



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ

**«ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΣΤΗΝ
ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΤΡΑΧΗΛΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟΜΑΤΙΚΗΣ
ΚΟΙΛΟΤΗΤΑΣ - ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΛΟΓΩ ΚΙΝΗΣΗΣ»**

ΣΙΜΙΤΖΗ ΜΑΡΙΑ

ΑΜ: 15073

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΠΕΡΙΚΛΗΣ

ΑΘΗΝΑ, 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

UNIVERSITY OF WEST ATTICA

FACULTY OF HEALTH AND CARE SCIENCES

DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES

DIVISION OF RADIOLOGY AND RADIOTHERAPY

BACHELOR THESIS

TITLE

**«IMAGE GUIDED SET UP IN HEAD AND NECK
RADIOTHERAPY, ERRORS DUE TO PATIENT MOVEMENT»**

SIMITZI MARIA

C.N. 15073

SUPERVISOR:

PAPAVASILEIOU PERIKLIS

ATHENS, 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ	ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	
ΤΟΜΕΑΣ	ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ	
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ	ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ 1, ΑΛΣΟΣ ΑΙΓΑΛΕΩ	

Επώνυμο	:	Σιμιτζή	Surname	:	Simitzi
Όνομα	:	Μαρία	First name	:	Maria
Αριθμός Μητρώου	:	15073			
Θέμα Πτυχιακής Εργασίας		ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΤΡΑΧΗΛΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟΜΑΤΙΚΗΣ ΚΟΙΛΟΤΗΤΑΣ, ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΛΟΓΩ ΚΙΝΗΣΗΣ.			
Τίτλος στα Αγγλικά	:	IMAGE GUIDED SET UP IN HEAD AND NECK RADIOTHERAPY, ERRORS DUE TO PATIENT MOVEMENT			
Επιβλέπων/ουσα Καθηγητής/τρια	:	Περικλής Παπαβασιλείου	Supervisor	:	Periklis Papavasileiou
Ημερομηνία Παρουσίασης	:	30/09/2021			

ΤΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
Παπαβασιλείου Περικλής (Εισηγητής)	
Μπαλαφούτα Μυρσίνη	
Παππάς Ευάγγελος	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Σιμιτζή Μαρία του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 15073 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Βιοϊατρικών Επιστημών του Τμήματος Ακτινολογίας-Ακτινοθεραπείας, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

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

Η Δηλούσα

Σιμιτζή Μαρία



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....σελ.6	
Abstractσελ.7	
1. Εισαγωγή.....σελ. 8	
1.1 Ορισμός καρκίνου.....σελ. 8-9	
1.2 Η Μεταστατική νόσος.....σελ. 9-10	
1.3 Η Σταδιοποίηση του καρκίνου.....σελ. 10-11	
1.4 Καρκίνος κεφαλής-τραχήλου.....σελ. 11-12	
2. Ακτινοθεραπεία.....σελ. 13	
2.1 Σκοπός της ακτινοθεραπείας.....σελ. 13-14	
2.2 Οι τεχνικές της ακτινοθεραπείας.....σελ. 14	
2.3 Εξωτερική ακτινοθεραπεία.....σελ. 14-17	
2.4 Εσωτερική ακτινοθεραπεία.....σελ. 17-18	
3. Η Διαδικασία της ακτινοθεραπείας.....σελ.19-21	
3.1 Διαδικασία εξομοίωσης και ακινητοποίηση ασθενούς.....σελ. 21	
3.2 Βασικά συστήματα ακινητοποίησης.....σελ. 22-26	
3.3 Μάσκες ακινητοποίησης για ασθενείς με καρκίνο κεφαλής- τραχήλου.....σελ. 26-29	
3.4 Άλλα συστήματα ακινητοποίησης.....σελ.29-30	
3.5 Σημεία Εντοπισμούσελ.30-31	
4. Επιβεβαίωση τοποθέτησης του ασθενούς.....σελ.32-33	
4.1 Απεικονιστικές μέθοδοι επιβεβαίωσης με ιοντίζουσα ακτινοβολία...σελ.34	
4.1.1 Απεικόνιση με Portal imager.....σελ.34	
4.1.2 Εφαρμογή υπολογιστικής τομογραφίας κωνικής δέσμης – CBCT.....σελ.34	
4.1.3 Fan Beam CT KV.....σελ.34-35	
4.1.4 Fan beam CT MV.....σελ.35	
5. Σφάλματα-γεωμετρικές αβεβαιότητες.....σελ.36	
5.1 Στρατηγικές διόρθωσης.....σελ.37	
Βιβλιογραφία-Πηγές.....σελ.38	

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η Ακτινοθεραπεία, μία από τις θεραπευτικές μεθόδους κατά της νόσου του καρκίνου και αναπτύσσονται η διαδικασία και οι τρόποι εφαρμογής της.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η αναφορά στην εκτέλεση της σωστής θεραπείας του ασθενούς, έχοντας τον κατάλληλο εξοπλισμό και τα απαραίτητα μέσα για τα καλύτερα θεραπευτικά αποτελέσματα.

Αναπτύσσονται ο τρόπος τοποθέτησης του ασθενούς κατά τη διάρκεια των συνεδριών ακτινοθεραπείας, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επιβεβαίωση της σωστής θέσης, όπως επίσης τα σφάλματα που προκύπτουν και οι τρόποι αντιμετώπισής τους.

ABSTRACT

In this dissertation is presented Radiation Therapy, one of the therapeutic methods against cancer and the process and ways of its application are developed.

The purpose of this work is to report on the execution of the correct treatment of the patient, having the appropriate equipment and the necessary means for the best therapeutic results.

The patient's position during radiotherapy sessions, the methods used to confirm the correct position, as well as the errors that arise and the ways to deal with them are developed.

1. Εισαγωγή

Η ονομασία της νόσου του καρκίνου προέρχεται από την αρχαιότητα, όπου ο Ιπποκράτης πατέρας της ιατρικής το 460-370 π.Χ. παρατηρώντας τη νόσο από τη εξωτερική μορφή της, την παρομοίωσε με το καβούρι και έδωσε το όνομα «καρκίνος» ή «καρκίνωμα».

Ο καρκίνος σήμερα αποτελεί τη δεύτερη αιτία θανάτου στις ανεπτυγμένες χώρες και συγκεκριμένα στη χώρα μας πεθαίνουν περίπου 30.000 άνθρωποι ετησίως. Υπάρχουν πολλά, διαφορετικά είδη και μορφές καρκίνου και για κάθε περίπτωση πραγματοποιείται και η ανάλογη ξεχωριστή θεραπεία. Ο καρκίνος κεφαλής-τραχήλου είναι ο έβδομος συνηθέστερος τύπος καρκίνου και εμφανίζεται συχνότερα στο ανδρικό φύλο. Κάθε χρόνο 27 Ιουλίου γιορτάζεται η Παγκόσμια Ημέρα κατά του καρκίνου Κεφαλής και Τραχήλου.

Η νόσος αυτή μπορεί να οδηγήσει στο θάνατο, με αποτέλεσμα να την καθιστά μία από τις μεγαλύτερες απειλές για τη ζωή. Η αντιμετώπιση της νόσου γίνεται περισσότερο αποτελεσματική και διαρκώς αλλάζει προς το καλύτερο χάρη στην έρευνα, στις νέες μεθόδους θεραπείας και στις συνεχόμενες νέες τεχνολογικές εξελίξεις. Ολοένα και αυξάνεται ο αριθμός των θεραπευόντων ασθενών με καλή ποιότητα ζωής, καθιστώντας την επιβίωση από καρκίνο εφικτή.

1.1 Ορισμός Καρκίνου

Ο **καρκίνος** είναι μια ασθένεια που χαρακτηρίζεται από τον συνεχή και ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό των κυττάρων στον οργανισμό μας. Αποτελεί συνηθισμένη αιτία θανάτου σε μεγάλο ποσοστό στις μέρες μας. Με τον τρόπο ζωής και τις συνθήκες που επικρατούν σήμερα στις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες, περίπου το 25% του γενικού πληθυσμού είναι αναμενόμενο να προσβληθεί από κάποιου είδους κακοήθη νεοπλασία. Τα ποσοστά προσβολής είναι διαφορετικά, όχι μόνο από χώρα σε χώρα αλλά και μεταξύ των διαφόρων πληθυσμιακών ομάδων στην ίδια χώρα. Στη χώρα μας η επίπτωση των κακοήθων νεοπλασιών είναι μικρότερη από τις χώρες της Δυτικής Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής.

Πιο συγκεκριμένα, τα υγιή κύτταρα που υπάρχουν στον οργανισμό μας πραγματοποιούν κάποιες βασικές λειτουργίες λαμβάνοντας εντολή από τον εγκέφαλό τους, δηλαδή το DNA τους. Η πρώτη είναι να γεννιούνται, η δεύτερη είναι να πολλαπλασιάζονται, η τρίτη να διαφοροποιούνται και η τελευταία να πεθαίνουν. Αυτή η σειρά επαναλαμβάνεται καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής μας.

Σε σχέση με τα υγιή κύτταρα, τα καρκινικά λαμβάνοντας ένα παθολογικό ερέθισμα από το DNA τους γεννιούνται, πολλαπλασιάζονται και διαφοροποιούνται ελάχιστα ή καθόλου χωρίς να πεθαίνουν. Τα καρκινικά κύτταρα πολλαπλασιάζονται με γρήγορο ρυθμό δημιουργώντας έτσι μια ιστική μάζα που ονομάζεται κακοήγη νεοπλασία ή αλλιώς καρκίνος. Ο καρκίνος βλάπτει το σώμα, όταν τα κατεστραμμένα κύτταρα διασπώνται ανεξέλεγκτα διαμορφώνοντας εξογκώματα ή μάζες ιστού, που ονομάζονται όγκοι (εκτός από την περίπτωση της λευχαιμίας, όπου ο καρκίνος εμποδίζει τη φυσιολογική λειτουργία του αίματος με την ανώμαλη διαίρεση των κυττάρων στη ροή του).

Οι όγκοι, που παραμένουν στο ίδιο σημείο και έχουν περιορισμένη ανάπτυξη θεωρούνται καλοήθεις. Οι καλοήθεις όγκοι δεν ονομάζονται καρκινικοί, δεν κάνουν μετάσταση και δεν είναι επικίνδυνοι για τη ζωή του ατόμου.

1.2 Η Μεταστατική νόσος

Μετάσταση είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για την περιγραφή της διασποράς του καρκίνου από τον πρωτοπαθή όγκο στους γύρω ιστούς και όργανα και αποτελεί την κύρια αιτία νοσηρότητας και θνησιμότητας από καρκίνο. Εκτιμάται ότι η μεταστατική νόσος οφείλεται για το 90% των θανάτων από καρκίνο. Η μετάσταση περιλαμβάνει μια σειρά διαδοχικών και αλληλένδετων βημάτων. Η μεταστατική νόσος είναι η επανεμφάνιση μιας νεοπλασίας σε όργανα ή ιστούς που δε βρίσκονται σε συνάφεια με την πρωτοπαθή εστία και αποτελεί ένα από τα πιο σοβαρά, αν όχι το πιο σοβαρό πρόβλημα της Κλινικής Ογκολογίας. Για να ολοκληρωθεί η μετάσταση, αρχικά πρέπει τα καρκινικά κύτταρα να αποκολληθούν από τον πρωτοπαθή κακοήγη όγκο, να εισχωρήσουν στο κυκλοφορικό και λεμφικό σύστημα και να εισβάλλουν σε απομακρυσμένα όργανα και ιστούς, όπου και πολλαπλασιάζονται. Έτσι λοιπόν, η μετανάστευση σε άλλους ιστούς και όργανα γίνεται μέσω της **αιματικής οδού**, όπου τα κακοήγη κύτταρα εισχωρούν εντός των αιμοφόρων αγγείων του οργανισμού και επιλέγουν το όργανο ή τον ιστό όπου και θα εγκατασταθούν και θα συνεχίσουν τον

ταχύτατο πολλαπλασιασμό τους, δημιουργώντας μια νέα ιστική μάζα που ονομάζεται **δευτεροπαθή εντόπιση**. Επίσης, η μετάσταση μπορεί να γίνει μέσω της **λεμφικής οδού**, όπου τα κακοήθη κύτταρα εισχωρούν στα λεμφοφόρα αγγεία και κατευθύνονται προς τους λεμφαδένες του σώματος δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο τη **λεμφική ή λεμφογενή μετάσταση**. Τέλος, η μετάσταση μπορεί να γίνει μέσω της **διηθητικής ιδιότητας** του πρωτοπαθούς κακοήθους όγκου σε γειτονικούς ιστούς. Η ιδιότητά του να διηθεί τους γειτονικούς ιστούς περιλαμβάνει την ικανότητα να τους παραβιάζει και να εισχωρεί στο εσωτερικό τους, διαρρηγνύοντας αγγεία, νευρικές ίνες και ιστό.

Κάποιοι ασθενείς με μεταστάσεις δεν παρουσιάζουν ειδικά συμπτώματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι μεταστάσεις τους ανευρίσκονται από ακτινογραφίες ή άλλες εξετάσεις που γίνονται για διαφορετικούς σκοπούς. Όταν υπάρχουν συμπτώματα από τις μεταστάσεις, ο τύπος και η συχνότητα τους, εξαρτώνται από το μέγεθος και την εντόπιση των μεταστατικών όγκων.

1.3 Η Σταδιοποίηση του Καρκίνου

Η σταδιοποίηση του καρκίνου δηλώνει την έκταση της νόσου σε κάποια στάδια. Το στάδιο του καρκίνου κατά τη διάγνωση αποτελεί έναν παράγοντα κλειδί που προσδιορίζει την πρόγνωση και είναι ένα κρίσιμο στοιχείο που καθορίζει την απαραίτητη και κατάλληλη θεραπεία του ασθενούς. Η ακριβής σταδιοποίηση είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των θεραπειών και των κλινικών δοκιμών. Για να δοθεί η κατάλληλη θεραπεία είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί η έκταση της νόσου και η συμπεριφορά του καρκινικού όγκου, σε συνδυασμό με τους παράγοντες που σχετίζονται με τον κάθε ασθενή.

Το σύστημα σταδιοποίησης καρκίνου που χρησιμοποιείται περισσότερο κλινικά περιγράφοντας τον όγκο, το λεμφαδένα και τη μετάσταση είναι αυτό με τα αρχικά **TNM**. Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε από την Αμερικάνικη Μικτή Επιτροπή του Καρκίνου AJCC (American Joint Committee on Cancer) σε συνεργασία με την Ένωση Διεθνούς Ελέγχου του Καρκίνου UICC (Union for International Cancer Control). Αυτό το σύστημα σταδιοποίησης ταξινομεί τον καρκίνο με βάση το μέγεθος και την έκταση του πρωτοπαθούς όγκου « **T** »(από τη λέξη tumor =όγκος), την συμμετοχή περιφερειακών λεμφαδένων «**N**» (από τη λέξη node=λεμφαδένας) και την παρουσία ή την απουσία απομακρυσμένων μεταστάσεων «**M** » (από τη λέξη

metastasis=μετάσταση). Οι παράγοντες T , N , M ορίζονται από έναν αριθμό στο κάτω μέρος τους και αποτελούν ένα σύνολο κατηγοριών. Το στάδιο περιγράφει τις συνολικές πληροφορίες που προκύπτουν από τους παραπάνω παράγοντες και μπορεί να επαναπροσδιοριστεί παραπάνω από μία φορές κατά τη διάρκεια της συνεχούς αξιολόγησης και διαχείρισης της νόσου.

Πέρα από τη σταδιοποίηση, πραγματοποιείται η ιστολογική βαθμολόγηση του καρκινικού όγκου. Κάθε όγκος χαρακτηρίζεται από ένα βαθμό διαφοροποίησης που περιγράφει την ομοιότητα των κυττάρων του καρκινικού όγκου με αυτά των υγιών φυσιολογικών κυττάρων από τα οποία έχει προέλθει. Η βαθμολόγηση αυτή γίνεται κατά βαθμό Grade και αποτελεί ποιοτική αξιολόγηση του βαθμού διαφοροποίησης του καρκινικού όγκου. Ένας όγκος μπορεί να παρουσιάζει ομοιότητες με ένα φυσιολογικό υγιή ιστό. Με την ιστολογική βαθμολόγηση γίνεται γνωστό το περιεχόμενο του καρκινικού όγκου και παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τον κίνδυνο μετάστασης του καρκίνου και της πρόγνωσης. Κάθε όγκος που έχει ομοιότητες με το φυσιολογικό ιστό ανήκει στους καλά διαφοροποιημένους όγκους, ενώ ένας όγκος με λιγότερες ομοιότητες με το φυσιολογικό ιστό ανήκει στους φτωχά διαφοροποιημένους όγκους. Η φτωχή διαφοροποίηση του καρκινικού όγκου συσχετίζεται με την κακή πρόγνωση.

1.4 Καρκίνος Κεφαλής- Τραχήλου

Με τον όρο καρκίνος κεφαλής και τραχήλου εννοούμε τους κακοήθεις όγκους που αναπτύσσονται στα οστά των γνάθων, στη στοματική και ρινική κοιλότητα, στο φάρυγγα, το λάρυγγα και τους παραρρινίους κόλπους. Οι όγκοι αυτοί εκτός από τον καρκίνο του ρινοφάρυγγα εξετάζονται μαζί, γιατί έχουν τον ίδιο ιστολογικό τύπο και κοινή βιολογική συμπεριφορά .Λόγω τοπογραφικής γειτνίασης συνεξετάζονται και οι όγκοι του θυρεοειδούς, καθώς και οι όγκοι των σιελογόνων αδένων παρόλο που έχουν διαφορετική ιστολογία και τελείως διαφορετική κλινική πορεία.

Τα καρκινώματα κεφαλής και του τραχήλου είναι δυνητικά πολύ επικίνδυνα, λόγω της εγγύτητάς τους με τον εγκέφαλο. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο η έγκαιρη ανίχνευσή τους είναι κρίσιμη, επομένως είναι εξαιρετικά σημαντικό να γνωρίζουμε τα συμπτώματά τους, ειδικά αν κάποιος ασθενής ανήκει σε μια υψηλή ομάδα κινδύνου ή αν υπάρχει ήδη καρκίνος κάπου αλλού όπου θα μπορούσε να κάνει μετάσταση στο κεφάλι ή το λαιμό.

Η συμπτωματολογία του καρκίνου της κεφαλής-τραχήλου είναι σχετικά ήπια στην αρχή και είναι παρόμοια με αυτά ήπιων ζητημάτων υγείας, όπως το κρυολόγημα, η αλλεργία, η ουλίτιδα κ.λπ. Αυτός είναι και ο λόγος που οι ασθενείς καθυστερούν να επισκεφθούν το γιατρό και που διαγιγνώσκεται η νόσος σε αρκετά μεταγενέστερο στάδιο. Τα συχνότερα συμπτώματα είναι ο πόνος, η βραχνάδα, τα προβλήματα ομιλίας και κατάποσης και αναπνευστικά προβλήματα.

Οι κύριοι προδιαθεσικοί παράγοντες περιλαμβάνουν το κάπνισμα και γενικά τη χρήση προϊόντων καπνού, καθώς και την έντονη κατανάλωση αλκοόλης. Ένας άλλος παράγοντας κινδύνου ανάπτυξης καρκίνου είναι η μόλυνση από τον ιό ανθρωπίνου θηλώματος (HPV) . Ο ιός HPV μπορεί να προκαλέσει λοίμωξη με συνέπεια να οδηγήσει τον ασθενή στην ανάπτυξη καρκίνου, όταν ο ίδιος του ο οργανισμός δεν καταφέρει να την εξαλείψει. Επιπρόσθετα, οι έρευνες δείχνουν ότι το ιστορικό έκθεσης σε ακτινοβολία αυξάνει σημαντικά τις πιθανότητες ενός ατόμου να αναπτύξει την ασθένεια, όπως επίσης και η έκθεση σε σκόνη από ξύλο ,νικέλιο και χημικές ουσίες. Σημαντικό παράγοντα για τον καρκίνο του θυρεοειδούς αδένος αποτελεί το οικογενειακό ιστορικό και η υπερβολική ή η ελλιπής πρόσληψη ιωδίου σε τροφές.

Οι συχνότερες εντοπίσεις των καρκίνων της κεφαλής και του τραχήλου είναι στο στόμα και στο στοματοφάρυγγα, ενώ περίπου το 1/3 αφορά το λάρυγγα. Τα στοιχεία για τους άλλους όγκους της ομάδας αυτής δεν είναι και τόσο σαφή. Τα καρκινώματα κεφαλής και τραχήλου προσβάλλουν συνήθως άνδρες μέσης και μεγάλης ηλικίας. Παλαιότερα, η συχνότητα προσβολής ανδρών προς γυναικών ήταν 15 προς 1 αντίστοιχα, ενώ τα τελευταία χρόνια τείνει να γίνει 5 προς 1. Αυτό αντανακλά την ευρεία διάδοση του καπνίσματος μεταξύ των γυναικών. Το ρινοφαρυγγικό καρκίνωμα είναι συχνότερο στην Άπω Ανατολή και στη λεκάνη της Μεσογείου. Η συχνότητα προσβολής ανδρών προς γυναικών είναι 2 προς 2,1 αντίστοιχως.

2. Ακτινοθεραπεία

Η ακτινοθεραπεία είναι η επιστήμη, της οποίας το αντικείμενο αποτελεί η θεραπεία του καρκίνου με τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Η ακτινοθεραπεία ως θεραπευτική μέθοδος εμφανίζει υψηλά ποσοστά επιτυχίας συγκριτικά με άλλα είδη θεραπειών και ανήκει στη δεύτερη περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδο θεραπείας του καρκίνου με πρώτη αυτή της χειρουργικής επεμβάσεως.

Η ακτινοβολία που χρησιμοποιείται στην ακτινοθεραπεία είναι η υψηλής ενέργειας ιονίζουσα ή ιοντίζουσα ακτινοβολία. Έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των καρκινικών κυττάρων, τη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης και πολλαπλασιασμού τους ή ακόμη και την ολοκληρωτική καταστροφή τους καταλήγοντας στον κυτταρικό θάνατό τους. Μετά το πέρας ημερών ή εβδομάδων θεραπείας το DNA θα έχει υποστεί ζημιά αρκετή, ώστε τα καρκινικά κύτταρα να πεθάνουν. Η ιοντίζουσα ακτινοβολία βλάπτει και τα υγιή κύτταρα κατά τη διαδικασία της θεραπείας, καθώς συχνά συνορεύουν με τα παθολογικά κύτταρα είτε αυτά είναι καλοήγη είτε κακοήγη. Η καταστροφή των καρκινικών κυττάρων είναι αναστρέψιμη σε αντίθεση με αυτή των υγιών φυσιολογικών κυττάρων, προσφέροντας στον ασθενή ίαση, μεγαλύτερη επιβίωση και καλύτερη ποιότητα ζωής.

2.1 Σκοπός της Ακτινοθεραπείας

Ο σκοπός της ακτινοθεραπείας είναι η καταστροφή του καρκινικού όγκου, χωρίς να δημιουργηθεί κάποια βλάβη στους υγιείς ιστούς. Τα φυσιολογικά υγιή κύτταρα γύρω ή κοντά από τη νεοπλασματική περιοχή επηρεάζονται από την ακτινοβολία, όπως προαναφέρθηκε, αλλά μπορούν να αναπλαστούν σε αντίθεση με τα καρκινικά. Στόχος της είναι η συρρίκνωση του όγκου πριν πραγματοποιηθεί η χειρουργική αφαίρεσή του και η ολοκληρωτική καταστροφή των τυχόν εναπομεινάντων καρκινικών κυττάρων μετά την χειρουργική επέμβαση.

Κύριος σκοπός της ακτινοθεραπείας θεωρείται η εναπόθεση της μέγιστης δυνατής δόσης ακτινοβολίας υψηλών ενεργειών στον όγκο – στόχο, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη πιθανότητα ελέγχου και αναστολής της ανάπτυξης των καρκινικών κυττάρων, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να περιοριστεί η βλάβη των ακτινοβολουμένων μη καρκινικών ιστών και οργάνων σε αποδεκτό επίπεδο. Ουσιαστικά χρειάζεται, οι καρκινικοί ιστοί να δεχτούν τη μέγιστη δυνατή δόση

ακτινοβολίας, ενώ οι υγιείς την ελάχιστη δυνατή δόση για τον τοπικό έλεγχο της νόσου.

Με την πάροδο του χρόνου και την πορεία της τεχνολογίας οι τεχνικές και οι μέθοδοι της ακτινοθεραπείας εξελίχθηκαν και βελτιώθηκαν σημαντικά περιορίζοντας τη βλάβη που προκαλούσε η ακτινοβολία στους γειτονικούς υγιείς ιστούς προστατεύοντάς τους και προσφέροντας στον ασθενή την ίαση ή τον έλεγχο του καρκίνου.

2.2 Οι τεχνικές της ακτινοθεραπείας

Η χορήγηση της ακτινοθεραπείας, με στόχο την ακτινοβόληση του καρκινικού όγκου, γίνεται με δύο τρόπους είτε με τη χρήση εξωτερικής είτε με τη χρήση εσωτερικής δέσμης ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Η επιλογή της θεραπείας που θα ακολουθήσει για κάθε ασθενή, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως:

- ο τύπος του καρκίνου
- το μέγεθος του όγκου
- η θέση του όγκου στο σώμα
- πόσο κοντά βρίσκεται ο όγκος σε φυσιολογικούς ιστούς που είναι ευαίσθητοι στην ακτινοβολία
- το γενικό ιατρικό ιστορικό του ασθενούς
- άλλοι τύποι θεραπείας του καρκίνου
- άλλοι παράγοντες, όπως η ηλικία του ασθενούς και άλλες ιατρικές καταστάσεις

2.3 Εξωτερική ακτινοθεραπεία

Η εξωτερική ακτινοθεραπεία ή αλλιώς τηλεθεραπεία, είναι η τεχνική όπου εξωτερικές δέσμες ακτινοβολίας στοχεύουν την πάσχουσα περιοχή του ασθενούς με στόχο τη θεραπεία της. Η εξωτερική δέσμη ακτινοβολίας προέρχεται από ένα ιατρικό μηχάνημα σύγχρονης τεχνολογίας, τον γραμμικό επιταχυντή. Ο γραμμικός επιταχυντής παράγει υψηλής ενέργειας ακτίνες-X(φωτόνια), δέσμες ηλεκτρονίων (β-σωματίδια) και πρωτονίων, δηλαδή ιοντίζουσα ακτινοβολία. Η ακτινοθεραπεία διεξάγεται με τη χρήση των δεσμών ακτίνων-X και των δεσμών ηλεκτρονίων υψηλής

ενέργειας συχνότερα σε αντίθεση με τη χρήση των πρωτονίων, καθώς πραγματοποιείται σε εξειδικευμένα κέντρα. Η τηλεθεραπεία με δέσμες ακτινών-Χ χρησιμοποιείται για τους μη επιφανειακούς όγκους λόγω της διεισδυτικότητας των φωτονίων, ενώ για τους επιφανειακούς όγκους χρησιμοποιούνται οι δέσμες ηλεκτρονίων, καθώς διανύουν μικρότερες αποστάσεις προστατεύοντας έτσι τους βαθύτερα υγιείς ιστούς. Το μηχάνημα αυτό δεν ακουμπά τον ασθενή, παρά μόνο κινείται γύρω από αυτόν, στέλνοντας ακτινοβολία από πολλές κατευθύνσεις. Η εξωτερική ακτινοθεραπεία είναι μια τοπική θεραπεία, που σημαίνει ότι αντιμετωπίζει ένα συγκεκριμένο τμήμα του σώματος του ασθενούς, δίχως να ακτινοβολείται το υπόλοιπο σώμα. Η τεχνική αυτή αποτελεί τη συνηθέστερη θεραπεία ιοντίζουσας ακτινοβολίας από τη δεκαετία του '70, όπου και ξεκίνησε η χρήση γραμμικού επιταχυντή έως σήμερα.

Επίσης, η εξωτερική ακτινοθεραπεία, εκτός από τον γραμμικό επιταχυντή, διεξάγεται και με έναν άλλο τρόπο. Η εξωτερική δέσμη ιοντίζουσας ακτινοβολίας παράγεται επιπλέον και από ραδιενεργές πηγές γ-ακτινοβολίας. Τη δεκαετία του '30 οι Πιέρ και Μαρί Κιουρί ανακάλυψαν το ράδιο για την αντιμετώπιση των καρκινικών κυττάρων και δεκαετίες αργότερα αυτό αντικαταστάθηκε από άλλα ραδιονουκλίδια, όπως το κοβάλτιο (^{60}Co), καθώς η ραδιενέργειά του ήταν πολύ υψηλή. Σήμερα, σε ορισμένα κέντρα συνεχίζεται ακόμη η ακτινοθεραπεία με τη χρήση ραδιενεργών πηγών γ-ακτινοβολίας παρ'όλο που αντικαταστάθηκαν από τους γραμμικούς επιταχυντές.

Οι τεχνικές της εξωτερικής ακτινοθεραπείας είναι οι εξής:

- η Συμβατική Δισδιάστατη (2D), που χρησιμοποιείται περισσότερο ως παρηγορητική θεραπεία και μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με τη χρήση μηχανημάτων κοβαλτίου είτε με τη χρήση γραμμικών επιταχυντών χαμηλής ενέργειας. Αποτελεί παρηγορητική θεραπεία, καθώς αμβλύνει τα συμπτώματα του καρκίνου χωρίς να τον θεραπεύει. Αυτό συμβαίνει επειδή χρησιμοποιείται ακτινοβολία χαμηλής εντάσεως, λόγω του ότι επηρεάζεται ένα μεγάλο τμήμα υγιών ιστών πέρα από τον όγκο-στόχο.
- η Σύμμορφη Τρισδιάστατη (3D-CONFORMAL RT), που είναι κατάλληλη για όλους του όγκους και η ακτινοβολήση γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια, καθώς χρησιμοποιούνται τρισδιάστατες εικόνες από την αξονική τομογραφία.

Τα πεδία ακτινοβολίας διαμορφώνονται με βάση το ακριβές σχήμα και μέγεθος του όγκου, με αποτέλεσμα την αύξηση της ακρίβειας και τη μείωση της δόσης στους υγιείς ιστούς. Επίσης, μελετώνται τα Ιστογράμματα Δόσης-Όγκου, ειδικά διαγράμματα με τα οποία γίνεται γνωστή η ακριβής δόση που θα λάβει το κάθε ποσοστό του όγκου-στόχου και των υγιών φυσιολογικών κυττάρων.

- η Διαμορφούμενης Έντασης (IMRT), που αποτελεί προηγμένη τεχνική με λιγότερη ακτινοβολία των υγιών φυσιολογικών ιστών. Αυτό συμβαίνει, καθώς η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί ηλεκτρονικό υπολογιστή που έχει τη δυνατότητα να κατευθύνει τα κινούμενα μολύβδινα φύλλα του γραμμικού επιταχυντή κατά τη διάρκεια της ακτινοβολίας. Τα φύλλα αυτά παίρνουν το σχήμα του όγκου –στόχου σε κάθε γωνία και είναι ανοιχτά περισσότερο χρόνο στο πεδίο ακτινοβολίας που κοιτάζουν τον όγκο και λιγότερο χρόνο τους φυσιολογικούς ιστούς. Έτσι λοιπόν πρόκειται για μια διαφορούμενη ένταση και διαμόρφωση των πεδίων ακτινοβολίας. Σύμφωνα με κλινικές μελέτες, η IMRT έχει καλύτερα θεραπευτικά αποτελέσματα σε μεγάλο ποσοστό σε όγκους κεφαλής και τραχήλου.
- η Απεικονιστικά Καθοδηγούμενη (IGRT), που είναι κατάλληλη για όλους τους όγκους και αποτελεί την τεχνική παρακολούθησης της θέσεως του όγκου αλλά και του ασθενούς, καθώς γίνεται δυνατή η απεικόνιση τους σε πραγματικό χρόνο πριν ακριβώς τη συνεδρία που πρόκειται να ακολουθήσει. Με την τεχνική αυτή αυξάνεται η ακρίβεια της ακτινοθεραπείας, καθώς σε περίπτωση αλλαγής της θέσης, του μεγέθους και του σχήματος του όγκου ,όπως σε όγκους κεφαλής-τραχήλου, αυτός στοχεύεται και ακτινοβολείται και μειώνεται η πιθανότητα σφάλματος λόγω πιθανής κίνησης του ίδιου του ασθενούς. Η IGRT έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της πιθανότητας υποδοσιασμού του όγκου ή του υπερδοσιασμού των υγιών ιστών με λιγότερες παρενέργειες.
- η Στερεοτακτική, με χαρακτηριστικό τις μεγάλες ημερήσιες δόσεις, η οποία χωρίζεται στην Ακτινοχειρουργική (SRS) με ακτινοβολία όγκων ενδοκρανιακά σε μια μόνο συνεδρία και στην Εξωκρανιακή Ακτινοθεραπεία (SBRT), μία μη επεμβατική τεχνική εκτός κρανίου σε περισσότερες συνεδρίες και πραγματοποιείται με εξειδικευμένους επιταχυντές αποτελώντας εναλλακτική μέθοδο της χειρουργικής επέμβασης.

- η Ογκομετρικά Διαμορφούμενη Τοξοειδής Ακτινοθεραπεία (VMAT), όπου αποτελεί προηγμένη μορφή της Διαμορφούμενης Έντασης με ακτινοβολία υψηλής ακρίβειας περιορίζοντας την ακτινοβολία των υγιών ιστών, πραγματοποιείται σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα και επιτυγχάνει τον καλό έλεγχο του καρκίνου. Η VMAT χρησιμοποιεί ειδικό λογισμικό που πραγματοποιεί θεραπείες έως οχτώ φορές ταχύτερα από εκείνες με την τεχνική IMRT. Μπορεί να χορηγήσει μόνο σε μια ενιαία περιστροφή τη δόση σε ολόκληρο τον όγκο σε λιγότερο από δύο λεπτά, γεγονός που προσδίδει μεγάλα οφέλη στον ίδιο τον ασθενή, δίδεται περισσότερη διαθέσιμη ώρα για την ακρίβεια της τοποθέτησης βελτιώνοντας την ποιότητα της θεραπείας όπως επίσης παρέχει τη δυνατότητα θεραπείας περισσότερων ασθενών.
- η Ακτινοθεραπεία με Βαριά Φορτισμένα Σωματίδια, όπως είναι τα πρωτόνια ή τα ιόντα άνθρακα με περιορισμένη, ελάχιστη ακτινοβολία των παρακείμενων υγιών ιστών. Η ακτινοβολία γίνεται με εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια και η θεραπεία αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε παιδιά αλλά και σε περιπτώσεις ασθενών όπου ο όγκος βρίσκεται αρκετά κοντά σε ευαίσθητα όργανα που είναι απαραίτητο να προστατευτούν.



2.4 Εσωτερική Ακτινοθεραπεία

Η εσωτερική ακτινοθεραπεία ή αλλιώς βραχυθεραπεία, είναι η τεχνική κατά την οποία ραδιενεργές πηγές τοποθετούνται εσωτερικά ή εξωτερικά του όγκου μέσω χειρουργικής εμφύτευσης. Έτσι λοιπόν, μια πηγή ακτινοβολίας τοποθετείται στο σώμα του ασθενούς ενδοκοιλιακά, ενδοϊστικά ή σε επαφή με τον όγκο, με σκοπό την ακτινοβολία του καρκινικού όγκου και την ελάχιστη ακτινοβολία των υγιών ιστών ή οργάνων που χρειάζεται να προστατευτούν. Όπως και η εξωτερική ακτινοθεραπεία, η βραχυθεραπεία είναι μια τοπική θεραπεία και αντιμετωπίζει μόνο

ένα συγκεκριμένο μέρος του σώματος. Η βραχυθεραπεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τις ανάγκες περαιτέρω ακτινοβολήσης του όγκου που έχει ήδη ακτινοβοληθεί με τεχνική εξωτερικής ακτινοθεραπείας και για τις ανάγκες αποφυγής τυχόν υποτροπής. Η εσωτερική αυτή θεραπεία αποτελεί βασική μέθοδο ακτινοθεραπείας από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα έως σήμερα.

Η τοποθέτηση της πηγής ,που πρόκειται να εμφυτευτεί , πραγματοποιείται με ειδικούς υποδοχείς σωλήνων εντός του όγκου ή των κοιλοτήτων με γενική ή τοπική νάρκωση του ασθενούς. Η πηγή ακτινοβολίας μπορεί να είναι σε στερεή ή υγρή μορφή και εμφυτεύεται είτε προσωρινά στον ασθενή είτε μόνιμα. Στην περίπτωση των προσωρινών εμφυτευμάτων, το ραδιονουκλίδιο που συχνά χρησιμοποιείται είναι το ιρίδιο (192 Ir) και παραμένει για λίγα λεπτά στο εσωτερικό του ασθενούς. Στην περίπτωση των μόνιμων εμφυτευμάτων, το ραδιονουκλίδιο που συχνά εμφυτεύεται είναι το ιώδιο (125 I) υπό τη μορφή κόκκων που ακτινοβολούν τον όγκο.

Η βραχυθεραπεία σε περιπτώσεις ασθενών με όγκο κεφαλής–τραχήλου χορηγείται:

- στην περιοχή των ματιών,
- στα χείλη,
- στο στόμα,
- στη γλώσσα,
- στο ρινοφάρυγγα,
- και στο στοματοφάρυγγα,

ενώ όσον αφορά περιπτώσεις ασθενών με όγκους στο υπόλοιπο σώμα, αυτή πραγματοποιείται:

- στον προστάτη, όπου αποτελεί συχνή θεραπεία,
- στο μαστό,
- στον πνεύμονα,
- σε γυναικολογικούς καρκίνους,
- σε καρκίνο του δέρματος,
- στον οισοφάγο,
- στη χοληδόχο κύστη,
- στο ορθό.

3. Η Διαδικασία της Ακτινοθεραπείας

Η διαδικασία της ακτινοθεραπείας αποτελείται από κάποια στάδια. Αφού διαγνωστεί η νόσος του καρκίνου και έχει πραγματοποιηθεί η σταδιοποίησή της, ο ασθενής επισκέπτεται τον ογκολόγο γιατρό και ακτινοθεραπευτή για την επεξήγηση όλων όσων πρόκειται να ακολουθήσουν. Προκειμένου να σχεδιαστεί η θεραπεία του ασθενούς χρειάζεται να χαρτογραφηθεί η περιοχή της θεραπείας που πρόκειται να ακτινοβοληθεί και να γίνει ο υπολογισμός της δόσης ακτινοβολίας που θα εκλάβει ο ασθενής στην περιοχή του όγκου-στόχου, αλλά και των παρακείμενων φυσιολογικών υγιών ιστών ή οργάνων που είναι απαραίτητο να προστατευτούν. Για το λόγο αυτό χρειάζεται να γίνει μια ειδική αξονική τομογραφία, η οποία καλείται αξονική τομογραφία σχεδιασμού(CT Simulation). Αυτή πραγματοποιείται σε ειδικό αξονικό τομογράφο, τον εξομοιωτή, που διαφέρει με τον απλό διαγνωστικό αξονικό, ο οποίος διαθέτει έναν υπερσύγχρονο σαρωτή που μπορεί να δώσει εικόνες κάθε καμπύλης και γωνίας του σώματος του ασθενούς και ο όγκος που επρόκειτο να ακτινοβοληθεί περιγράφεται με ακρίβεια στη σάρωση. Με τα δεδομένα και τις πληροφορίες της αξονικής σχεδιασμού δημιουργείται έτσι ένα ηλεκτρονικό εκμαγείο του ασθενούς.

Για να ξεκινήσει η διαδικασία της εξομοίωσης, όπως καλείται, είναι απαραίτητο ο ασθενής να τοποθετηθεί σε μια συγκεκριμένη θέση, στην οποία και ακινητοποιείται με τη βοήθεια των τεχνολόγων ακτινοθεραπείας χρησιμοποιώντας ειδικές συσκευές και μεθόδους, η οποία θα επαναλαμβάνεται σε κάθε συνεδρία ακτινοθεραπείας. Η θέση αυτή καλείται θέση θεραπείας του ασθενούς, καθώς είναι η θέση όπου ο ασθενής είναι απαραίτητο να παίρνει σε κάθε συνεδρία ακτινοβολίας επιτρέποντας την πιστή αναπαραγωγή της. Αφού ολοκληρωθεί η εξομοίωση ακολουθεί ο σχεδιασμός του πλάνου θεραπείας, χωρίς αυτή τη φορά την παρουσία του ασθενούς.

Ουσιαστικά ο σχεδιασμός του πλάνου θεραπείας μεσολαβεί ανάμεσα στη διαδικασία της εξομοίωσης και της θεραπείας και αποτελεί μια σημαντικά κρίσιμη φάση της ακτινοθεραπείας. Αρχικά, ο γιατρός ακτινοθεραπευτής επισημαίνει την περιοχή του όγκου και τις γύρω περιοχές που χρειάζεται να προστατευτούν από την ακτινοβολία, σχεδιάζοντάς τες με απόλυτη ακρίβεια σύμφωνα με το ηλεκτρονικό υλικό του εξομοιωτή στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Έπειτα, ο ακτινοφυσικός είναι εκείνος που ολοκληρώνει το πλάνο θεραπείας με τη βοήθεια ενός συστήματος σχεδιασμού με τρισδιάστατη απεικόνιση του όγκου-στόχου, αλλά και των υγιών

ιστών και οργάνων. Ο ακτινοφυσικός σύμφωνα με τις επισημάνσεις του γιατρού προχωρά στον σχεδιασμό των δεσμών ακτινοβολίας, υπολογίζει το σχήμα και τις γωνίες τους και έπειτα υπολογίζει και ελέγχει τη δόση ακτινοβολίας.

Το πλάνο θεραπείας αποτελείται από στατιστικά δεδομένα για το που ακριβώς πηγαίνει η δόση της ακτινοβολίας και πως κατανέμεται αυτή στο σώμα του ασθενούς. Ο ογκολόγος ακτινοθεραπευτής, έπειτα, εγκρίνει το πλάνο θεραπείας που έχει σχεδιαστεί από τον ακτινοφυσικό και έτσι ολοκληρώνεται η φάση του σχεδιασμού. Στη συνέχεια, ο ασθενής περνά στην επόμενη φάση της ακτινοθεραπείας, τη δεύτερη φάση της εξομοίωσης. Η φάση αυτή ολοκληρώνεται για ακόμη μια φορά στον χώρο του αξονικού σχεδιασμού (CT Simulator) και πραγματοποιείται έπειτα από την πρώτη φάση της εξομοίωσης σε μικρό χρονικό διάστημα λίγων ημερών. Ο ασθενής τοποθετείται στη θέση θεραπείας του με τον αντίστοιχο τρόπο που είχε ξαπλώσει στην αρχική φάση εν παρουσία του γιατρού ακτινοθεραπευτή του, του ακτινοφυσικού και των τεχνολόγων ακτινοθεραπείας. Οι τεχνολόγοι ακτινοθεραπείας τοποθετούν τον ασθενή σε θέση θεραπείας με ακρίβεια, μέσω των λέιζερ που διαθέτει ο αξονικός τομογράφος, των μεθόδων και των συσκευών ακινητοποίησης που είχαν χρησιμοποιήσει και των σημαδιών στο σώμα του ασθενούς που είχαν σχεδιάσει στη φάση της αξονικής σχεδιασμού.

Η διαδικασία αυτή προσφέρει την αξιοπιστία του πλάνου θεραπείας επαληθεύοντας τα πεδία ακτινοβόλησης, που έχουν σχεδιαστεί με βάση την αξονική τομογραφία σχεδιασμού, με μια επιπλέον λήψη αξονικής τομογραφίας. Ουσιαστικά γίνεται η αναπαράσταση της θεραπείας του ασθενούς, ώστε να ελεγχθούν το πλάνο θεραπείας και οι υπόλοιποι παράμετροι με στόχο την επιβεβαίωση της θέσης θεραπείας σε σχέση με το πλάνο. Αφού ολοκληρωθεί και η φάση αυτή, γίνεται η μεταφορά των δεδομένων της θεραπείας στο μηχάνημα που πρόκειται ο ασθενής να λάβει τη θεραπεία του.

Τέλος, ο ασθενής εισέρχεται στο χώρο του γραμμικού επιταχυντή για να λάβει τη θεραπεία του που διαρκεί συνολικά γύρω στα δεκαπέντε λεπτά, ενώ η ενεργός θεραπεία διαρκεί σε κάθε συνεδρία περίπου δύο με τρία λεπτά, καθώς ο υπόλοιπος χρόνος αναλώνεται κατά την προετοιμασία. Οι τεχνολόγοι ακτινοθεραπείας τοποθετούν τον ασθενή στη θέση θεραπείας του, όπως ακριβώς στην εξομοίωση, με τη βοήθεια των επιτοίχιων λέιζερ πριν από κάθε συνεδρία και ξεκινούν την

ακτινοβόληση. Κατά τη διάρκεια της θεραπείας εκείνοι παρακολουθούν τον ασθενή μέσω μικροφώνων και κάμερας. Η ακτινοθεραπεία χορηγείται πέντε φορές την εβδομάδα, συνεπώς οι συνεδρίες του ασθενούς είναι καθημερινές, και διαρκεί συνήθως 4-7 εβδομάδες, αναλόγως εάν έχει συνδυαστεί με άλλες θεραπείες ή όχι.

3.1 Διαδικασία εξομοίωσης και ακινητοποίησης ασθενούς

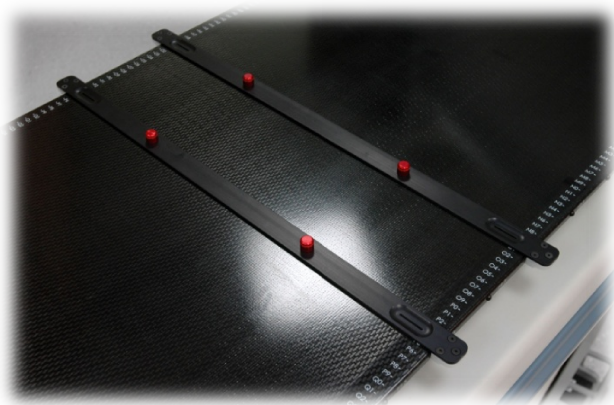
Ο αξονικός τομογράφος έγινε διαθέσιμος για την ακτινοθεραπεία τη δεκαετία του '70, όπου και άρχισε με ταχύς ρυθμούς να αναγνωρίζεται η αξία του για τον σχεδιασμό του πλάνου θεραπείας. Για να καλυφθούν οι ανάγκες της ακτινοθεραπείας χρειάστηκαν πολλά χρόνια για την ανάπτυξη του απλού διαγνωστικού αξονικού σε εξομοιωτή. Υπέστη αρκετές απαραίτητες τροποποιήσεις και αναπτύχθηκε ειδικό λογισμικό για τη δυνατότητα εκτέλεσης της αναπαράστασης της θεραπείας. Σήμερα, χρησιμοποιείται ένας σύγχρονος εξομοιωτής που επιτρέπει την πλήρη τρισδιάστατη απεικόνιση του όγκου-στόχου για την οπτικοποίηση της ανατομίας της ενδιαφερόμενης περιοχής και για το σχεδιασμό του πλάνου θεραπείας του ασθενούς. Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του αποτελούν η γρήγορη σάρωση και η καλύτερη ποιοτική απεικόνιση των ιστών ή οργάνων και όλων των απαραίτητων τμημάτων του σώματος.

Μέσω της εξομοίωσης καθορίζεται η θέση θεραπείας του ασθενούς που χρειάζεται να είναι ακριβώς ίδια σε κάθε συνεδρία ακτινοθεραπείας. Η θέση θεραπείας διαφέρει για κάθε ασθενή και εξαρτάται από την περιοχή που χρήζει θεραπείας. Είναι σημαντικό η θέση θεραπείας να προσφέρει άνεση στον ασθενή, ώστε να μπορεί να επαναλαμβάνεται με ευκολία. Για την πιστή αναπαραγωγή της θέσης θεραπείας και για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας της εισόδου των δεσμών της ακτινοβολίας σύμφωνα με το σχεδιασμό θεραπείας, είναι απαραίτητη η ακινητοποίηση του ασθενούς. Η ακινητοποίηση του ασθενούς πραγματοποιείται στο χώρο του εξομοιωτή και ολοκληρώνεται με διάφορα μέσα, έτσι ώστε να είναι δυνατή η επαναληψιμότητα της τοποθέτησής του.

3.2 Βασικά συστήματα ακινητοποίησης

Τα συστήματα ακινητοποίησης είναι συσκευές και μέθοδοι ακινητοποίησης και σταθεροποίησης ασθενών στην ακτινοθεραπεία. Ο στόχος των συστημάτων ακινητοποίησης είναι να μειωθεί η αβεβαιότητα τοποθέτησης από την κίνηση του ασθενούς κατά τη διάρκεια της ακτινοθεραπευτικής συνεδρίας και της λανθασμένης τοποθέτησης, όπως επίσης να αυξηθεί η επαναληψιμότητα της τοποθέτησης του ασθενούς. Χρειάζεται να καθοριστεί η ακριβής θέση και η στάση που θα έχει ο ασθενής πάνω στο εξειδικευμένο κρεβάτι που θα ξαπλώνει για να παίρνει τη θεραπεία του με συγκεκριμένα συστήματα ακινητοποίησης. Τα συστήματα ακινητοποίησης είναι απαραίτητο να είναι εύκολα και ελαφριά στη χρήση τους για ευκολία εγκατάστασης και μεταφοράς, να μην καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο κατά την αποθήκευσή τους, ισχυρά και ανθεκτικά στην κάμψη και στην παραμόρφωση, αλλά συνάμα να είναι εύκολη η κατασκευή τους. Επιπλέον, θα πρέπει οι συσκευές να είναι κατασκευασμένες από υλικά που να μειώνουν την παραγωγή αντικειμένων απεικόνισης που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την απεικόνιση της ανατομίας του ασθενούς (ψευδοεικόνες) και να παρέχουν άνεση στον ασθενή.

Σε πρώτη ανάγνωση, ο ασθενής τοποθετείται στο εξειδικευμένο κρεβάτι και ξαπλώνει είτε σε ύπτια θέση είτε σε πρηνή θέση. Η θέση θεραπείας εκτός από την ανατομική περιοχή, εξαρτάται και από τον κάθε ασθενή κάθε φορά, εάν δηλαδή έχει προηγηθεί κάποια επέμβαση ή δε μπορεί να συνεργαστεί για κάποιο άλλο λόγο. Ο ασθενής αφού ξαπλώσει, χρειάζεται να βρίσκεται σε χαλάρωση, να έχει ήρεμη αναπνοή και να αισθάνεται άνετα. Για την άνεση του ασθενούς υπάρχει ποικιλία απλών διαθέσιμων συσκευών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Το εξειδικευμένο κρεβάτι αποτελείται από υποδοχές τέτοιες, ώστε να γίνεται η τοποθέτηση και η σταθεροποίηση της **μπάρας ακινητοποίησης**. Η μπάρα ακινητοποίησης είναι μια μεταλλική ράβδος, όπου αποτελείται από προεξοχές και κουμπώνει στο εξειδικευμένο κρεβάτι. Προεξοχές έχει και στο επάνω μέρος της, χρήσιμες για την τοποθέτηση και την σταθεροποίηση της **βάσης ακινητοποίησης**. Η βάση ακινητοποίησης είναι η βάση στην οποία εφαρμόζει το σύστημα ακινητοποίησης, η οποία αποτελείται από ανθεκτικό υλικό, είναι ελαφριά και παραμένει άκαμπτη.

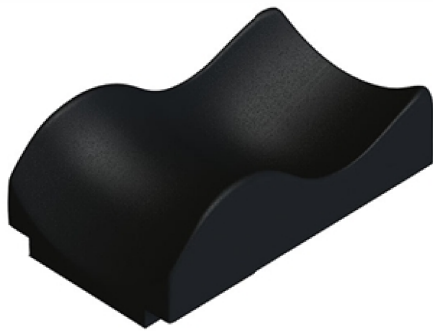
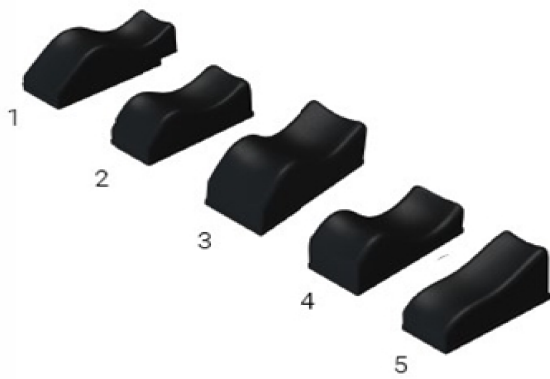


Μπάρα Ακινητοποίησης



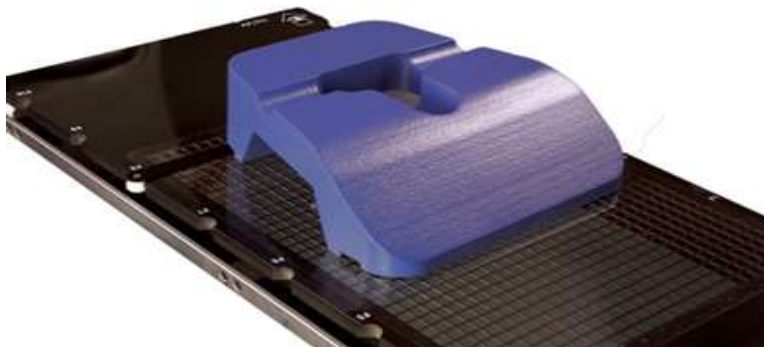
Βάση Ακινητοποίησης

Στις βάσεις ακινητοποίησης τοποθετούνται ειδικά μαξιλάρια για την κεφαλή του ασθενούς. Σε ασθενείς που υποβάλλονται σε θεραπεία σε ύπτια θέση, χρησιμοποιείται πολύ συχνά ένα μαξιλάρι για την ανύψωση της κεφαλής του ασθενούς και για την μείωση της πίεσης στον αυχένα. Τα διατίθενται σε διάφορα σχήματα, μεγέθη και υλικά. Κατασκευαστές προσφέρουν στην αγορά προσαρμόσιμα μαξιλάρια κεφαλής, που μπορούν να διαμορφωθούν στο περίγραμμα της κεφαλής του ασθενούς. Τα μαξιλάρια είναι επαναχρησιμοποιήσιμα και μπορούν να καθαριστούν για κάθε χρήση.



Μαξιλάρια Κεφαλής

Σε ασθενείς που υποβάλλονται σε θεραπεία σε πρηνή θέση, χρησιμοποιούνται μαξιλάρια ειδικά ώστε να εξασφαλίζεται η άνεση του ασθενούς. Ο ασθενής τοποθετεί το πρόσωπό του στο κενό του μαξιλαριού έχοντας το οπτικό του πεδίο ανοιχτό.



Μαξιλάρι πρηνής θέσεως

Σε ασθενή με ύπτια θέση τοποθετείται ένα στήριγμα κάτω από τα γόνατα του ασθενούς που βοηθά στη μείωση του στρες στην πλάτη. Το στήριγμα γόνατος μπορεί να είναι μια σφήνα, ένα ρολό ή ένα ειδικά κατασκευασμένο υποπόδιο. Το παρακάτω υποπόδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα κι αν ο ασθενής βρίσκεται σε πρηνή θέση.



Υποπόδιο στήριγμα γόνατος

Για την επιπλέον άνεση του ασθενούς χρησιμοποιούνται δακτύλιοι που μπορεί να κρατά ο ασθενής. Για την τοποθέτηση των χεριών προς τα κάτω ,ώστε να απομακρυνθούν οι ώμοι του ασθενούς από την περιοχή ,χρησιμοποιούνται λάστιχα με ειδική λαβή για καλύτερη τοποθέτηση ,όπως επίσης και ένας απλός ιμάντας μπορεί να φανεί χρήσιμος στην απομάκρυνση των ώμων έξω από τα πεδία θεραπείας.



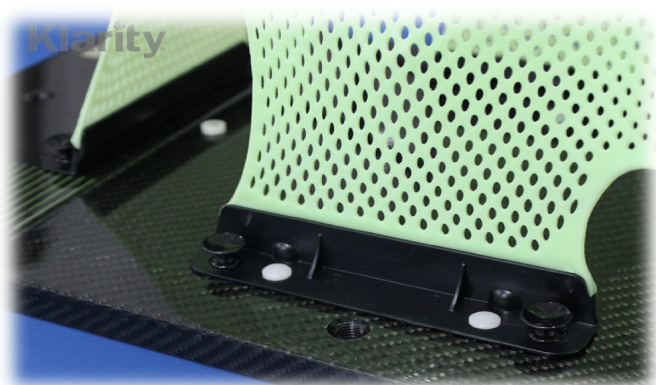
Δακτύλιος για τα χέρια



Λάστιχα για την απομάκρυνση των ώμων

3.3 Μάσκες ακινητοποίησης για ασθενείς με καρκίνο κεφαλής –τραχήλου

Η επαρκής ακινητοποίηση είναι σημαντικά κρίσιμη στη θεραπεία του καρκίνου κεφαλής-τραχήλου, καθότι ο όγκος στόχος βρίσκεται συχνά κοντά σε κρίσιμες δομές. Σημαντικό και αξιόπιστο μέσο ακινητοποίησης αποτελεί η **θερμοπλαστική μάσκα**. Η μάσκα αυτή συνδέεται με μια βάση ακινητοποίησης ,μέσω των σφικτήρων της βάσης, στο εξειδικευμένο κρεβάτι.



Οι μάσκες είναι διάτρητες για να παραμένει η αναπνοή του ασθενούς ήρεμη και για να εξασφαλίζεται η άνεσή του κατά τη διάρκεια της θεραπείας του. Αποτελούνται συνήθως από πλαστικό υλικό, το οποίο είναι εύκολο στη χρήση και ελαφρύ και η κατασκευή τους είναι ανθεκτική στην παραμόρφωση, όπως επίσης και άκαμπτη. Ακόμα, το υλικό της μάσκας μειώνει την πιθανότητα παραγωγής αντικειμένων απεικόνισης (ψευδοεικόνες).

Επίσης, οι θερμοπλαστικές μάσκες παρέχουν τη δυνατότητα κάλυψης είτε μεμονομένα της κεφαλής είτε μπορούν να εκτείνονται και κατώτερα αυτής για την κάλυψη των ώμων. Υπάρχουν οι μάσκες τριών σημείων που καλύπτουν την περιοχή της κεφαλής, των τεσσάρων σημείων που καλύπτουν τις περιοχές κεφαλής, τραχήλου και ώμων και τέλος, των πέντε σημείων που καλύπτουν επίσης τις περιοχές κεφαλής, τραχήλου, ώμων και κρανίου.



Μάσκα 3^{ov} σημείων



Μάσκα 4^{ov} σημείων



Μάσκα 5 σημείων

Για κάθε ασθενή ανάλογα το περιστατικό, επιλέγεται η κατάλληλη θερμοπλαστική μάσκα και κατ'επέκταση επιλέγεται η ανάλογη επιθυμητή βάση ακινητοποίησης. Ορισμένες βάσεις ακινητοποίησης επιτρέπουν στον ασθενή να στερεώνεται έχοντας τον λαιμό του σε έκταση ή λυγισμένο προς τα κάτω για την αποφυγή κρίσιμων δομών, όπως η περιοχή των ματιών.

Αφού επιλεγθεί η θερμοπλαστική μάσκα, τοποθετείται σε υδατόλουτρο και θερμαίνεται στους 70°C περίπου για 30 με 90 δευτερόλεπτα ανάλογα με το πάχος της, ώστε να μαλακώσει το θερμοπλαστικό υλικό της και να είναι έτοιμο για την τοποθέτηση στον ασθενή. Το θερμοπλαστικό υλικό της μάσκας γίνεται απολύτως διαφανή και εύπλαστο και τοποθετείται στην περιοχή κεφαλής-τραχήλου του ασθενούς. Ασκείται μερική ομοιόμορφη, σταθερή πίεση σε όλη την επιφάνεια της μάσκας, ώστε να δημιουργηθεί το εκμαγείο κεφαλής-τραχήλου του ασθενούς. Μετά το πέρας δέκα λεπτών περίπου το θερμοπλαστικό υλικό της μάσκας σκληραίνεται πλήρως. Τα υδατόλουτρα για τη θέρμανση των θερμοπλαστικών φύλλων διαφέρουν σε μέγεθος. Μπορεί να είναι είτε μεγάλα, για τη χρήση των μεγαλύτερων μασκών είτε μικρά, για τη χρήση της κοντής μάσκας 3^{ov} σημείων.



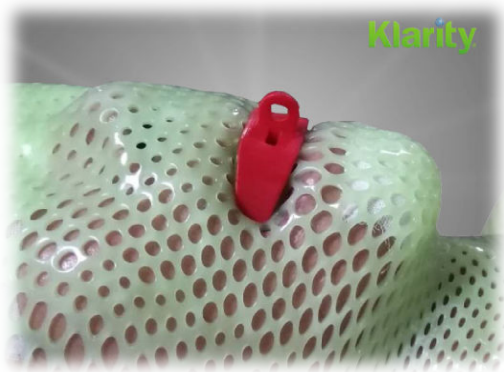
Υδατόλουτρο



Τοποθέτηση της θερμοπλαστικής μάσκας στον ασθενή με τη βοήθεια του τεχνολόγου ακτινοθεραπείας

3.4 Άλλα συστήματα ακινητοποίησης

Οι θερμοπλαστικές μάσκες αποτελούν την πιο ευρέως διαδεδομένη μέθοδο ακινητοποίησης κυρίως σε ασθενείς με καρκίνο κεφαλής-τραχήλου. Για καλύτερη ακινητοποίηση του ασθενούς, χρησιμοποιείται συχνά οδοντικό στέλεχος. Αφού πρώτα έχει τοποθετηθεί η θερμοπλαστική μάσκα και έχει κλειδώσει στη βάση, επάνω από αυτή τοποθετείται γλωσσοπίεστρο που είναι απαραίτητο να δαγκώσει ο ασθενής.



Γλωσσοπίεστρο

Υπάρχουν ωστόσο οι κλειστοφοβικοί ασθενείς, όπου οι μάσκες τους προκαλούν μεγάλη δυσφορία και άλλοι ασθενείς που δε μπορούν να τις ανεχτούν. Για την περίπτωση αυτή υπάρχει μια εναλλακτική λύση, όπου χρησιμοποιείται το σύστημα μπλοκ δαγκώματος που δεν περιλαμβάνει μάσκα. Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα οδοντικό καλούπι που σχηματίζεται στα άνω δόντια του ασθενούς και προσαρμόζεται ανάλογα στον εκάστοτε ασθενή. Το καλούπι στηρίζεται σε ένα πλαίσιο από ανθρακονήματα και μπορεί να αφαιρεθεί πολύ εύκολα από τον ασθενή εάν ο ίδιος δεν αισθανθεί άνετα.



Οδοντικό καλούπι

3.5 Σημεία Εντοπισμού

Για την ασφαλή, σωστή και επαναλήψιμη θεραπεία του ασθενούς, είναι απαραίτητη η χρήση κάποιων δεικτών. Ως δείκτες αναφέρονται τα σημεία εντοπισμού που έχουν ως σκοπό την ακριβή τοποθέτηση του ασθενούς στη θέση θεραπείας του

για κάθε συνεδρία. Αυτά είναι τα σημεία εντοπισμού/αναφοράς (localization markers) και το ισόκεντρο θεραπείας (reference isocentre).

Η τοποθέτηση των σημείων εντοπισμού πραγματοποιείται με δύο μεθόδους. Η πρώτη αφορά τον σχεδιασμό τους με τη χρήση μαρκαδόρου επάνω στη θερμοπλαστική μάσκα, έπειτα την σωστή τοποθέτηση της στον ασθενή. Αυτή η τεχνική αποτελεί μια μη επεμβατική τεχνική, εύκολη και ανώδυνη για τον ασθενή.



Σχεδιασμός σημείων αναφοράς στη μάσκα του ασθενούς

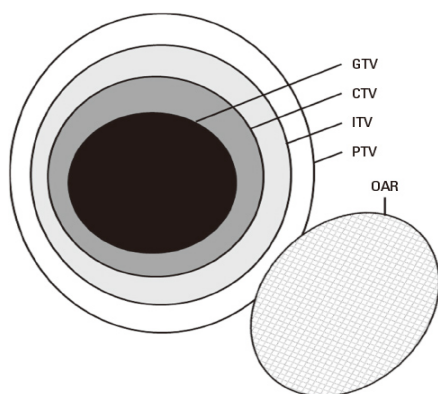
Η δεύτερη τεχνική αφορά τη δερματική στίξη (tattoo marks). Τα τατουάζ είναι μικρά δερματικά σημάδια που βοηθούν στη διασφάλιση της ακρίβειας της θέσης θεραπείας. Τα σημάδια αυτά πραγματοποιούνται με τη χρήση μελανιού ,κατάλληλου για τη δερματική στίξη, χωρίς να προκαλεί κάποια παρενέργεια στην υγεία του ασθενούς. Αποτελεί μια επεμβατική τεχνική που περιλαμβάνει τη χρήση βελόνων ή εμπορικά διαθέσιμες βελόνες τατουάζ με μη τοξική μελάνη. Σε αυτήν τη μέθοδο, ένα μη τοξικό μελάνι εγχέεται στην επιδερμίδα του δέρματος χρησιμοποιώντας βελόνα μίας χρήσης για να δημιουργήσει μόνιμο τατουάζ 1-2 mm.



Σημείο αναφοράς-Τατουάζ

4. Επιβεβαίωση τοποθέτησης του ασθενούς

Στο πρώτο στάδιο της ακτινοθεραπείας λαμβάνονται τρισδιάστατες εικόνες του όγκου, των φυσιολογικών ιστών που τον περιβάλλουν, καθώς και το σχήμα και η θέση του ασθενούς. Το σύνολο των εικόνων αυτών αποτελεί τη βάση για τον σχεδιασμό του πλάνου θεραπείας και τον υπολογισμό της δόσης. Κατά τον σχεδιασμό του πλάνου θεραπείας του ασθενούς σχεδιάζεται ο όγκος στόχος που περιλαμβάνει τον καρκινικό όγκο (Gross Tumor Volume -GTV), όπως αυτός φαίνεται με την κλινική εξέταση και τις απεικονιστικές μεθόδους, τον κλινικό όγκο στόχο (Clinical Target Volume -CTV) ο οποίος αποτελείται από την περιοχή του GTV, καθώς και τις γύρω περιοχές πιθανής μικροσκοπικής - υποκλινικής επέκτασης της νόσου και τέλος τον σχεδιασθέντα όγκο στόχο (Planning Target Volume-PTV) που περιλαμβάνει το CTV και κάποια γεωμετρικά περιθώρια, ένα όριο ασφαλείας για να αποκλειστεί η υποακτινοβόληση της περιοχής ενδιαφέροντος. Επίσης, είναι απαραίτητο να καθοριστούν με ακρίβεια τα ευαίσθητα όργανα (Organs at Risk -OAR) που είτε βρίσκονται μέσα στην ακτινοβολούμενη περιοχή είτε αποτελούν γειτονικούς ιστούς, και να οριστεί η μέγιστη δόση που πρέπει να λάβει ο όγκος-στόχος και η δόση ανοχής του ευαίσθητου οργάνου που είναι συνάρτηση της έκτασης του όγκου του οργάνου που ακτινοβολείται.



Η τοποθέτηση τους ασθενούς σε θέση θεραπείας και η ανατομία του όγκου είναι πιθανόν να μεταβληθούν στο χρόνο των συνεδριών ακτινοθεραπείας και κατ' επέκταση να προκληθούν μεγάλα σφάλματα. Κατά τη διάρκεια όλων των συνεδριών είναι αδύνατον η ανατομία του όγκου του ασθενούς, όπως και η καθημερινή τοποθέτησή του να παραμείνουν αμετάβλητες. Επιπλέον σε περιοχές και όργανα που υπάρχει κίνηση, είναι αβέβαιη η ακριβής στόχευση του όγκου και συνεπώς η σωστή

εφαρμογή της θεραπείας. Έτσι λοιπόν, είναι απαραίτητο να επιβεβαιώνεται η θεραπεία για να είναι αποτελεσματική. Ο σκοπός της επαλήθευσης ή αλλιώς επιβεβαίωσης, είναι ο έλεγχος της ακρίβειας της θεραπείας, δηλαδή αν είναι εντός των ορίων που καθορίζονται από το περιθώριο αβεβαιότητας που ορίζεται στο σχέδιο θεραπείας και εάν ο όγκος-στόχος ακτινοβολείται σύμφωνα με το πλάνο. Για την ποιότητα της ακτινοθεραπείας η επαλήθευση διακρίνεται σε:

- Γεωμετρική
- Δοσιμετρική

Η γεωμετρική επαλήθευση πραγματοποιείται, ώστε να επιβεβαιωθεί η ακρίβεια της θέσης θεραπείας του ασθενούς με στόχο την επαναληψιμότητα και την αποτελεσματικότητά της. Ο γεωμετρικός εντοπισμός μπορεί να γίνει αποκτώντας μια εικόνα ελέγχου του ασθενούς στη θέση θεραπείας και η αντιστοίχισή του με ψηφιακά ανακατασκευασμένη ακτινογραφία (DRRs), ψηφιακά composited ακτινογραφία (DCRs), 2D εικόνα κλασσικού εξομοιωτή, ψηφιοποιημένα φιλμς ή ογκομετρικά δεδομένα CT. -εικόνα αναφοράς- που λαμβάνεται με το σύστημα σχεδιασμού θεραπείας για τρισδιάστατη γεωμετρική επαλήθευση της θέσης του ασθενούς πριν τη θεραπεία. Η τεχνική IGRT με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού εξαλείφει οποιαδήποτε απόκλιση, καθώς συγκρίνει τα δεδομένα που έχουν ληφθεί κατά τη διαδικασία της εξομοίωσης και του πλάνου θεραπείας του ασθενούς-δεδομένα αναφοράς- με αυτά που λαμβάνονται πριν ή κατά τη διάρκεια της ακτινοθεραπείας. Βοηθά στον περιορισμό των γεωμετρικών σφαλμάτων, τη σημαντική μείωση των περιθωρίων και την ακριβή στόχευση του όγκου.

Με τα συστήματα ιοντίζουσας ή μη ακτινοβολίας τα δεδομένα που λαμβάνονται μπορεί να είναι δισδιάστατα 2D(kilovoltage, megavoltage portal images) ή τρισδιάστατα 3D (CBCT-Cone Beam Computed Tomography, MVCT – MegaVoltage Computed Tomography, MRI- Magnetic Resonance Imaging).

4.1 Απεικονιστικές μέθοδοι επιβεβαίωσης με ιοντίζουσα ακτινοβολία

4.1.1 Απεικόνιση με portal imager

Η απεικόνιση μέσω portal imager είναι η λήψη εικόνων με την χρήση της δέσμης ακτινοβολίας για την επιβεβαίωση του πεδίου θεραπείας πριν από την εκτέλεση αυτής. Η εικόνα που λαμβάνεται είναι δισδιάστατη με γεωμετρική ακρίβεια των 2 mm, αυτό είναι και το κύριο μειονέκτημα τους ,καθώς αδυνατούν να εντοπίσουν και να μετρήσουν περιστροφικές κινήσεις.

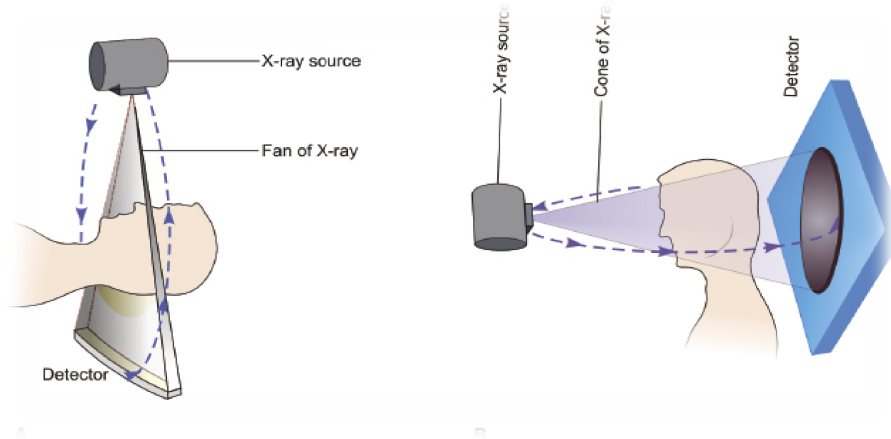
4.1.2 Εφαρμογή υπολογιστικής τομογραφίας κωνικής δέσμης - CBCT

Η τρισδιάστατη υπολογιστική τομογραφία κωνικής δέσμης -CBCT(Cone Beam Computed Tomography) επιτρέπει στους ακτινοθεραπευτές να διορθώνουν τις αλλαγές της θέσης στόχου πριν από τη θεραπεία και επιτρέπει την παρακολούθηση πολύπλοκων μεταβολών του ασθενούς και της ανατομίας του όγκου, που συνήθως προκαλούνται από την απώλεια βάρους και την μείωση του όγκου (αλλαγές σχήματος του όγκου). Υπάρχει πληθώρα πλεονεκτημάτων της τεχνική αυτής, συμπεριλαμβανομένης της καθοδήγησης της εικόνας και της δόσης, την άμεση διαθεσιμότητα του συστήματος σε γραμμικούς επιταχυντές και την απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο. Η χρήση ακτινών κωνικής δέσμης σε IGRT έχει διευκολύνει σημαντικά την εφαρμογή της θεραπείας ακτινοβολίας παρέχοντας ακριβής χωρικές πληροφορίες της θέσης του ασθενούς. Η χρήση του IGRT με βάση CBCT έχει βελτιώσει την ακρίβεια της ακτινοθεραπείας σε διάφορα ανατομικά σημεία, όπως η κεφαλή και ο τράχηλος. Η CBCT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επαλήθευση της κίνησης του όγκου ως συνάρτηση της αναπνευστικής κίνησης των οργάνων. Επίσης, συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των συστηματικών σφαλμάτων ακινητοποίησης που εμφανίζονται κατά τη θεραπεία.

4.1.3 Fan Beam CT KV

Η μέθοδος αυτή αφορά τη λήψη τρισδιάστατων εικόνων του ασθενούς πριν από τη συνεδρία θεραπείας του. Αφού ο ασθενής τοποθετηθεί και ακινητοποιηθεί σύμφωνα με το πλάνο θεραπείας , ο αξονικός τομογράφος τον οποίο διαθέτει η αίθουσα ακτινοθεραπείας λαμβάνει δεδομένα μέσω της ικανότητας του να μεταφέρεται και να περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή και την εξεταστική τράπεζα.

Η δέσμη ακτινών είναι παρόμοια με αυτή του κλασσικού διαγνωστικού τομογράφου με ανιχνευτές μόνο άξονα x , ενώ η μέθοδος CBCT λόγω της κωνικής δέσμης αποτελείται από ανιχνευτές άξονα x και y .



4.1.4 Fan Beam CT MV

Η μέθοδος απεικόνισης με χρήση Megavoltage γίνεται μέσω του ίδιου γραμμικού επιταχυντή, Πριν ακριβώς από την συνεδρία ακτινοθεραπείας λαμβάνονται εικόνες 3,5 Megavoltage, ενώ κατά την θεραπεία η δέσμη ακτινοβολίας είναι 6 Megavoltage. Εδώ ο ανιχνευτής λαμβάνει τα δεδομένα και παράγει εικόνες τοποθετημένος απέναντι από τον γραμμικό επιταχυντή.

5. Σφάλματα-γεωμετρικές αβεβαιότητες

Κατά τη διαδικασία της ακτινοθεραπείας προκύπτουν σφάλματα σε όλα τα στάδιά της. Τα σφάλματα στο σύνολό τους δημιουργούν γεωμετρικές αβεβαιότητες, οι οποίες αποτελούν εμπόδιο στην ορθή επίτευξη της ακτινοθεραπείας. Είναι σημαντικό να υπάρχει έλεγχος του όγκου-στόχου και το πλάνου θεραπείας, ώστε να γίνει αποτελεσματική η θεραπεία του ασθενούς χωρίς να προκληθούν παρενέργειες στον ίδιο. Τα σφάλματα κατηγοριοποιούνται στα συστηματικά (systematic errors) και στα τυχαία (random errors).

Τα συστηματικά σφάλματα προκαλούνται είτε από τον ανθρώπινο παράγοντα είτε από τα συστήματα που χρησιμοποιούνται ακόμα και από τον γραμμικό επιταχυντή. Ένα από τα σφάλματα είναι αυτό του ιατρού κατά τον σχεδιασμό της θεραπείας. Αποτελεί το πιο σημαντικό σφάλμα, καθώς οδηγεί στην αύξηση της γεωμετρικής αβεβαιότητας κατά τη θεραπεία. Είναι απαραίτητο να σχεδιαστεί σωστά και με ακρίβεια, καθώς αυτό ακολουθείται καθ' όλη τη διάρκεια των συνεδριών της ακτινοθεραπείας του ασθενούς. Συστηματικό λάθος αποτελεί επίσης, η θέση και το σχήμα των οργάνων του ασθενούς. Οι εσωτερικές κινήσεις τους και η μεταβολή στο σχήμα, το μέγεθος και τη θέση τους συμμετέχουν στη λανθασμένη θεραπεία και την αύξηση των παρενεργειών στον ίδιο τον ασθενή. Επιπρόσθετα, στα συστηματικά σφάλματα προστίθενται η λανθασμένη προετοιμασία της θερμοπλαστικής μάσκας από τους τεχνολόγους ακτινοθεραπευτές, τα σφάλματα που προκαλούν κατά τη διαδικασία ακινητοποίησης του ασθενούς στην ακτινοθεραπευτική τράπεζα πριν τη συνεδρία, η δυσλειτουργία των επιτοίχιων laser του εξομοιωτή, όπως επίσης και η μεταφορά των δεδομένων εικόνας από τον αξονικό τομογράφο στο σύστημα σχεδιασμού θεραπείας και εν συνεχεία στον γραμμικό επιταχυντή.

Τα τυχαία σφάλματα οφείλονται κυρίως σε λάθη που γίνονται από τους ίδιους τους ασθενείς. Η κίνηση αποτελεί το πιο σύνηθες τυχαίο σφάλμα κατά τη διάρκεια της συνεδρίας. Είναι απαραίτητο να αφαιρούνται εκτός από τα ρούχα στην παθούσα περιοχή, οποιοδήποτε αντικείμενο και αξεσουάρ του ασθενούς κατά την εξομοίωση, όπως επίσης και στις καθημερινές του συνεδρίες. Ένα παράδειγμα είναι το γεγονός όπου ο ασθενής φέρει οδοντοστοιχία που να αφαιρείτο κατά τη συνεδρία, ενώ δεν τη φόρουσε κατά τη διαδικασία της εξομοίωσης.

5.1 Στρατηγικές διόρθωσης

Παρόλα αυτά τα παραπάνω σφάλματα είναι ικανά να αποκατασταθούν μέσω δύο στρατηγικών διόρθωσης, της off line και της on line.

Η στρατηγική διόρθωσης off line αφορά στις διορθώσεις που ακολουθούνται μετά το πέρας της συνεδρίας. Πραγματοποιείται σύγκριση των δεδομένων αναφοράς και των στοιχείων που συλλέγονται κατά τις αρχικές συνεδρίες με τα δεδομένα που λαμβάνονται κατά τη θεραπεία. Οι ιατροί σε συνεργασία με τον ακτινοφυσικό και τους τεχνολόγους ακτινοθεραπευτές αναλύουν την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα της διαδικασίας. Η στρατηγική αυτή οδηγεί στη μείωση των συστηματικών σφαλμάτων.

Η στρατηγική διόρθωσης on line αφορά στις διορθώσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της θεραπείας. Διεξάγεται σύγκριση των δεδομένων αναφοράς με τα δεδομένα που λαμβάνονται πριν ξεκινήσει η θεραπεία. Αναλύονται τα στοιχεία και γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις μέσω ενός λογισμικού (software) και υλικού (hardware). Η στρατηγική αυτή οδηγεί τόσο στη μείωση των συστηματικών σφαλμάτων όσο και των τυχαίων.

Βιβλιογραφία-Πηγές

1. **Ακτινοθεραπευτική Ογκολογία**, Γ.Τσακίρης, Ν.Θρουβάλας, Γ.Κυργιάς, Α Τόμος,2000
2. **CT simulation for radiotherapy treatment planning**, Oliver Pinto Duran, The British Journal of Radiology,2002
3. **Modeling and Simulation of radiotherapy**, Norman F.Kirk, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 255 (2007) 13–17,2007
4. **On the Origin of Cancer Metastasis**, Thomas N.Seyfried, Leanne C.Huysentruyt, Critical Reviews in Oncogenesis 18(1-2), 43–73 (2013),2013
5. **Inclusion of geometrical uncertainties in radiotherapy treatment planning by means of coverage probability**, Joep C.Stroom, Hans C.J. de Boer, Henk Huizenga, Andries G.Visser ,Volume 43, Issue 4, 1 March 1999, Pages 905-919,1999
6. **International Agency for Research on Cancer**, <https://www.iarc.who.int/>
7. **Asian American Radiation and Oncology**, <https://www.aamg.co/>
8. **CyberKnife**, <https://cyberknife.com/>