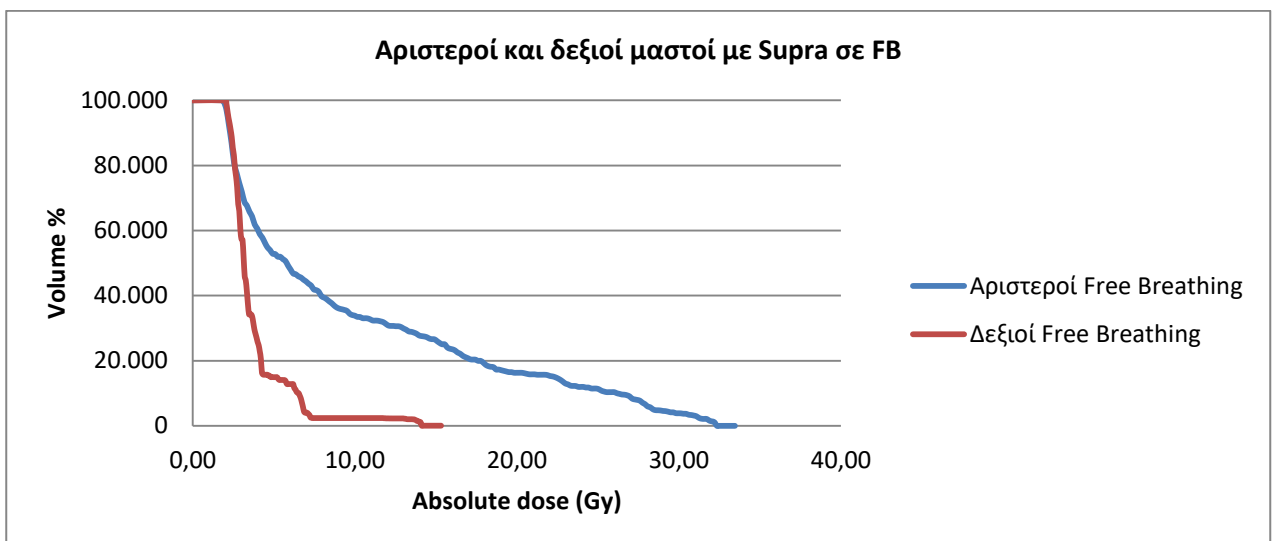
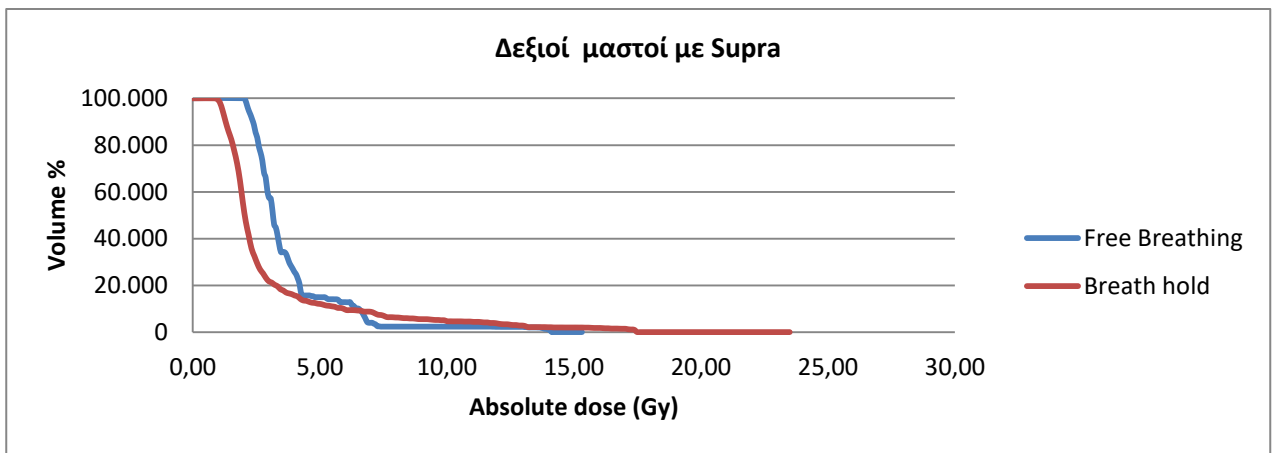
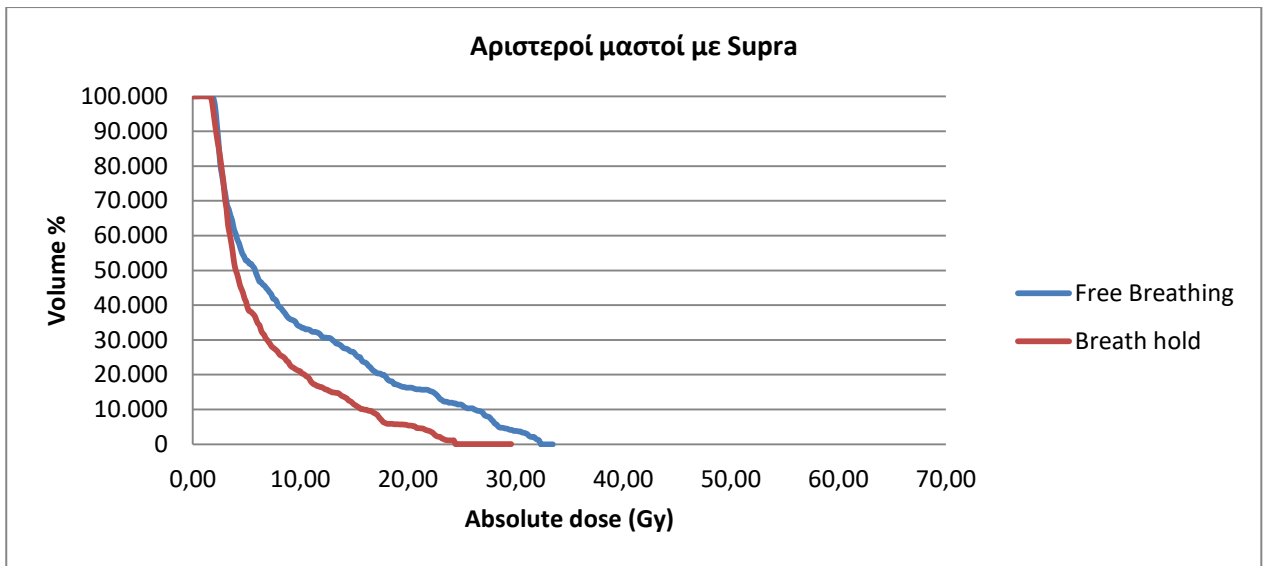
Για τους αριστερούς μαστούς με Supra

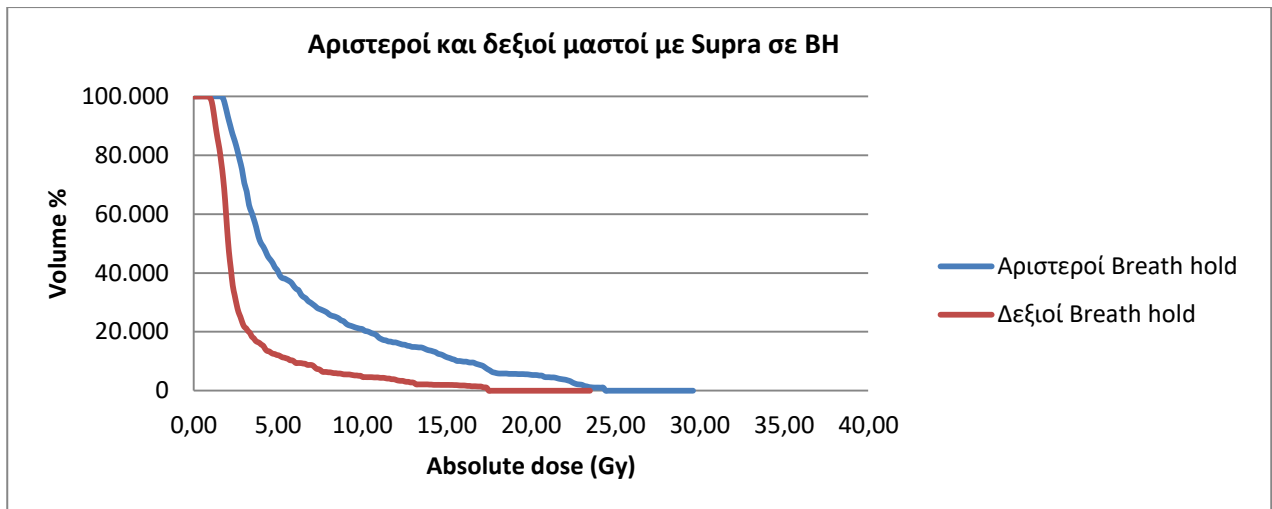
FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,1541	0,1717	16,61

Για τους δεξιούς μαστούς με Supra

FB (1 ccm)	BH (1 ccm)	Μεταβολή %
0,1828	0,1755	3,50

Παρατηρούμε ότι η μέση τιμή της ελάχιστης δόσης είναι μικρότερη για τους αριστερούς μαστούς με Supra σε σχέση με τους δεξιούς μαστούς με Supra.





Παρατηρώντας τα διαγράμματα, είναι εμφανές ότι τόσο για τους αριστερούς όσο και για τους δεξιούς μαστούς με Supra, υπάρχει μείωση της δόσης στον νωτιαίο μυελό σε BH κατάσταση. Η μείωση αυτή είναι πιο έντονη στην περίπτωση των αριστερών μαστών με Supra.

4.8 Συμπεράσματα για την μετατόπιση των τατουάζ του ασθενούς

Σύμφωνα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, προέκυψε ότι :

Vertical median (cm)
3,53
Long median (cm)
4,48
Top median (cm)
9,00

Η μετατόπιση των τατουάζ, θα μπορούσε να αποτελέσει έναν τρόπο ελέγχου της επαναληψιμότητα ενός DIBH μοτίβου. Για την μελέτη αυτή, θα ήταν απαραίτητο, στο χώρο της εξομοίωσης θέσεως καθώς και στον χώρο του γραμμικού επιταχυντή που πραγματοποιείται η ακτινοβολήση του ασθενούς να υπήρχαν κατάλληλα συστήματα παρατήρησης, τέτοιας ακρίβειας τα οποία θα μπορούσαν να εντοπίσουν την μετακίνηση των τατουάζ κατά την διάρκεια της DIBH διαδικασίας.

4.9 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Για τους χρόνους ακτινοβολήσης

Όπως προαναφέρθηκε, ο χρόνος που απαιτείται να κρατήσει ο εκάστοτε ασθενής την αναπνοή του είναι 48 δευτερόλεπτα κατά μέσο όρο στην πρώτη φάση της θεραπείας για τα εφαπτομενικά πεδία, όπου ακτινοβολείται πλήρως ο μαστός, 58 δευτερόλεπτα στην δεύτερη φάση της θεραπείας όπου ακτινοβολείται η κοίτη του όγκου. Οι ασθενείς προέκυψε κατά μέσο όρο ότι μπορούν να κρατήσουν την αναπνοή τους 34 δευτερόλεπτα. Όπως είναι εμφανές, ο χρόνος αυτός είναι αρκετά μικρότερος. Θεωρητικά ωστόσο, με εξάσκηση του ασθενούς στα ΒΗ μοτίβα θα μπορούσε να προσεγγιστεί.

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα Voluntary_DIBH μοτίβα δεν μπορούν να εφαρμοστούν με τον γραμμικό επιταχυντή Siemens Oncor, 6 MV, με ρυθμό δόσης 250 MU/min≈250cGy/min, που υπάρχει στο νοσοκομείο. Η τεχνική αυτή θα μπορούσε να εφαρμοστεί για έναν γραμμικό επιταχυντή με διπλάσιο ρυθμό δόσης, δηλαδή 500 MU/min.

Για τους δεξιούς μαστούς

Για το PTV

- Στην περίπτωση των δεξιών μαστών με Supra παρατηρήθηκε αύξηση της μέσης μέγιστης δόσης σε 1 cc_m της τάξης του 7,98% στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση. Στην περίπτωση των δεξιών μαστών χωρίς Supra παρατηρήθηκε πάλι αύξηση, ωστόσο η αύξηση αυτή ήταν της τάξης του 1,44%. Όπως είναι εμφανές υπάρχει αύξηση της μέγιστης δόσης και στις δύο περιπτώσεις, απλά στην περίπτωση των δεξιών μαστών χωρίς Supra η αύξηση αυτή είναι μικρότερη, αποτέλεσμα αναμενόμενο αν αναλογιστούμε ότι στην περίπτωση των δεξιών μαστών με Supra υπάρχει ένα επιπλέον πεδίο για τους υπερκλείδιους λεμφαδένες όπως έχει προαναφερθεί.

- Επιπλέον, το V47 για τους δεξιούς μαστούς με Supra παρουσίασε μείωση της τάξης του 0,43% στην ΒΗ κατάσταση σε σχέση με την FB. Για τους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra υπήρχε και πάλι μείωση της τάξης του 0,26%. Όπως είναι εμφανές η κάλυψη και στις δύο περιπτώσεις δεν διαφέρει αρκετά μεταξύ FB και ΒΗ, συνεπώς και στην περίπτωση των ΒΗ μοτίβων η κάλυψη του PTV είναι η επιθυμητή και τα πλάνα θεραπείας που προέκυψαν είναι ισοδύναμα.

Για το Supra

- Παρατηρήθηκε ότι στην ΒΗ κατάσταση το V43 παρουσίασε μείωση της τάξης του 14,09% σε σχέση με την FB κατάσταση, για τους δεξιούς μαστούς με Supra.

Για τους πνεύμονες

- Παρατηρείται ότι τόσο στους δεξιούς μαστούς με Supra, όσο και στους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra η μέγιστη δόση στους πνεύμονες σε 1 cc_m μειώνεται στην πρώτη περίπτωση κατά 37,94% και στην δεύτερη κατά 32,04% στην ΒΗ κατάσταση σε σχέση με την FB κατάσταση.

- Ομοίως, ανάλογη είναι η μείωση που παρατηρείται και στην ελάχιστη δόση. Συγκεκριμένα, στους δεξιούς μαστούς με Supra η ελάχιστη κατά μέσο όρο δόση στο 1 cc_m μειώνεται κατά 65,19%, ενώ στους δεξιούς μαστούς χωρίς Supra η ελάχιστη κατά μέσο όρο δόση στο 1 cc_m μειώνεται κατά 52,02%.
- Επιπλέον, στο FB ο μέσος όγκος του δεξιού πνεύμονα είναι της τάξης του 1422,10 cc_m, ενώ σε κατάσταση ΒΗ είναι 2231,18 cc_m, υπάρχει λοιπόν μια μεταβολή ίση με 34,69%.
- Επιπροσθέτως, το V25 για τους πνεύμονες παρουσιάζει μείωση μεταξύ ΒΗ και FB. Η μείωση αυτή είναι της τάξης του -9,34% (κατά μέσο όρο).

Για τον οισοφάγο

- Για τους δεξιούς μαστούς με Supra παρατηρήθηκε αύξηση της τάξης του 11,55% της μέγιστης δόσης σε 1 cc_m του οισοφάγου στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση. Αντιθέτως, η ελάχιστη δόση παρουσίασε μείωση της τάξης του -6,13% στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση.
- Η δόση, όπως αυτή παρουσιάζεται στα DVHs διαγράμματα από τον οισοφάγο, παρουσιάζει μείωση στην ΒΗ κατάσταση. Η μείωση αυτή δεν είναι τυχαία, αλλά συνάδει με το γεγονός ότι κατά την βαθιά εισπνοή ο οισοφάγος απομακρύνεται κ αυτός από τους μαστικούς αδένες, συνεπώς και από το πεδίο ακτινοβολήσης.

Για τον νωτιαίο μυελό

- Για τους δεξιούς μαστούς με Supra παρατηρήθηκε αύξηση της τάξης του 16,63% της μέγιστης δόσης σε 1 cc_m του οισοφάγου στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση. Παρομοίως, η ελάχιστη δόση παρουσίασε αύξηση της τάξης του 3,50% στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση.
- Η δόση που λαμβάνεται από τον νωτιαίο μυελό σε κατάσταση FB είναι σχετικά παρόμοια με την δόση που λαμβάνεται σε κατάσταση ΒΗ για τους δεξιούς μαστούς με Supra.

Για τους αριστερούς μαστούς

Για το PTV

- Στην περίπτωση των αριστερών μαστών με Supra παρατηρήθηκε αύξηση της μέσης μέγιστης δόσης σε 1 cc_m της τάξης του 1,21% στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση. Στην περίπτωση των αριστερών μαστών χωρίς Supra παρατηρήθηκε πάλι αύξηση, ωστόσο η αύξηση αυτή ήτανε της τάξης του 4,23%.
- Επιπλέον, το V47 για τους αριστερούς μαστούς με Supra παρουσίασε αύξηση της τάξης του 0,85% στην ΒΗ κατάσταση σε σχέση με την FB. Για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra υπήρχε πάλι αύξηση της τάξης του 0,17%. Όπως είναι εμφανές η κάλυψη και στις δύο περιπτώσεις δεν διαφέρει αρκετά μεταξύ FB και ΒΗ, συνεπώς και στην περίπτωση των ΒΗ μοτίβων η κάλυψη του PTV είναι η επιθυμητή.

Παρατήρηση

Τόσο στην περίπτωση των αριστερών μαστών (με και χωρίς Supra) όσο και στην περίπτωση των δεξιών μαστών (με και χωρίς Supra) η διαφορά ως προς την κάλυψη μεταξύ FB και BH δεν είναι σημαντική, καταλήγουμε συνεπώς στο συμπέρασμα ότι και στις δύο περιπτώσεις και για τα δύο είδη μαστών, επιτυγχάνεται η επιθυμητή κάλυψη, και τα πλάνα μεταξύ FB και BH είναι ισοδύναμα.

Για το Supra

- Παρατηρήθηκε ότι στην BH κατάσταση το V43 παρουσίασε μείωση της τάξης του 1,53% σε σχέση με την FB κατάσταση, για τους αριστερούς μαστούς με Supra.

Παρατήρηση

Τόσο για τους δεξιούς μαστούς, όσο και για τους αριστερούς μαστούς παρατηρήθηκε μείωση της κάλυψης της περιοχής του Supra (υπερκλείδιοι λεμφαδένες) στην BH κατάσταση.

Για τους πνεύμονες

- Τόσο στους αριστερούς μαστούς με Supra, όσο και στους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra, παρατηρήθηκε μείωση της μέγιστης δόσης σε 1 cc_m. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση των πρώτων η μείωση ήταν της τάξης του 39,76% στην BH κατάσταση σε σχέση με την FB, ενώ στην περίπτωση των δεύτερων η μείωση ήταν της τάξης του 45,49%.
- Παρομοίως, η ελάχιστη δόση σε 1 cc_m, τόσο στους αριστερούς μαστούς με Supra, όσο και σε αυτούς χωρίς Supra μειώθηκε κατά 66,02% και 74,63% αντίστοιχα, στην BH κατάσταση σε σχέση με την FB κατάσταση.
- Επιπλέον, στο FB ο μέσος όγκος του δεξιού πνεύμονα είναι της τάξης του 1102,36 cc_m, ενώ σε κατάσταση BH είναι 1932,74 cc_m, υπάρχει λοιπόν μια μεταβολή ίση με 41,44%.

Παρατήρηση

Όπως είναι εμφανές ο όγκος του αριστερού πνεύμονα είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο για τον δεξιό πνεύμονα κατά 22,5%.

- Ακόμα, το V25 για τους πνεύμονες παρουσίασε μείωση μεταξύ BH και FB. Η μείωση αυτή ήταν της τάξης του 0,65%

Παρατήρηση

Τόσο για τους αριστερούς μαστούς (με και χωρίς Supra) όσο και για τους δεξιούς μαστούς (με και χωρίς Supra) παρατηρείται μείωση του V25. Η μείωση αυτή είναι πιο σημαντική στην περίπτωση των δεξιών μαστών (για τον δεξιό πνεύμονα). Γεγονός αναμενόμενο αν αναλογιστούμε ότι ο όγκος του δεξιού πνεύμονα είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο για τον αριστερό πνεύμονα, και τα διαγράμματα DVHs δίνουν την δόση ως προς τον ποσοστιαίο όγκο.

Για την καρδιά

- Για τους αριστερούς μαστούς με Supra η μέγιστη δόση σε 1 cc_m στην καρδιά μειώθηκε κατά 54,5% στην ΒΗ κατάσταση σε σχέση με την FB κατάσταση. Ομοίως μείωση της τάξης του 45,49% παρατηρήθηκε και για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra.
- Μείωση παρουσίασε επίσης η ελάχιστη δόση σε 1 cc_m, τόσο για τους αριστερούς μαστούς με Supra όσο και χωρίς. Η μείωση που εντοπίστηκε ήταν κατά 51,45% και 74,63% αντίστοιχα, στην ΒΗ κατάσταση.
- Ακόμα, το V25 για την καρδιά μειώθηκε σημαντικά στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση. Συγκεκριμένα, η μείωση ήταν της τάξης του 68,14% για τους αριστερούς μαστούς με Supra και 97,03% για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra.

Για την LAD

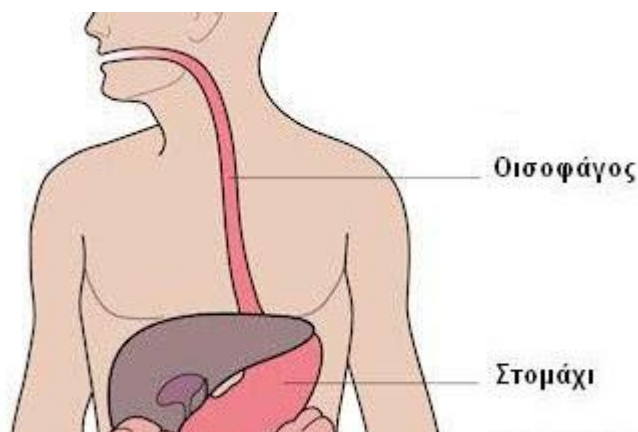
- Για τους αριστερούς μαστούς με Supra η μέγιστη δόση σε 1 cc_m στην LAD μειώθηκε κατά 46,77% στην ΒΗ κατάσταση σε σχέση με την FB κατάσταση. Ομοίως μείωση της τάξης του 44,31% παρατηρήθηκε και για τους αριστερούς μαστούς χωρίς Supra.
- Μείωση παρουσίασε επίσης η ελάχιστη δόση σε 1 cc_m, τόσο για τους αριστερούς μαστούς με Supra όσο και χωρίς. Η μείωση που εντοπίστηκε ήταν κατά 53,09% και 13,48% αντίστοιχα, στην ΒΗ κατάσταση.

Για τον οισοφάγο

- Για τους αριστερούς μαστούς με Supra παρατηρήθηκε αύξηση της τάξης του 9,53% της μέγιστης δόσης σε 1 cc_m του οισοφάγου στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση. Αντιθέτως, η ελάχιστη δόση παρουσίασε μείωση της τάξης του -4,19% στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση.
- Η δόση που λαμβάνεται από τον οισοφάγο στην ΒΗ κατάσταση είναι πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη δόση στην FB κατάσταση.

Παρατήρηση

Η δόση που λαμβάνεται στην ΒΗ κατάσταση για τον οισοφάγο είναι μικρότερη από την αντίστοιχη στην FB κατάσταση, είτε αναφερόμαστε στους αριστερούς είτε στους δεξιούς μαστούς. Ωστόσο, επειδή ο οισοφάγος ανατομικά βρίσκεται πιο κοντά στον αριστερό μαστό, η δόση που λαμβάνεται από τον οισοφάγο όταν ακτινοβολείται ο αριστερός μαστός είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη λαμβανόμενη δόση όταν ακτινοβολείται ο δεξιός μαστός.



Για τον νωτιαίο μυελό

- Για τους αριστερούς μαστούς με Supra παρατηρήθηκε αύξηση της τάξης του 39,31% της μέγιστης δόσης σε 1 ccη του οισοφάγου στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση. Παρομοίως, η ελάχιστη δόση παρουσίασε αύξηση της τάξης του 16,61% στην ΒΗ κατάσταση, σε σχέση με την FB κατάσταση.
- Για τους αριστερούς μαστούς, στην ΒΗ κατάσταση, ο νωτιαίος μυελός λαμβάνει κατά μέσο όρο μικρότερη δόση σε σχέση με την FB κατάσταση

Παρατήρηση

Για τους δεξιούς μαστούς, η δόση που λαμβάνεται από τον νωτιαίο μυελό, τόσο στην FB όσο και στην ΒΗ κατάσταση είναι σημαντικά μικρότερη από την δόση που λαμβάνεται από τους αριστερούς μαστούς στις αντίστοιχες καταστάσεις.

Παραθέτουμε τον ακόλουθο συγκεντρωτικό πίνακα

	Αριστεροί μαστοί χωρίς Supra		Αριστεροί μαστοί με Supra	
	FB	BH	FB	BH
V25 (Heart)	2,80%	0,29%	4,50%	1,68%
V25 (Lungs)	10,31%	10,42%	14,18%	12,40%
V47 (PTV)	95,79%	95,92%	95,05%	95,85%
V43 (Supra)	-	-	77,93%	76,73%
Μέγιστη δόση σε 1 ccM (Gy)				
PTV	0,076	0,071	0,071	0,072
Πνεύμονες	0,049	0,027	0,054	0,032
Καρδιά	0,050	0,030	0,050	0,020
Οισοφάγος	-	-	3,910	4,310
Νωτιαίος μυελός	-	-	2,8600	3,3300
Ελάχιστη δόση σε 1 ccM (Gy)				
PTV	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Πνεύμονες	0,0007	0,0002	0,0000	0,0000
Καρδιά	0,0007	0,0002	0,0013	0,0006
Οισοφάγος	-	-	0,1795	0,1793
Νωτιαίος μυελός	-	-	0,1541	0,1717
	Δεξιοί μαστοί χωρίς Supra		Δεξιοί μαστοί με Supra	
	FB	BH	FB	BH
V25 (Heart)	-	-	-	-
V25 (Lungs)	8,38%	7,20%	13,65%	13,53%
V47 (PTV)	95,25%	95,47%	94,25%	93,75%
V43 (Supra)	-	-	89,25%	75,80%
Μέγιστη δόση σε 1 ccM (Gy)				
PTV	0,061	0,062	0,100	0,110
Πνεύμονες	0,038	0,026	0,042	0,026
Καρδιά	-	-	-	-
Οισοφάγος	-	-	2,940	3,330
Νωτιαίος μυελός			3,510	3,940
Ελάχιστη δόση σε 1 ccM (Gy)				
PTV	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Πνεύμονες	0,0005	0,0002	0,0007	0,0002
Καρδιά	-	-	-	-
Οισοφάγος	-	-	0,1549	0,1476
Νωτιαίος μυελός			0,1828	0,1755

Συμπέρασμα όσον αφορά την εφαρμογή της τεχνικής Voluntary DIBH

- 1) Ολοκληρώνοντας, με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή της τεχνικής DIBH μπορεί να επιφέρει ένα εύρος θετικών συνεπειών στους ασθενείς. Με την εφαρμογή της τεχνικής αυτής παρουσιάζεται μείωση της λαμβανόμενης δόσης από την καρδιά, την LAD, τον οισοφάγο και τον νωτιαίο μυελό .
- 2) Είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ότι για την συλλογή των αποτελεσμάτων επιλέχθηκαν τυχαία 30 ασθενείς, 15 ασθενείς με καρκίνο στον δεξιό μαστό και 15 ασθενείς με καρκίνο στον αριστερό μαστό. Η τυχαία αυτή επιλογή προσδίδει μια αβεβαιότητα ως προς την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.
- 3) Με την εφαρμογή των v_DIBH μοτίβων, διαμορφώνεται ένα πλάνο θεραπείας ισοδύναμο με το πλάνο στην FB κατάσταση, συνεπώς και αποδεκτό κλινικά.
- 4) Για την εφαρμογή της τεχνικής αυτής, είναι απαραίτητο να γραφούν συγκεκριμένα κριτήρια επιλογής ασθενών που μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της εφαρμογής της.
- 5) Ακόμα, με την χρήση κατάλληλου εξοπλισμού (όπως προαναφέρθηκε στην υποενότητα 1.5 του 1^{ου} κεφαλαίου) θα επιτευχθεί η απαραίτητη ακρίβεια ως προς την επαναληψιμότητα της τεχνικής. Χωρίς τον κατάλληλο εξοπλισμό, με την συνεργασία του εξειδικευμένου προσωπικού και του ασθενούς, με εξάσκηση τόσο στο σπίτι όσο και στο νοσοκομείο, ορισμένοι ασθενείς ίσως μπορέσουν να αγγίξουν το χρονικό διάστημα που απαιτείται.
- 6) Εάν το νοσοκομείο διαθέτε έναν γραμμικό επιταχυντή με διπλάσιο ρυθμό δόση, τότε σχεδόν όλοι οι ασθενείς θα μπορούσαν να εφαρμόσουν τα DIBH μοτίβα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

1. Ανδρέου, Μαρία. Βελτιστοποίηση και αξιολόγηση σύγχρονων εφαρμογών ακτινοθεραπείας. Diss. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Υγείας. Τμήμα Ιατρικής. Τομέας Μορφολειτουργικός. Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, 2015.
2. Παπαγεωργίου, Μιχαέλλα. Πρωτόκολλα σχεδιασμού και δοσιμετρίας ακτινοθεραπείας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Τμήμα φυσικής. Τομέας Πυρηνικής φυσικής και στοιχειωδών σωματιδίων. Α.Ν.Θ Θεαγένειο. Τμήμα Ιατρικής Φυσικής.
3. Κριτσέλης, Γ. "Ακτινοθεραπεία μετά από μαστεκτομή, νεότερα δεδομένα".
4. Τσακίρη, Γρηγορία. Πρωτόκολλα πλάνων εξωτερικής ακτινοθεραπείας με γραμμικό επιταχυντή. Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Τμήμα φυσικής. Τομέας πυρηνικής φυσικής και στοιχειωδών σωματιδίων. 424 ΓΣΝΕ Θεσσαλονίκης. Τμήμα ογκολογικής ακτινοθεραπείας, 2015.

Ιστοσελίδες

5. www.actino-oncology.com, "Το TomoTherapy ως έννοια"
6. www.agsavvas-hosp.gr, "Παρενέργειες του καρκίνου"
7. www.aktinotherapeia.com, "Οι παρενέργειες του καρκίνου"

Ξενόγλωσση

8. Bartlett, Frederick R., et al. "Voluntary breath-hold technique for reducing heart dose in left breast radiotherapy." *JoVE (Journal of Visualized Experiments)* 89 (2014): e51578.
9. Bartlett, Frederick R., et al. "The UK HeartSpare Study: randomised evaluation of voluntary deep-inspiratory breath-hold in women undergoing breast radiotherapy." *Radiotherapy and Oncology* 108.2 (2013): 242-247.
10. Bartlett, F. R., et al. "The UK HeartSpare Study (Stage II): multicentre evaluation of a voluntary breath-hold technique in patients receiving breast radiotherapy." *Clinical Oncology* 29.3 (2017): e51-e56.
11. Bruzzaniti, Vicente, et al. "Dosimetric and clinical advantages of deep inspiration breath-hold (DIBH) during radiotherapy of breast cancer." *Journal of Experimental & Clinical Cancer Research* 32.1 (2013): 88.
12. Emami, Bahman. "Tolerance of normal tissue to therapeutic radiation." *Reports of radiotherapy and Oncology* 1.1 (2013).
13. Jagsi, Reshma, et al. "Respiratory motion of the heart and positional reproducibility under active breathing control." *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics* 68.1 (2007): 253-258.
14. Latty, Drew, et al. "Review of deep inspiration breath-hold techniques for the treatment of breast cancer." *Journal of medical radiation sciences* 62.1 (2015): 74-81.

15. Macrie, Bryan D., et al. "A cost-effective technique for cardiac sparing with deep inspiration-breath hold (DIBH)." *Physica Medica* 31.7 (2015): 733-737.
16. RITTER, Timothy, et al. Consideration of dose limits for organs at risk of thoracic radiotherapy: atlas for lung, proximal bronchial tree, esophagus, spinal cord, ribs, and brachial plexus. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 2011, 81.5: 1442-1457.
17. Shah, Chirag, et al. "Cardiac dose sparing and avoidance techniques in breast cancer radiotherapy." *Radiotherapy and Oncology* 112.1 (2014): 9-16.
18. The International Commission on Radiation Units and Measurements, *Journal of the ICRU Vol 10 No 1 (2010) Report 83*.
19. Quantec, "Use Of Normal Tissue Complication Probability Models in the Clinic".