



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ: ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:** Απεικονιστική επιβεβαίωση τοποθέτησης στην ακτινοθεραπεία Τραχήλου και Στοματικής κοιλότητας. Σφάλματα λόγω κίνησης.

**Φοιτητές:** Σούρτης Γεώργιος (62716031) Μανουράς Εμμανουήλ (62716070)

**Επιβλέπων Εκπαιδευτικός:** Περικλής Παπαβασιλείου (Επίκουρος Καθηγητής)

Αθήνα, 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
FACULTY OF HEALTH AND CARE SCIENCES  
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES  
DIVISION: RADIOLOGY AND RADIOTHERAPY

**Dissertation Title:** Image guided set up in Head and Neck radiotherapy.  
Movement errors.

**Students' Names:** Sourtis Georgios (62716031) Manouras Emmanouil  
(62716070)

**Supervisor:** Periklis Papavasiliou (Assistan Professor)

Athens, 2021



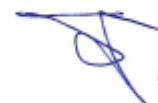
## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Σούρτης Γεώργιος του Αντωνίου, με αριθμό μητρώου 62716031 φοιτητής 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».

Ο Δηλών



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μανουράς Εμμανουήλ του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 62716070 φοιτητής 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».

Ο Δηλών



## **Περιεχόμενα:**

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>σελ.1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>σελ.2</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> .....</b>	<b>σελ.3</b>
<b>1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>σελ.3</b>
<b>1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....</b>	<b>σελ.4</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΚΑΙ ΚΑΚΟΗΘΗ ΝΕΟΠΛΑΣΜΑΤΑ ΤΡΑΧΗΛΙΚΗΣ ΧΩΡΑΣ.....</b>	<b>σελ.7</b>
<b>2.1 Επίδραση ιοντίζουσας ακτινοβολίας σε ατομικό επίπεδο.....</b>	<b>σελ.7</b>
<b>2.2 Τύποι εξωτερικής ακτινοβολήσης.....</b>	<b>σελ.8</b>
<b>2.3 Ακτινοθεραπευτική ογκολογία κεφαλής και τραχήλου.....</b>	<b>σελ.11</b>
<b>2.3.1 Νεοπλασίες προσωποτραχηλικής περιοχής.....</b>	<b>σελ.11</b>
<b>2.3.2 Παράγοντες κινδύνου.....</b>	<b>σελ.12</b>
<b>2.3.3 Σταθμοί στην αντιμετώπιση των κακοηθειών της κεφαλής και του τραχήλου .....</b>	<b>σελ.13</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΤΡΑΧΗΛΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟΜΑΤΙΚΗΣ ΚΟΙΛΟΤΗΤΑΣ.....</b>	<b>σελ.14</b>
<b>3.1 Συστήματα ακινητοποίησης.....</b>	<b>σελ.15</b>
<b>3.2 Ακινητοποίηση ασθενούς και σφάλματα.....</b>	<b>σελ.18</b>
<b>3.3 Επιβεβαίωση τοποθέτησης και σφάλματα on-line.....</b>	<b>σελ.22</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ON-LINE 3D ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΣΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΑΣΘΕΝΩΝ ΠΟΥ ΥΠΟΒΛΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΤΡΑΧΗΛΟΥ.....</b>	<b>σελ.24</b>
<b>4.1. Μεθοδολογία.....</b>	<b>σελ.24</b>
<b>4.2 Ανάλυση δεδομένων.....</b>	<b>σελ.26</b>

**ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....σελ.31**

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.32**

**ΠΙΝΑΚΕΣ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ:**

**ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ**

Πίνακας 1 - Μέτρα διασποράς/Σφάλματα.....σελ.25

Πίνακας 2 – Μέση Τιμή και Τυπική Απόκλιση της 3D μετατόπισης των προς μελέτη ασθενών.....σελ.30

Πίνακας 3 - Αποτελέσματα μελέτης των 30 ασθενών.....σελ.30

**ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

Διάγραμμα 1 – Σφάλματα απορριφθέντων ασθενών.....σελ.26

Διάγραμμα 2 – Σφάλματα αποδεκτών ασθενών.....σελ.27

Διάγραμμα 3 - On line 3D μετατοπίσεις μέσω 2D/2D ευθυγράμμισης.....σελ.29





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέμα της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η απεικονιστική επιβεβαίωση της τοποθέτησης των ασθενών που υποβάλλονται στην ακτινοθεραπεία τραχήλου και στοματικής κοιλότητας. Επόμενο βέβαια, είναι να αναλυθούν εκτενώς οι τεχνικές ακτινοθεραπείας, οι μέθοδοι ακινητοποίησης, τα σφάλματα που μπορεί να ενέχει αυτή η διαδικασία αλλά και οι τρόποι επίλυσης τους. Αρχικά, παρατίθενται οι βασικές αρχές της επίδρασης της ιοντίζουσας ακτινοβολίας σε ατομικό επίπεδο στις οποίες στηρίζεται η ακτινοθεραπεία νεοπλασμάτων στις δύο αυτές περιοχές. Αυτή η ακτινοβολία μπορεί να είναι είτε σωματιδιακή είτε ηλεκτρομαγνητική, ανάλογα με το πλάνο θεραπείας κάθε ασθενούς. Επιπλέον, επισημαίνεται η τεράστια σημασία της κλασματοποίησης της δόσης κατά την ακτινοθεραπευτική διαδικασία, στο πλαίσιο της οποίας πάντα υπάρχει η πιθανότητα του λάθους, το οποίο είτε θα συμβεί μεμονωμένα είτε κατ' επανάληψιν. Συνεπώς, στη διάρκεια της εργασίας, θα προταθούν οι συσκευές ακινητοποίησης, ο ορθός τρόπος χρήσης τους αλλά και ο ρόλος του τεχνολόγου ακτινοθεραπείας προκειμένου να επιτευχθεί η ακρίβεια και η επαναληψιμότητα της θέσης του ασθενούς σε κάθε συνεδρία. Οι επιλογές αυτές θα τεκμηριωθούν μέσω μίας έρευνας των απεικονιστικών δεδομένων από ένα δείγμα ασθενών, ποσοτικοποιώντας τα συστηματικά και τα τυχαία σφάλματα και συγκρίνοντάς τα με τα διεθνή πρότυπα ως το τρέχον ημερολογιακό έτος.

## **ABSTRACT**

The subject of this undergraduate thesis is the image-guided set up of patients undergoing radiotherapy treatment for Head and Neck lesions. There is an extended analysis of the radiotherapy technics, immobilization devices and the errors that may occur in the process as well as the solutions to them. The main principles of matter irradiation in molecular level are adduced, in which the treatment of Head and Neck radiotherapy is based upon. Depending on the clinical situation, the radiotherapy treatment relies on electromagnetic or particle radiation. Furthermore, the significance of fractionation of the therapeutic dose is analyzed. Dose fractionation underlines the importance of errors, that are either systematic or random, in the immobilization process. In this thesis, the range of immobilization devices employed and the proper use of them are discussed as well as the role of the radiotherapy technician in order to assure the precision and the repeatability of the process. On-line mis-positioning data, based on daily 2D x-ray imaging, from a group of patients is analyzed to estimate the systematic and random errors and compare them with international guidelines.

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ακτινοθεραπεία του τραχήλου και της στοματικής κοιλότητας αφορά είτε πρωτοπαθείς όγκους, π.χ. καρκίνος λάρυγγα, οισοφάγου, είτε δευτεροπαθείς λεμφαδενικούς όγκους μεταστατικής κυρίως προέλευσης. Οι θεραπείες με ιοντίζουσες ακτινοβολίες απαιτούν ακρίβεια και επαναληψιμότητα. Το μεγαλύτερο ποσοστό των θεραπειών πραγματοποιείται με πολλαπλές συνεδρίες, διαρκούν 6-8 εβδομάδες, και ως αποτέλεσμα η τοποθέτηση του ασθενούς, κατά τον σχεδιασμό της θεραπείας και κατά τη διάρκεια των καθημερινών συνεδριών, είναι πολύ σημαντική.

Ο όρος επαναληψιμότητα είναι συνυφασμένος με τον κανόνα ALARA (As Low As Reasonably Achievable), δηλαδή την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος με την μικρότερη δυνατή ακτινική επιβάρυνση. Στην ακτινοθεραπεία απαιτείται η ταύτιση της θέσης θεραπείας με τη θέση σχεδιασμού θεραπείας για όλες τις συνεδρίες. Στην προσπάθεια αυτή συμβάλλει ενεργά η εξέλιξη της τεχνολογίας (εξαρτήματα συστημάτων ακινητοποίησης) και των πληροφορικών συστημάτων (αξιοποίηση απεικονιστικών μεθόδων για την επιβεβαίωση της θέσης θεραπείας).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναλυθούν οι μέθοδοι ακινητοποίησης του ασθενούς σε περιστατικά όγκων της στοματικής και τραχηλικής χώρας και να αναδειχθούν τα σφάλματα που μπορεί να προκύψουν καθ' όλη τη διάρκεια του θεραπευτικού σχήματος.

## 1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η μελέτη των ιοντιζουσών ακτινοβολιών τοποθετείται χρονικά στα τέλη του 19ου αιώνα και συγκεκριμένα στις 8 Νοεμβρίου του 1895, όταν ο ερευνητής Wilhelm Conrad Röntgen παρατήρησε για πρώτη φορά τυχαία την ύπαρξή τους σε ένα πείραμα ηλεκτρικής αγωγιμότητας των αερίων. ( Glasser 1931 )



**Εικόνα 1 :** Διακρίνεται ο Wilhelm Conrad Röntgen σε ηλικία 50 ετών ανακαλύπτοντας την ακτινοβολία-X . Στην αρχή πολλοί θα χρησιμοποιούσαν την ονομασία ακτινοβολία Röntgen, κάτι που αργότερα εγκαταλείφθηκε.

Ταυτόχρονα, ο Henri Becquerel μελετώντας το φθορισμό στις ενώσεις του ουρανίου παρατηρεί σύνδεση του πειράματός του με την τυχαία ανακάλυψη του Röntgen. Έτσι, παίρνει την απόφαση, το 1896 , να πραγματοποιήσει πείραμα τυλίγοντας με φωτογραφικό φιλμ, θεικό ουρανυλιοκάλιο και το ακτινοβόλησε με ηλιακό φως. Το πείραμα διεξήχθη και σε συνθήκες απόλυτου σκότους και παρατήρησε την εκπομπή αυθόρμητης ακτινοβολίας, που προσονομάστηκε ραδιενέργεια.

Την συνέχιση του προαναφερθέντος πειράματος ανέλαβε το ζεύγος Pierre και Marie Curie εξετάζοντας όμως αντί ενώσεις ουρανίου, ενώσεις ραδίου. Το 1903 βραβεύονται και οι τρεις με Νόμπελ Φυσικής. ( Curie 1898 ) Οι ενώσεις ραδίου χρησιμοποιήθηκαν για δύο δεκαετίες στον τομέα της ακτινοθεραπείας.

Μετά το 1920, δερματολόγοι όπως ο Leopold Freund εισήγαγαν την έννοια της κλασματοποίησης στην ακτινοβόληση επιφανειακών όγκων. Πρόκειται για μία τεχνική που στηρίζεται στην σταθερή και επαναλαμβανόμενη ακτινοβόληση του όγκου-στόχου σε μία

σειρά συνεδριών και αποτελεί τη βάση για την επίτευξη του μέγιστου θεραπευτικού αποτελέσματος με τις ελάχιστες δυνατές παρενέργειες. Οι πρώτες καταγεγραμμένες επιτυχείς κλασματοποιημένης θεραπείας είναι στον καρκίνο του λάρυγγα προχωρημένου σταδίου.

Το 1951, τίθεται σε λειτουργία η πρώτη μονάδα κοβαλτίου που στηρίζεται στην ακτινοβολήση μέσω διάσπασης ατόμων κοβαλτίου ενώ παράλληλα εφαρμόζονται οι πρώτοι γραμμικοί επιταχυντές , παραγωγής υψηλής ενέργειας ακτίνων χ.



**Εικόνα 2 :** Η πρώτη μονάδα Κοβάλτιο-60 που τοποθετήθηκε στην Ιταλία το 1953 . ( Wikipedia )

Τις δεκαετίες '60 και '70 εισάγονται η υπολογιστική και η μαγνητική τομογραφία αντίστοιχα χαρτογραφώντας τις ανατομικές δομές δίνοντας καλύτερα αποτελέσματα. Η τελευταία απεικονιστική μέθοδος που προστέθηκε ήταν η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων(PET). Με αυτόν τον συνδυασμό απεικονιστικών μεθόδων εξελίχθηκαν οι τεχνικές ακτινοθεραπείας φτάνοντας στο σήμερα στην καθοδηγούμενη ακτινοβολήση συναρτήσεως του χρόνου (IGRT-Image Guided Radiotherapy), στην διαμορφούμενης έντασης δέσμη (IMRT-Intensity Modulated Radiotherapy) και στις ακτινοχειρουργικές (γ-knife,x-knife,cyber-knife).



**Εικόνα 3 :** Γραμμικός επιταχυντής τελευταίας γενιάς με την βοήθεια του οποίου διενεργούνται όλες οι τεχνικές ακτινοθεραπείας (IMR, VMAT, IGRT), συμπεριλαμβανομένης της στερεοτακτικής ακτινοθεραπείας - ακτινοχειρουργικής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΚΑΙ ΚΑΚΟΗΘΗ ΝΕΟΠΛΑΣΜΑΤΑ ΤΡΑΧΗΛΙΚΗΣ ΧΩΡΑΣ

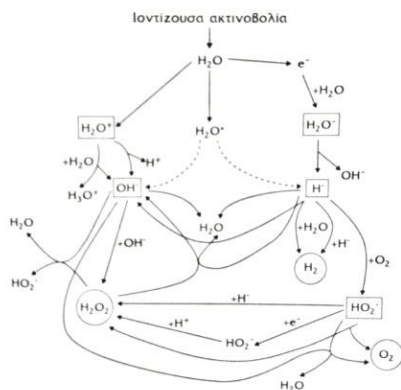
### 2.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΑΤΟΜΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Εάν μία οποιαδήποτε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αλληλεπιδράσει με την ύλη, το αποτέλεσμα είναι να απορροφηθεί ενέργεια από τα άτομα της ύλης. Στην περίπτωση των χαμηλότερων ενεργειακά ακτινοβολιών, παρατηρείται ότι η μεταφορά ενέργειας γίνεται μέσω θερμότητας, κάτι που μέχρι σήμερα δεν θεωρείται επιβλαβές για την επιβίωση ενός έμβιου οργανισμού. Όμως, όσο αυξάνεται η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η εναπόθεση γίνεται μέσω ιονισμών και διεγέρσεων των ατόμων με βάση τα φαινόμενα Compton , δίδυμης γένεσης και φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Το αποτέλεσμα της ακτινοβολίας στην ακτινοθεραπεία είναι: α) καθυστέρηση της διαίρεσης των καρκινικών κυττάρων, β) απώλεια της ικανότητας διαίρεσης, γ) βλάβες στον αριθμό των χρωμοσωμάτων, δ) αλλοιώσεις σε βασικές ενζυμικές δράσεις, και, ε) διαταραχή της διαπερατότητας των κυτταρικών μεμβρανών (Τσακίρης 2009,ρ.91)).

Η ιονίζουσα ακτινοβολία σε μοριακό επίπεδο έχει μία άμεση και μία έμμεση βιολογική επίδραση στα κύτταρα (Γεωργίου 2014, ρ.136-140). Στην άμεση επίδραση, η ακτινοβολία αλληλεπιδρά απευθείας και καταστρέφει δεσμούς, ενώ στην έμμεση η ιονίζουσα ακτινοβολία προκαλεί τη θραύση χημικών δεσμών. Έτσι, δημιουργούνται οι ελεύθερες ρίζες, οι οποίες θέτουν εκτός λειτουργίας οργανικά μόρια όπως πρωτεΐνες και ένζυμα ή ακόμη και το RNA ή το DNA. Το σημαντικότερο αποτέλεσμα των παραπάνω παρατηρείται κατά την φάση G1 και M του κυτταρικού κύκλου ,που αφαιρεί την ικανότητα διαίρεσης του κυττάρου. Αντιθέτως , η φάση S είναι η λιγότερο ακτινοευαίσθητη. Με την άμεση δράση, η ιονίζουσα ακτινοβολία αλληλεπιδρά με το DNA. Η τροποποίηση που του επιφέρει, αλλάζει τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του κυττάρου. Επίσης, μπορεί να αλλάξει και την δομή των πρωτεϊνών με άμεσα αποτελέσματα στις ενζυμικές λειτουργίες. Αυτή η επιρροή συνήθως οδηγεί στο θάνατο των κυττάρων, ωστόσο δεν εξαλείφεται το ενδεχόμενο καρκινογένεσης. Η έμμεση δράση αναφέρεται στη ραδιόλυση των μορίων του νερού. Όπως θα εξηγηθεί ακολούθως, ο ιονισμός των μορίων του νερού οδηγεί στη

θραύση των ομοιοπολικών δεσμών μεταξύ υδροξυλίου και υδρογόνου, δημιουργώντας ένα άτομο ή ένα μόριο με ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο, δηλαδή τις ελεύθερες ρίζες. Πάραυτα, δεδομένου ότι το ανθρώπινο σώμα αποτελείται πάνω από 50% από νερό, εύλογα συμπεραίνεται ότι μέσω της ραδιόλυσης του νερού επιτυγχάνεται το μεγαλύτερο μέρος της βιολογικής επίδρασης της ιοντίζουσας ακτινοβολίας στο κύτταρο.

Κατά την ακτινοβόληση των μορίων του νερού, ηλεκτρόνια δέχονται ενέργεια από τα φωτόνια και ξεφεύγουν από την έλξη των πρωτονίων, με αποτέλεσμα να κυκλοφορούν ελεύθερα ηλεκτρόνια και φυσικά να δημιουργούνται ασταθείς ενώσεις των μορίων του νερού. Επίπτωση αυτού, είναι η διάσπαση του μορίου του νερού και η δημιουργία ελεύθερων ριζών υδρογόνου και υδροξυλίου. Οι ελεύθερες ρίζες υδρογόνου τείνουν να σχηματίζουν ενώσεις μεταξύ τους, όμως οι ελεύθερες ρίζες υδροξυλίου προκαλούν οξειδωση κάτι που μπορεί να αλλάξει δραματικά τη λειτουργία του κυττάρου.



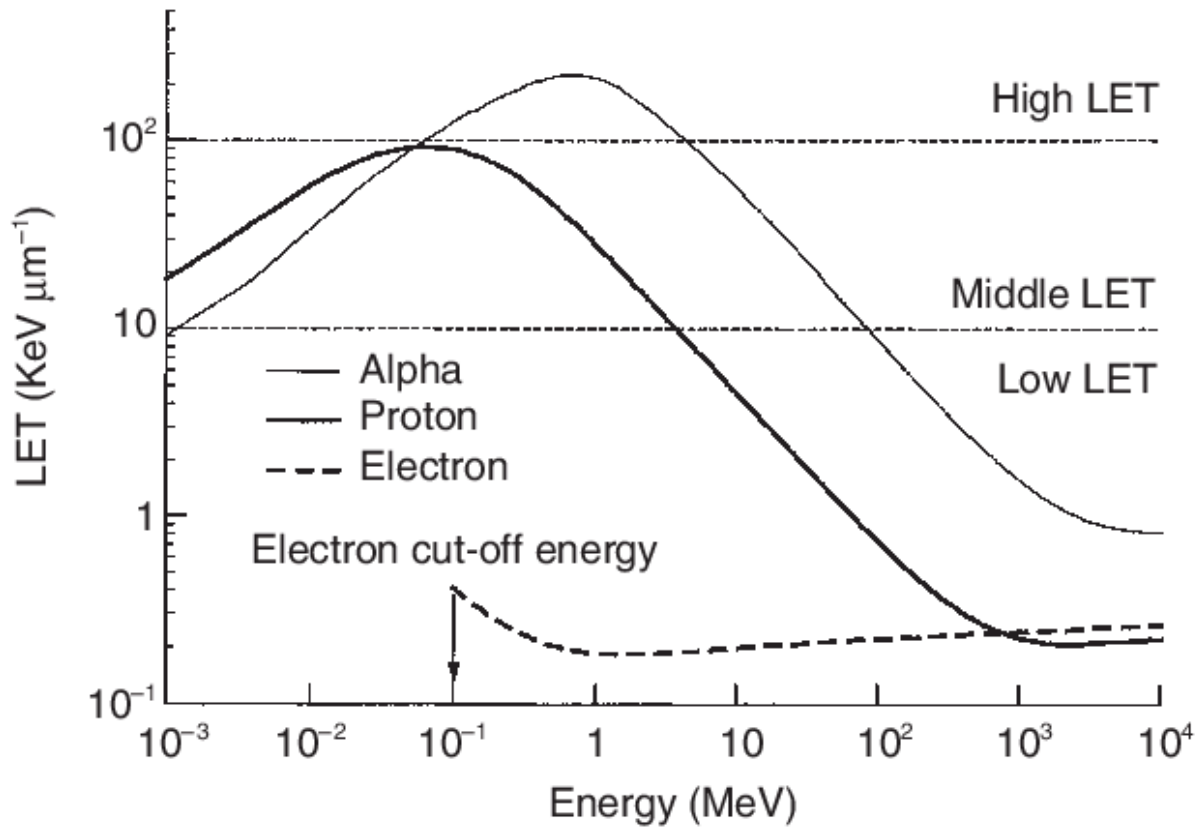
**Εικόνα 4 :** Ραδιόλυση νερού-Παρατηρούνται όλες οι πιθανές εκβάσεις της αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας, αρχικά με τα μόρια του νερού και ακολούθως με τα πιθανά υποπροϊόντα. (πηγή: Ιατρική Φυσική, 2<sup>η</sup> Έκδοση, Π.Χ. Πασχαλίδης).

## 2.2. ΤΥΠΟΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΣΗΣ

Στην ακτινοβόληση ενός στόχου διακρίνουμε 2 είδη ακτινοβολίας, την σωματιδιακή και την ηλεκτρομαγνητική. Η πρώτη αφορά τα σωματίδια  $\alpha$ ,  $\beta$ , τα νετρόνια, τα  $\pi$ -μεσόνια και τα πρωτόνια που χρησιμοποιούνται έπειτα από επιτάχυνση μέσω κυκλότρου. Το δεύτερο είδος αφορά όλες εκείνες τις ακτινοβολίες με ενέργεια σε μορφή ηλεκτρομαγνητικού κύματος ( $\chi$  και  $\gamma$ ) και έχουν μικρό μήκος κύματος. Τα πρώτα βήματα έγιναν με την χρήση ραδιενεργών ισοτόπων όπως το κοβάλτιο και αργότερα με την εξέλιξη της τεχνολογίας εισήλθαν οι γραμμικοί επιταχυντές.



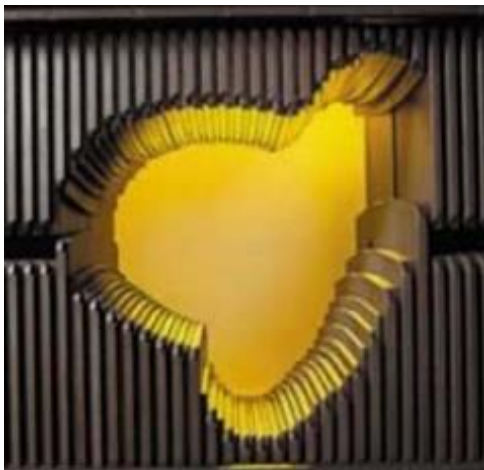
Ειδικότερα, στη σωματιδιακή ακτινοβολία, που συμπεριλαμβάνονται τα πρωτόνια και τα σωματίδια α, εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο σε ανεγχείρητους όγκους ή επί ισχνών ορίων σε υγιή όργανα, λόγω υψηλού LET. Επίσης, συγκαταλέγονται τα ηλεκτρόνια που χρησιμοποιούνται για δερματικές εξεργασίες αφού εναποθέτουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειάς τους στα πρώτα εκατοστά που συναντούν.



**Εικόνα 5:** Υπολογισμένα LETs των σωματιδίων α , των πρωτονίων και των ηλεκτρονίων .  
(research gate)

Επιπρόσθετα, υπάρχουν και τα νετρόνια τα οποία έχουν το ίδιο βάρος με τα πρωτόνια αλλά δεν φέρουν φορτίο και επομένως δεν επηρεάζονται από δυνάμεις coulomb. Οι θεραπείες με νετρόνια παρόλο που ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται από τα μέσα του 1930 βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο λόγω των δυσμενών παρενεργειών που προκαλούσαν. Τέλος, αξίζει να γίνει αναφορά σε προσπάθειες ακτινοθεραπείας με π-μεσόνια , στοιχειώδη σωματίδια που θεωρούνται ότι ευθύνονται για την σταθερότητα των πυρήνων των κυττάρων, σε γλοιώματα εγκεφάλου δίχως να έχουν όμως συντριπτικές διαφορές με την ακτινοθεραπεία με φωτόνια.

Με την εξωτερική ακτινοθεραπεία ακτινοβολείται ο όγκος, μία μικρή περιοχή γύρω από αυτόν και οι σύστοιχοι λεμφαδένες. Η πρώτη μορφή θεραπειών είναι οι 2D θεραπείες με τη χρήση πολλαπλών πεδίων ακτινοβολίας. Οι πιο συχνές είναι οι ισοκεντρικές θεραπείες όπου ο όγκος στόχος τοποθετείται στο κέντρο περιστροφής της κεφαλής του γραμμικού επιταχυντή, το λεγόμενο ισόκεντρο . Ακολούθως, έχουμε τη σύμμορφη τρισδιάστατη ακτινοθεραπεία (3D-CRT) στην οποία εισέρχονται οι πολύφυλλοι κατευθυντήρες (MLC) που δίνουν στη δέσμη συγκεκριμένο σχήμα βελτιώνοντας δραματικά τόσο την ακτινοπροστασία όσο και την βελτιστοποίηση του αποτελέσματος της θεραπείας.



**Εικόνα 6 :** Πολύφυλλοι κατευθυντήρες με την βοήθεια των οποίων διαμορφώνεται με ακρίβεια το πεδίο ακτινοβολήσης .

Αναπόσπαστο κομμάτι είναι η αξονική τομογραφία προ σχεδιασμού, η οποία παρέχει δεδομένα για τα όρια υγιών-καρκινικών κυττάρων. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας επιτεύχθηκε η ταυτόχρονη κίνηση των πολύφυλλων κατευθυντήρων και της κεφαλής του γραμμικού επιταχυντή κατά τη διάρκεια της ακτινοβολήσης αλλά και η μεταβολή της έντασης της δέσμης παρέχοντας τις IMRT(Intense Modulated Radiation Therapy) τεχνικές

που είναι στυλοβάτες στις σημερινές θεραπείες. Στα πλαίσια της τελευταίας τεχνικής, οι γραμμικοί επιταχυντές είναι ελεγχόμενοι από ηλεκτρονικούς υπολογιστές ,με στόχο την ακριβή εναπόθεση δόσεων στον όγκο-στόχο ή σε συγκεκριμένες περιοχές μέσα σε αυτόν ,μειώνοντας στο ελάχιστο την ακτινική επιβάρυνση των παρακείμενων φυσιολογικών ιστών. Ένας άλλος τύπος εξωτερικής ακτινοβολίας είναι η IGRT (Image Guided Radiation Therapy) , με την βοήθεια της οποίας, αυξάνεται η γεωμετρική ακρίβεια της θεραπείας. Η τελευταία δυνατότητα δίνεται επειδή η θεραπεία καθοδηγείται από την απεικόνιση με αποτέλεσμα ,να υπάρχει συνεχής ενημέρωση για τις αλλαγές στις διαστάσεις ,στο σχήμα και στη θέση του όγκου-στόχου. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί και η στερεοταξία ως η πλέον αποτελεσματική μέθοδος ακτινοθεραπείας σε σύγκριση με την συμβατική, ειδικά αν συνδυάζεται με το IMRT και το VMAT. Ουσιαστικά, η στερεοταξία πραγματοποιείται με: α) gamma knife: πηγές κοβαλτίου σε 1mm τόξο, β) x- knife , γ) modified ,δ) cyber knife ( ρομποτική ακτινοχειρουργική). Σε όλες αυτές τις τεχνικές χρησιμοποιούνται εξαιρετικά λεπτές δέσμες που εναποθέτουν πολλαπλάσια δόση συγκριτικά με τις συμβατικές.

## **2.3 ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΟΓΚΟΛΟΓΙΑ ΚΕΦΑΛΗΣ ΚΑΙ ΤΡΑΧΗΛΟΥ**

### **2.3.1 ΝΕΟΠΛΑΣΙΕΣ ΠΡΟΣΩΠΟΤΡΑΧΗΛΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Τα επιδημιολογικά στοιχεία για την περιοχή του τραχήλου και της κεφαλής αναδεικνύουν πως η συντριπτική πλειοψηφία των εξεργασιών προέρχονται από πλακώδη κύτταρα με την αναλογία άντρες προς γυναίκες να είναι 2:1 (Κουκουράκης, 2019). Ωστόσο, αξίζουν να σημειωθούν αδρά με βάση την βιβλιογραφία οι πιθανές εξεργασίες στα επιμέρους τμήματα της αναφερόμενης περιοχής.

Στα οστά των γνάθων διακρίνουμε τρεις κατηγορίες νεοπλασιών. Η πρώτη είναι οι οδοντογενείς όγκοι που απαρτίζονται από το αμελοβλάστωμα , το αμελοβλαστικό καρκίνωμα και το αμελοβλαστικό ινοσάρκωμα. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα σαρκώματα όπως οστεοσάρκωμα, χονδροσάρκωμα, ινοσάρκωμα και σάρκωμα Ewing. Στην τελευταία κατηγορία συγκαταλέγονται τα λεμφώματα όπως το Burkitt και το πλασματοκυτταρικό μύελωμα.

Όσον αφορά τις ρινικές κοιλότητες και τους παραρρίνιους κόλπους, αριθμούνται τα επιθηλιακά καρκινώματα, τα μεσεγχυματογενή και τα νευρογενή νεοπλασμάτα, όπως επίσης και τα κακοήθη λεμφώματα. Στον ρινοφάρυγγα συναντώνται κυρίως το ρινοφάρυγγικό καρκίνωμα που συνδέεται με τον ιό EBV.

Συνεχίζοντας στη στοματική κοιλότητα, τα περισσότερα καρκινώματα έχουν επιθηλιακή προέλευση, ενώ στις αμυγδαλές εμφανίζονται non-Hodgkin λεμφώματα και ανθοκυτταρικά καρκινώματα.

Επιπρόσθετα, στον λάρυγγα συνηθίζονται τα επιδερμοειδή καρκινώματα με την επιβίωση να εξαρτάται από την επέκτασή τους και τη διήθηση λεμφαδένων, αλλά και τα σαρκώματα.

Τέλος, οι σιελογόνοι αδένες μπορεί να προσβληθούν από καρκινώματα, σαρκώματα και κακοήθη λεμφώματα, ενώ ο θυρεοειδής αδένας από θηλώδη, θηλακιώδη, αδιαφοροποίητα και μυελωειδή καρκινώματα με ποσοστά εμφάνισης 70-80%, 20-30%, 5-10%, 5-10% αντίστοιχα.

### **2.3.2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ**

Έχει σημειωθεί μια πληθώρα από παράγοντες που σε συνδυασμό με ένα επιβαρυσμένο ιστορικό ή κληρονομικότητα παρέχουν ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη των κακοηθειών που προαναφέρθηκαν. Σημαντικοί εξ αυτών είναι ασφαλώς το κάπνισμα και αλκοόλ, αλλά και ιοί όπως ο EBV που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα για το καρκίνωμα του ρινοφάρυγγα. Επιπλέον, πρέπει να αναφερθούν οι περιπτώσεις πολιτών που επιβιώνουν σε πενιχρές συνθήκες μη προσέχοντας την στοματική υγιεινή και την διατροφή τους. Σχετικά με τη διατροφή, εθνικότητες της Μέσης Ανατολής παρέχουν δεδομένα αυξημένης κακοήθειας που θεωρείται ότι σχετίζεται με τη διατροφή πλούσια σε καυτερά τρόφιμα. Τέλος, σημαντικό ρόλο μπορεί να παίξουν και οι συνθήκες εργασίας όπως η όσφρηση εντομοκτόνων αλλά και η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία ή η επανακτινοβολή της περιοχής με ιοντίζουσα ακτινοβολία.

### **2.3.3. ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΚΑΚΟΗΘΕΙΩΝ ΤΗΣ ΚΕΦΑΛΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΡΑΧΗΛΟΥ**

Το πρώτο και σημαντικότερο βήμα στην πραγματοποίηση της ακτινοθεραπείας είναι ο πλήρης απεικονιστικός (απαραίτητα αξονική τομογραφία, μαγνητική τομογραφία και PET/CT) και ιστολογικός έλεγχος με βάση τους οποίους θα αποφασισθεί εάν η θεραπεία θα είναι ριζική ή παρηγορητική. Εν συνεχεία, ο ασθενής εισάγεται στον εξομοιωτή όπου επιλέγεται η θέση θεραπείας, κατασκευάζεται η μάσκα ακινητοποίησης και σχεδιάζονται σημάδια ευθυγράμμισης. Ακολούθως, λαμβάνεται αξονική τομογραφία στις συνθήκες θεραπείας (δηλαδή θέση θεραπείας και κρεβάτι ίδιων προδιαγραφών με του γραμμικού επιταχυντή) με βάση την οποία το ογκολογικό συμβούλιο πραγματοποιεί το πλάνο σχεδιασμού. Τέλος, ο ασθενής εισάγεται μια τελευταία φορά στον εξομοιωτή για να επαληθευθεί το πλάνο θεραπείας.

### Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Ακτινοθεραπεία τραχήλου και στοματικής κοιλότητας

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κλασματοποίηση της δόσης ακτινοβολήσης σε σύνολο συνεδριών. Σε αυτό το πλαίσιο, μπορεί να προκύψουν αποκλίσεις από το πλάνο θεραπείας οδηγώντας σε σφάλματα, τα οποία κατηγοριοποιούνται σε τυχαία και συστηματικά. Επομένως, σε κάθε συνεδρία ένας από τους στόχους είναι η ανάδειξη και αντιμετώπιση τυχαίων και συστηματικών λαθών. Τα συστηματικά λάθη συμβαίνουν επανειλημμένα, προς την ίδια κατεύθυνση και κατά το ίδιο μέτρο. Οφείλονται στη μεταβολή όγκου (π.χ. προσαύξηση βάρους του ασθενούς), σε ηλεκτρονικά σφάλματα (απόκλιση κλίμακας κατά την μεταφορά δεδομένων · υπολογίζεται με τη χρήση phantom με όρια ανοχής  $\pm 2$  mm και  $1^\circ$  στροφή) και σε λάθος κατά την τοποθέτηση προ σχεδιασμού που μεταφέρεται σε όλες τις συνεδρίες. Τα τυχαία λάθη έχουν ακαθόριστο μέγεθος, κατεύθυνση και δεν επαναλαμβάνονται σε κάθε συνεδρία. Τα σφάλματα αυτά συμβαίνουν λόγω εκούσιας ή ακούσιας κίνησης του ασθενούς (συχνότερα αναπνοή) ή επί μέρους λάθος στην τοποθέτηση του ασθενούς.

Όσον αφορά την τοποθέτηση του ασθενούς, στην ακτινοθεραπεία τραχήλου και στοματικής κοιλότητας, κατά γενική ομολογία, ο ασθενής αφαιρεί τα ρούχα και τα μεταλλικά αντικείμενα (π.χ. σκουλαρίκια, τεχνητή οδοντοστοιχία) από τη μέση και πάνω. Για την σωστή ακινητοποίηση απαιτείται θερμοπλαστική μάσκα με την κεφαλή σε ουδέτερη θέση. Σε ορισμένα πρωτόκολλα επιλέγεται η ακινητοποίηση γονάτων (knee fix) ή η επιπλέον κάθοδος των ώμων με έλξη μιάντα. Επίσης, χρησιμοποιείται γλωσσοπίεστρο ή bolus με σκοπό την μείωση της ακτινικής επιβάρυνσης σε ακτινοευαίσθητες περιοχές.

Σε έρευνα της M.Leech και των συνεργατών της το 2016, αναδείχθηκε ότι από ένα δείγμα 187 κέντρων ακτινοθεραπείας από όλη την Ευρώπη, το 41,2% επιλέγει μάσκα 5 σημείων για ακτινοθεραπεία στην τραχηλοπροσωπική χώρα, ενώ σαν τεχνικές οι επικρατέστερες είναι η IMRT και η 3DCRT με ποσοστά 48,5% και 27,9% αντίστοιχα.

Η αξονική τομογραφία σχεδιασμού πραγματοποιείται με τομές 3-5 mm και οι συνηθέστερες τεχνικές είναι η 3DCRT και η IMRT με την δεύτερη να επιλέγεται κατά κόρων.

## Κεφάλαιο 3.1. Συστήματα ακινητοποίησης

### Συσκευές ακινητοποίησης

α. Μάσκα ακινητοποίησης : κατασκευάζεται από πολυμερές και κατά κύριο λόγο το thermoplast , το PETG και το stone plaster . Δεν είναι λίγες οι φορές που προτιμώνται για την δημιουργία της μάσκας υλικά από PETG λόγω της μεγαλύτερης αντοχής , διάρκειας αλλά και του χαμηλότερου κόστους τους. Το θερμοπλαστικό ,πριν την τοποθέτησή του στην κεφαλή του ασθενούς στην αξονική σχεδιασμού , πρέπει να βρίσκεται σε ζεστό νερό προκειμένου να γίνει μαλακό και εύπλαστο. Έπειτα τοποθετείται στην κεφαλή όπου και θα πάρει την ακριβή και τελική μορφή της η μάσκα. Βέβαια, πριν την τοποθέτηση θα πρέπει να δίνεται πολύ μεγάλη σημασία στην σωστή και βολική, για τον ασθενή, θέση της κεφαλής, των ώμων και του τραχήλου. Φυσικά , δεν λείπουν και οι εξαιρέσεις καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν μέσο ακινητοποίησης για την κοιλιά και τα άκρα. Όσον αφορά τα διαθέσιμα είδη μασκών, είναι 3 στον αριθμό και διακρίνονται σε: α) τριών σημείων για πλήρη ακινητοποίηση της κεφαλής και του τραχήλου αποκλειστικά για θεραπείες εγκεφάλου , β) τεσσάρων σημείων και γ) πέντε σημείων για ακινητοποίηση και των ώμων για στερεοτακτικές θεραπείες. Πιο συχνές σε χρήση είναι οι μάσκες τριών και πέντε σημείων.

β. Συσκευές τοποθέτησης του τραχήλου : α) standard , β) general , γ) συνδυασμός και δ) άλλος τρόπος ( vaccum rest ). Παρατηρείται ευρεία χρήση του standard καθώς και ο συνδυασμός του standard-general.

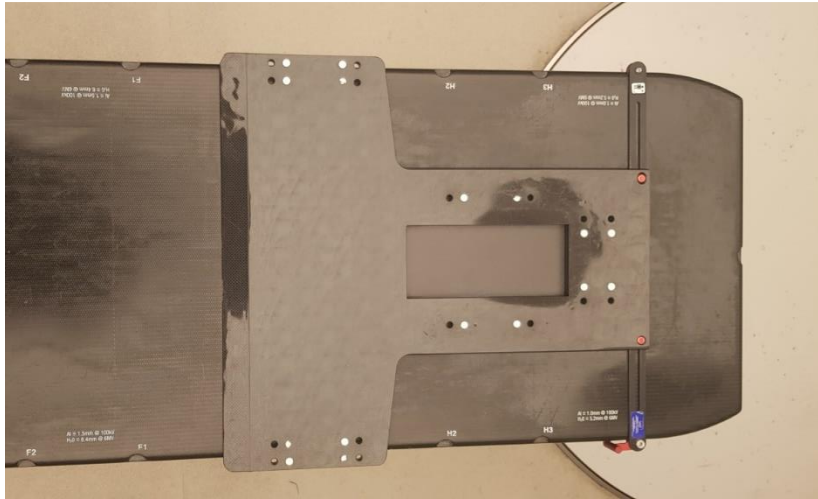
γ. Wedges ( σφήνες ) : τοποθετούνται κάτω από τον τράχηλο για επιπλέον ακινητοποίηση.

δ. Biteblocks ( γλωσσοπίεστρα ) : χρησιμοποιούνται για να διατηρηθεί η στοματική κοιλότητα σε ανοιχτή θέση και για να προστατευθεί η γλώσσα.\

ε. Υλικά οδοντιατρικής ( dental wax , dental compound )

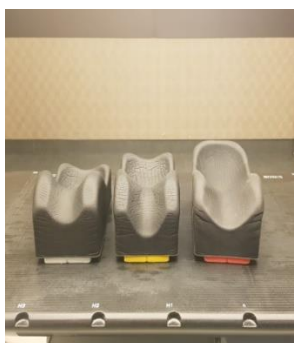
στ. Knee rests

ζ. Shoulder retractors

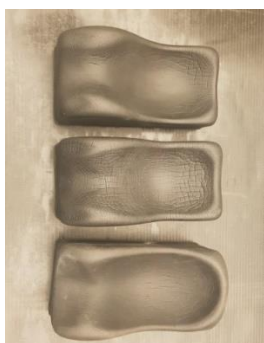


**Εικόνα 7:** Βάση ακινητοποίησης κεφαλής (Headboard) από ανθρακόνημα. Παρατηρείται κενό στο οποίο τοποθετείται μαξιλάρι υποστήριξης κεφαλής και περιμετρικά εσοχές στις οποίες ασφαλίζουν οι θερμοπλαστικές μάσκες έως και πέντε σημείων. Επίσης, διακρίνεται και η μπάρα ακινητοποίησης της βάσης η οποία είναι συρόμενη βοηθώντας την επικέντρωση σε περιφερικούς όγκους (χωρίς αυτήν την επιλογή κάποια πλάνα θεραπείας δεν μπορούν να εκτελεστούν καθώς υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης του κρεβατιού με την κεφαλή του γραμμικού επιταχυντή).





α)



β)



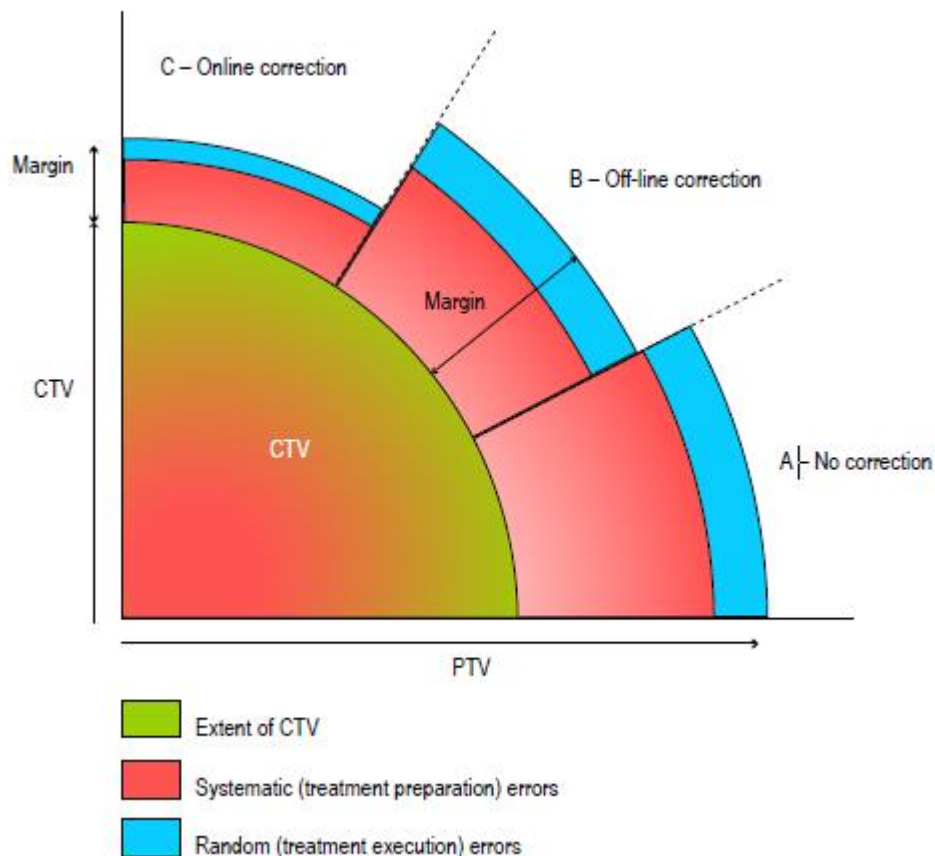
γ)

**Εικόνα 8:** Μαξιλάρια υποστήριξης κεφαλής (Headrest) στα οποία διακρίνονται 3 χρώματα: άσπρο, κίτρινο και κόκκινο. Διακρίνεται διαφορετική κλίση στη δομή των εξαρτημάτων, ούτως ώστε οι ασθενείς να τοποθετηθούν με άνεση και με την σπονδυλική στήλη όσο δυνατόν σε ευθειασμό.

Τα υλικά των συσκευών ακινητοποίησης με εξαίρεση τις μάσκες είναι το ανθρακόνημα και ο αφρός πολουρεθάνης. Το πρώτο είναι ανθεκτικό, εύκολο στην μεταφορά του και δεν εξασθενεί την δέσμη ακτινοβολίας. Το δεύτερο είναι εύπλαστο, προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες της σωματοδομής του εκάστοτε ασθενούς και πλένεται. Είναι απαραίτητο οι συσκευές ακινητοποίησης να προσφέρουν αναπαραγωγιμότητα θέσης και μειωμένη κίνηση.

## Κεφάλαιο 3.2. Ακίνητοποίηση ασθενούς και σφάλματα

Στην περιοχή του τραχήλου και της στοματικής κοιλότητας, η συντριπτική πλειοψηφία των ογκολογικών συμβουλίων επιλέγει την ίδια τοποθέτηση που αναφέρθηκε παραπάνω με έναν κυρίως λόγο: η μικρή κινητικότητα των οργάνων της περιοχής που οφείλεται στην αναπνοή δίνει τη δυνατότητα ακρίβειας στη θεραπεία με απόσταση τα 3 mm από το CTV ως το PTV, εάν η ακίνητοποίηση πληροί υψηλές προδιαγραφές. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι σημαντικό ο τεχνολόγος και ο θεράπων ιατρός να συνεργαστούν και να μεριμνήσουν για κάποια κρίσιμα σημεία κατά την διαδικασία της εξομοίωσης που θα οδηγήσουν στο επιθυμητό αποτέλεσμα.



**Εικόνα 9:** Σχηματική αναπαράσταση του περιθωρίου που δίνεται ούτως ώστε το PTV να συμπεριλαμβάνει τα τυχαία και τα συστηματικά λάθη. (πηγή: IPEM-On target: ensuring geometric accuracy in radiotherapy).

Στόχος είναι η ακινητοποίηση του ασθενούς σε ύπτια θέση με τη σπονδυλική στήλη όσο το δυνατόν σε ευθειασμό, τους ώμους μακριά από το πηγούνι (ούτως ώστε να μην επιπροβάλλονται με πεδίο ακτινοβολήσης και αλλοιωθεί η δοσομετρία) και την κεφαλή χωρίς στροφές. Πρέπει λοιπόν να διασφαλιστεί πως ο ασθενής έχει τοποθετηθεί με άνεση στη θέση θεραπείας και να αναπνέει ήρεμα, πράγμα που καθίσταται δύσκολο ειδικά σε περιπτώσεις κλειστοφοβικών ασθενών (συνίσταται και η χρήση ηρεμιστικών ύστερα από εντολή του θεράποντος ιατρού). Όσον αφορά τους ώμους, συχνά χρησιμοποιούνται χειρολαβές ούτως ώστε να απομακρύνονται από την περιοχή ενδιαφέροντος.

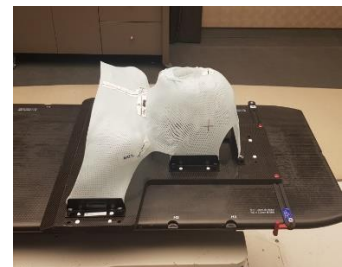
Εφόσον η αναπνοή του ασθενούς έχει σταθεροποιηθεί, ακολουθεί το σημαντικότερο βήμα που ελλοχεύει και τους περισσότερους κινδύνους συστηματικών λαθών, που είναι η δημιουργία μάσκας ακινητοποίησης. Με την επικρατέστερη επιλογή να είναι η θερμοπλαστική μάσκα 5 σημείων, οι τεχνολόγοι με την επίβλεψη του ιατρού δημιουργούν τη μάσκα με τα χαρακτηριστικά του προσώπου ανάγλυφα και τα όρια της μάσκας στενά στο περίγραμμα του ασθενούς. Τοποθετούνται σημάδια κατά την μεσοβελιαία διεύθυνση (συνήθως στη μεσότητα της μηνοειδούς εντομής του στέρνου και κατ' ευθειασμό στη μάσκα) και σε εγκάρσιο επίπεδο (άνωθεν του έσω ακουστικού πόρου, επάνω στη μάσκα), ούτως ώστε το σώμα του ασθενούς να ακουμπά στην κλίνη συμμετρικά. Σημαντικό είναι οι ώμοι να κατεβαίνουν χαμηλά, κάτι στο οποίο μπορεί να φανούν χρήσιμες ειδικές χειρολαβές.



α)



β)

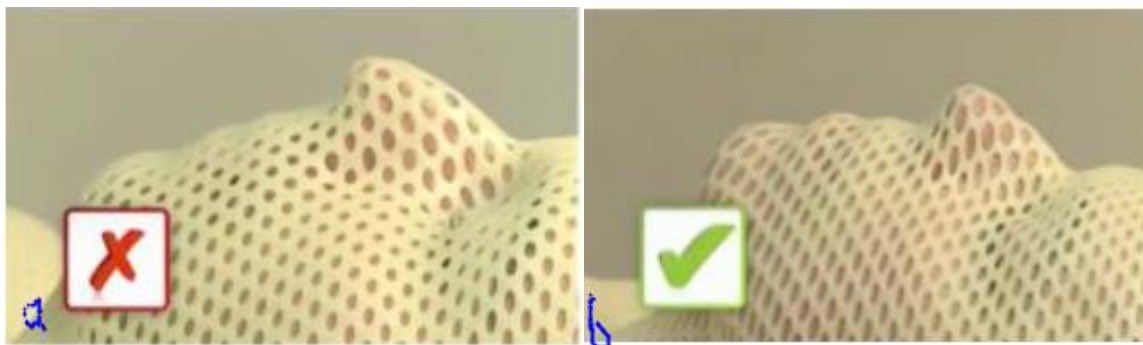


γ)

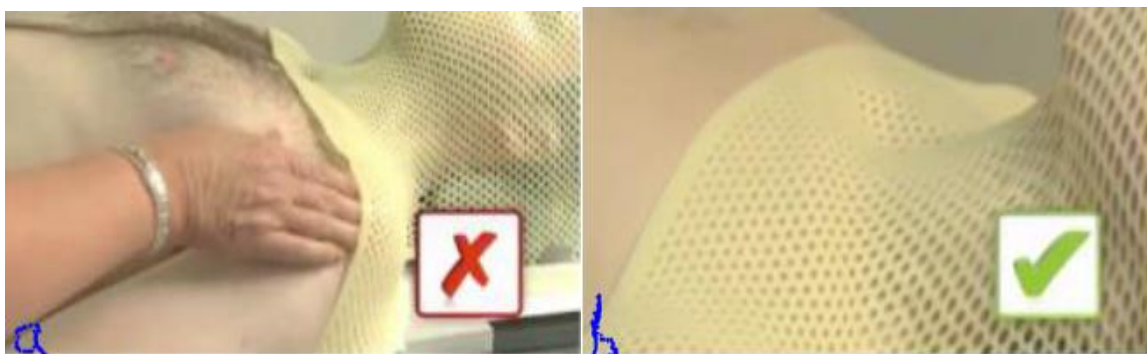
**Εικόνα 10:** Θερμοπλαστική μάσκα 5 σημείων ασφαλισμένη στη βάση ακινητοποίησης. Παρατηρείται εγκοπή στην περιοχή του στόματος για την καλύτερη αναπνοή του ασθενούς.

Επίσης, διακρίνονται τα σημάδια επικέντρωσης της αξονικής και του ισοκέντρου (οι ευθείες γραμμές που προσομοιάζουν σταυρό δημιουργήθηκαν για την αξονική, ενώ αυτές που προσομοιάζουν αστέρι το ισόκεντρο).

Στην παραπάνω διαδικασία είναι πολύ πιθανό να συμβούν μερικά λάθη που οδηγούν σε συστηματικά σφάλματα κατά τη διάρκεια των θεραπειών. Η μη συμμετρική τοποθέτηση του ασθενούς θα οδηγήσει σε στροφή στους άξονες longitude και lateral, κάτι που ελέγχεται κατά την εξομοίωση με δύο ορθογωνιακές ακτινογραφίες. Εάν η υποστήριξη κεφαλής (headrest) δεν είναι σωστή, τότε θα υπάρξει στροφή κατά τον άξονα vertical ως προς την ευθεία που ορίζει η σπονδυλική στήλη. Τέλος, εάν δεν ασκηθεί η κατάλληλη πίεση κατά τη δημιουργία του ανάγλυφου της μάσκας μπορεί να δημιουργηθεί διάστημα που να επιτρέπει την κίνηση του ασθενούς μέσα στη μάσκα. Τα σημεία που ελέγχονται είναι το μέτωπο, το ριζορίνιο, το πηγούνι, οι ώμοι και ο θώρακας.



**Εικόνα 11:** Στην εικόνα 11a παρατηρείται ότι υπάρχει διάστημα μεταξύ μάσκας και μύτης όπως επίσης και στο πηγούνι. Στην εικόνα 11b τόσο η μύτη όσο και η κάτω γνάθος εφάπτονται με την μάσκα. (πηγή: *Guidelines for positioning, immobilization and position verification of head and neck patients for RTT's*, M. Leech).



**Εικόνα 12:** Στην εικόνα 12a διακρίνεται ότι η μάσκα δεν εφάπτεται στο σώμα του ασθενούς στην περιοχή των ώμων και του θώρακα, ενώ στην 12b έχει επιτευχθεί η σωστή δημιουργία της μάσκας. Ένας άτυπος τρόπος ανίχνευσης αυτού του λάθους είναι ο έλεγχος εισχώρησης μίας παλάμης στο διάστημα μεταξύ θώρακος του ασθενούς και μάσκας ακινητοποίησης. (πηγή: *Guidelines for positioning, immobilization and position verification of head and neck patients for RTT's*, M. Leech)

Όσον αφορά την αξονική σχεδιασμού ο ασθενής πρέπει να τοποθετηθεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως στην εξομοίωση, κάτι που πολλές φορές οδηγεί σε συστηματικά λάθη εάν δεν επιτευχθεί. Εάν χρειαστεί ιωδιούχο σκιαγραφικό θα πρέπει να παρθεί ιστορικό για τυχόν αναφυλακτικό επεισόδιο, ενώ οι τομές οφείλουν να είναι 3 mm ή λιγότερων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να επιδεικνύουν οι τεχνολόγοι στην τοποθέτηση όταν χρησιμοποιούνται bolus ή γλωσσοπίεστρα, διότι συνηθέστερο λάθος είναι η μη χρήση τους κατά την αξονική σχεδιασμού λόγω αμέλειας.

### Κεφάλαιο 3.3. Επιβεβαίωση τοποθέτησης και σφάλματα on-line

Για την καθημερινή συνεδρία ακτινοθεραπείας, ο ασθενής τοποθετείται στη θέση θεραπείας βάση των παραμέτρων (setup parameters) που έχουν καθορισθεί κατά τη φάση της εξομοίωσης. Η τοποθέτηση έχει ως στόχο την σύμπτωση του γεωμετρικού ισόκεντρου με το κλινικό ισόκεντρο. Αυτό δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί χωρίς την απεικονιστική επιβεβαίωση λόγω τυχαίων σφαλμάτων. Μέσω της καθημερινής απεικονιστικής επιβεβαίωσης της τοποθέτησης του ασθενούς είναι δυνατόν να εκτιμηθεί εάν το υπολογιζόμενο σφάλμα βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια, που ορίζονται από διεθνή πρωτόκολλα και την κλινική κατάσταση κάθε ασθενούς, ή απαιτείται επανατοποθέτηση. Ειδικότερα, οι οδηγίες από το 2008 και έπειτα αναφέρουν περιθώριο σφάλματος έως 3 mm ενώ σε περιπτώσεις θεραπειών με χρήση γλωσσοπιέστρου έως 3,27 mm. Στην επιβεβαίωση θέσης υπάρχει εύρος απεικονιστικών εργαλείων προς χρήση. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για: α) CBCT, β) kV EPI's, γ) MV portal films.



**Εικόνα 13:** CBCT ασθενούς με καρκίνο του λάρυγγα. Παρατηρούνται σχεδιασμένα το PTV καθώς και η αναπαράσταση των πεδίων και οι ισοδοσιακές γραμμές.

Όσον αφορά τις τρεις άνωθεν τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην επιβεβαίωση θέσης, το portal imaging παρέχει πληροφορίες για τον ανατομικό όγκο, ενώ το kV/CBCT imaging για την περιοχή πέριξ του όγκου-στόχου με το CBCT βάσει ερευνών να υπερτερεί σε ακρίβεια από το portal imaging, όμως να είναι ακριβότερο σε κόστος. Το παραπάνω αναδεικνύεται μέσω μελέτης της S.Osman (2009) σχετικά με ca γλώσσας, όπου με την

εφαρμογή του CBCT και της μάσκας ακινητοποίησης επιτυγχάνεται σφάλμα κάτω του ενός χιλιοστού. Το portal imaging επειδή πραγματοποιείται με ενέργειες της τάξεως των MV, στηρίζεται στο φαινόμενο Compton και άρα παρέχει καλύτερη αντίθεση συγκριτικά με τα kV EPI's.

Ξεκινώντας με τα MV portal films χρησιμοποιείται δέσμη ακτίνων x της τάξεως των MV για απεικονιστική επιβεβαίωση. Η διαδικασία αναδεικνύει οστέινες δομές όχι όμως και μαλακά μόρια , γι' αυτό και χρησιμοποιείται λιγότερο από τις άλλες δύο μεθόδους.

Συνεχίζοντας , τα kV EPI's αποτελούν μία εύκολη και λιγότερο επιβλαβή απεικονιστική προσέγγιση για τον εντοπισμό σφάλματος στην θέση θεραπείας του ασθενούς , όπου συγκρίνονται δύο ορθογωνιακές προβολές με ψηφιακές ανασυνθέσεις σε δυσδιάστατο επίπεδο ( DRR ) από την αξονική σχεδιασμού. Καταληκτικά , η τεχνική εκλογής για την επιβεβαίωση της θέσης θεραπείας είναι η αξονική τομογραφία κωνικής δέσμης ( CBCT ) , όπου παρέχει ογκομετρικές πληροφορίες , αναδεικνύει τόσο οστέινες δομές όσο και μαλακά μόρια καθώς και κάποιες μεταβολές στην παθοφυσιολογία του ασθενούς ( διόγκωση λεμφαδένων, οίδημα, OARs ).

Ένα ακόμα σφάλμα που προκύπτει σε κάθε συνεδρία είναι η ηλεκτρονική απόκλιση των δεδομένων , η οποία αντιμετωπίζεται με τον ποιοτικό έλεγχο του γραμμικού επιταχυντή με την χρήση phantom .

Τέλος , μία ακόμα σημαντική κατηγορία σφαλμάτων είναι αυτή που αφορά αλλαγές στην σωματοδομή του ασθενούς με την πάροδο των συνεδριών. Ειδικότερα , πολύ πιθανή είναι η ελάττωση του βάρους σε πάσχοντες από καρκίνο λάρυγγα και οισοφάγου. Έτσι , δημιουργείται διάστημα ανάμεσα στην επιφάνεια του σώματος του ασθενούς με την μάσκα και επιτρέπει κίνηση εντός της. Σε αυτή την περίπτωση, σκόπιμη είναι η δημιουργία μάσκας εκ νέου.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> : Μελέτη των on-line 3D μετατοπίσεων σε πληθυσμό ασθενών που υποβλήθηκαν σε ακτινοθεραπεία τραχήλου

### Κεφάλαιο 4.1. Μεθοδολογία

Στην καθημερινή ακτινοθεραπευτική διαδικασία η επιβεβαίωση της θέσης θεραπείας πραγματοποιείται μέσω 2D ή/και 3D απεικόνισης. Η 2D ευθυγράμμιση περιλαμβάνει τη λήψη 2D ακτινογραφιών (0° και 90°/270°) οι οποίες, στη συνέχεια, ευθυγραμμίζονται με τις αντίστοιχες DRR (οι οποίες παράγονται από την CT εξομοίωση). Η ευθυγράμμιση γίνεται χειροκίνητα (manual registration) από τους τεχνολόγους-ακτινολόγους και αποθηκεύονται στον ηλεκτρονικό φάκελο θεραπείας του ασθενούς. Η μετατόπιση αφορά στην μετακίνηση της τράπεζας θεραπείας, ώστε το ισόκεντρο θεραπείας να συμπίπτει με το ισόκεντρο περιστροφής του Linac. Υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού στροφής στο εγκάρσιο επίπεδο (στροφή κρεβατιού), αλλά συνήθως δεν συμπεριλαμβάνεται στις παραμέτρους ευθυγράμμισης.

Σκοπός της μελέτης κλινικών απεικονιστικών δεδομένων ήταν η εκτίμηση του τυχαίου και του συστηματικού σφάλματος στην τοποθέτηση του ασθενούς κατά την ακτινοθεραπευτική διαδικασία. Η ανάλυση βασίστηκε στον υπολογισμό της 3D μετατόπισης όπως αυτή υπολογίζεται από τις μετατοπίσεις στον προσθιοπίσθια (ΠΟ), κεφαλουραία (ΚΟ) και πλαγιοπλάγια (ΠΠ) άξονα (Εξίσωση 1).

$$3D \text{ Μετατόπιση} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1)$$

όπου,  $x$  : μετατόπιση στον ΠροσθιοΠίσθιο (ΠΟ) άξονα

$y$  : μετατόπιση στον Κεφαλοουραίο (ΚΟ) άξονα

$z$  : μετατόπιση στον ΠλαγιοΠλάγιο (ΠΠ) άξονα

Οι παράμετροι που υπολογίζονται είναι α) η μέση τιμή μετατόπισης ανά ασθενή ( $MT$ ), η μέση τιμή του πληθυσμού ( $M$ ), η σταθερά απόκλιση των μέσων τιμών ανά ασθενή ( $\Sigma$ ) και το RMS των σταθερών αποκλίσεων ανά ασθενή ( $\sigma$ ) και αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1).



Παράμετροι		Τύπος σφάλματος
Μέση τιμή πληθυσμού μελέτης (M)	$M = \frac{(\sum n MT)}{n}$ . Εκτίμηση της ακρίβειας της μεθόδου ακινητοποίησης.	Συστηματικό
Τυπική απόκλιση (SD) των μέσων τιμών ανά ασθενή (Σ)	Διασπορά των τιμών του δείγματος και ανάδειξη της επαναληψιμότητας της ακτινοθεραπευτικής διαδικασίας.	Συστηματικό
Root Mean Square των SD ανά ασθενή (σ)	Έλεγχος των on-line σφαλμάτων $\sigma = \sqrt{\frac{\sum n SD^2}{n}}$	Τυχαίο

**Πίνακας 1 - Μέτρα διασποράς/Σφάλματα:** Στον πίνακα αναγράφονται τα μέτρα διασποράς που θα χρησιμοποιηθούν για την μελέτη εκφράζοντας την ύπαρξη συστηματικού ή τυχαίου σφάλματος βάσει βιβλιογραφίας (πηγή: IPEM-On target: ensuring geometric accuracy in radiotherapy).

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας, έγινε ανάλυση καταγεγραμμένων δεδομένων μετατόπισης, βασισμένων σε on-line 2D-2D ευθυγράμμιση, 44 ασθενών (30 ασθενείς από το τμήμα Ακτινοθεραπείας του νοσοκομείου «ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ» στη Θεσσαλονίκη, και 14 ασθενείς από το τμήμα Ακτινοθεραπείας του ιδιωτικού κέντρου «ΙΑΣΩ» στην Αθήνα). Τα δεδομένα ήταν ανώνυμα και αφορούσαν ασθενείς που υποβλήθηκαν σε ακτινοθεραπεία της περιοχής του τραχήλου (ca επιγλωττίδας, ca λάρυγγας, υποτροπή ca θυρεοειδούς, ca βάσης γλώσσας). Ο αριθμός των ακτινοθεραπευτικών συνεδριών ήταν 33-35 (200 cGy/συνεδρία στον όγκο-στόχο), ανάλογα με τον προς ακτινοβόληση όγκο, την κλινική κατάσταση του ασθενούς και το πρωτόκολλο που ακολουθήθηκε. Η επιλογή της μάσκας ακινητοποίησης (Cinco – Macromedics) είναι τυχαία. Το χρονικό διάστημα από την εξομοίωση έως την έναρξη της θεραπείας είναι 7-8 ημέρες. Σε 5 ασθενείς χρειάστηκε να κοπεί η μάσκα στην περιοχή του στόματος μετά από αίτημα των ασθενών για διευκόλυνση της αναπνοής. Η ανάλυση θεωρεί πως η ακτινοθεραπευτική διαδικασία είναι όμοια και στα δύο κέντρα στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι θεραπείες. Σε μερικούς ασθενείς δεν λαμβάνεται υπ' όψιν η πρώτη συνεδρία, καθώς σε αυτήν πραγματοποιείται ταύτιση του γεωμετρικού ισοκέντρου με το αντίστοιχο κλινικό που προκύπτει από την εξομοίωση. Επίσης, σε κάποιους ασθενείς δεν συγκαταλέγονται οι τρεις πρώτες συνεδρίες λόγω

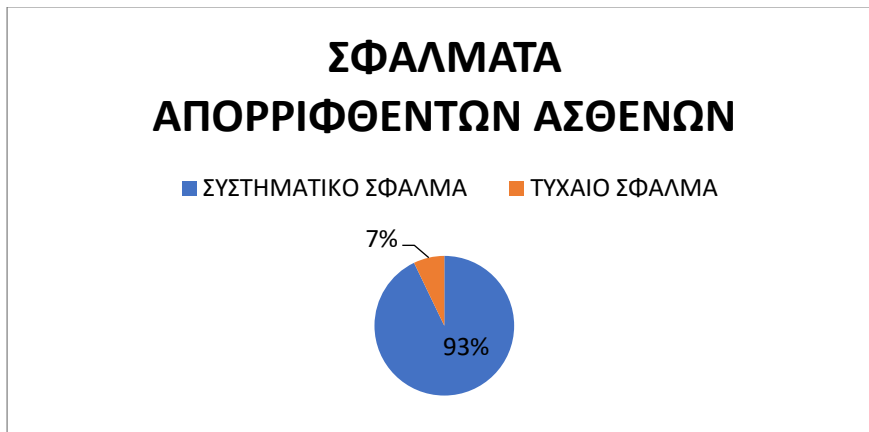
εκτίμησης του πρωτοκόλλου σε ασθενείς με βαριά κλινική εικόνα, όπως τραχειοσωλήνας ή σε σχήμα με χημειοθεραπείες παράλληλα με την ακτινοθεραπεία.

Τα δεδομένα on-line ευθυγράμμισης ελέγχονται με βάση τα διεθνή πρότυπα όσον αφορά την μετατόπιση στους τρεις άξονες θεραπείας (ΠΟ-vertical, ΚΟ-longitude, ΠΠ-lateral). Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η απόκλιση από την θέση θεραπείας που ορίζεται στην εξομοίωση είναι από 2mm έως 5mm σε κάθε άξονα. Στη διαδικασία εκλογής, υπολογίζεται ο μέσος όρος των μετατοπίσεων στον κάθε άξονα όπως και η τυπική απόκλιση. Μέσω αυτών, γίνεται ένας πρώτος έλεγχος εάν η μετατόπιση ξεπερνά τα όρια που έχουν θεσπιστεί. Έτσι λοιπόν, από τους 44 ασθενείς απερρίφθησαν οι 14 λόγω μεγάλης απόκλισης από τις αποδεκτές τιμές (μέση τιμή απόκλισης > 8mm). Οι μετρήσεις που αφορούν στους υπόλοιπους ασθενείς (Πίνακας 2) είναι εντός των ορίων και εξετάζονται για τις αιτίες που προκαλούν την απόκλιση από τη θέση θεραπείας, δηλαδή τα συστηματικά και τα τυχαία σφάλματα. Μέσω των άνωθεν τύπων ποσοτικοποιούνται τα σφάλματα και εν συνεχεία δικαιολογείται η ύπαρξή τους.

## **Κεφάλαιο 4.2. Ανάλυση δεδομένων ασθενών**

Η ανάλυση των κλινικών απεικονιστικών δεδομένων έδειξε ότι στις περιπτώσεις των ασθενών που οι αποκλίσεις ξεπερνούν τα 8 mm (και άρα απερρίφθησαν από την μελέτη) το σφάλμα που είναι συστηματικό, δίχως να υπάρχει σαφής ένδειξη ως προς έναν συγκεκριμένο άξονα (Διάγραμμα 1). Αυτό υποστηρίζεται από το γεγονός ότι η κλινική κατάσταση των συγκεκριμένων ασθενών δεν επιτρέπει την αξιοποίηση των συστημάτων ακινητοποίησης. Σε αρκετές περιπτώσεις το πρόβλημα είναι ο τραχειοσωλήνας και η συνεπαγόμενη αναπνευστική δυσχέρεια που καθιστά την ακινητοποίηση δύσκολη. Ένας επίσης κοινός παράγοντας συστηματικού λάθους που οδηγεί σε μεγάλες αποκλίσεις από την θέση θεραπείας είναι η μεγάλη ηλικία ορισμένων ασθενών. Το άγχος καθιστά αρκετούς ηλικιωμένους ασθενείς μη συνεργάσιμους, με αποτέλεσμα η διαδικασία της ακτινοθεραπείας να υπολείπεται σε ακρίβεια είτε λόγω δυσκολίας στο καθημερινό set up αλλά είτε λόγω δυσκολιών κατά το στάδιο της CT εξομοίωσης και της δημιουργίας μάσκας

ακινητοποίησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλοί ασθενείς αντιμετωπίζουν προβλήματα κλειστοφοβίας ανεξαρτήτου ηλικίας και ανάλογα με την έκταση της φοβίας μπορεί να χρειαστεί χορήγηση ηρεμιστικών ύστερα από υπόδειξη του θεράποντος ιατρού.

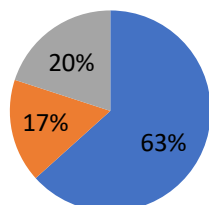


**Διάγραμμα 1 – Σφάλματα απορριφθέντων ασθενών:** Σχηματική αναπαράσταση των 14 ασθενών που δεν συμπεριλαμβάνονται στη μελέτη λόγω Μέσης Τιμής 3D μετατόπισης > 8 mm . Παρατηρείται ότι το 7% αυτών παρουσιάζουν τυχαίο σφάλμα που τους οδηγεί στο να απορριφθούν από την μελέτη, ενώ το 93% συστηματικό.

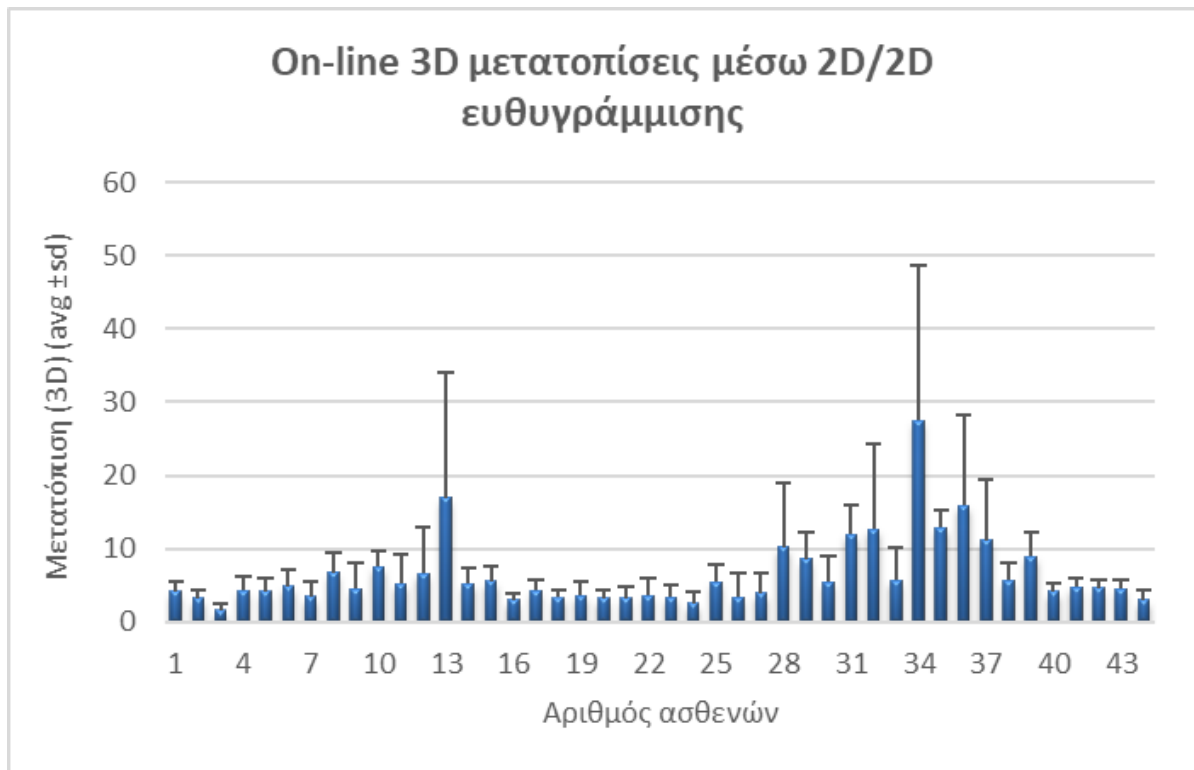
Όσον αφορά τους ασθενείς που κρίθηκαν αποδεκτοί προς μελέτη, παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια του θεραπευτικού σχήματος είναι πιο πιθανό να παρουσιάσουν τυχαία σφάλματα σε κάποιον από τους τρεις άξονες και να οφείλονται σε λάθη κατά το set up. Τα συστηματικά σφάλματα που παρουσιάζουν ορισμένοι οφείλονται κυρίως στον ευθιασμό των laser του εξομοιωτή, στον ανεπαρκή ποιοτικό έλεγχο του απεικονιστικού συστήματος του Linac και στην κατασκευή της μάσκας ακινητοποίησης. Τέλος, ένα μεγάλο μέρος των ασθενών (20% των αποδεκτών ασθενών) τοποθετήθηκε με μικρές αποκλίσεις από τη θέση θεραπείας σε όλη τη διάρκεια του θεραπευτικού σχήματος (Διάγραμμα 2). Ακολουθεί εκτενέστερη ανάλυση των ασθενών αυτών (Πίνακας 2, Πίνακας 3, Διάγραμμα 3).

## ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΑΠΟΔΕΚΤΩΝ ΑΣΘΕΝΩΝ

■ ΤΥΧΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ ■ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ ■ ΕΝΤΟΣ ΟΡΙΩΝ ΣΦΑΛΜΑ



**Διάγραμμα 2 :** Σχηματική αναπαράσταση των σφαλμάτων των 30 ασθενών που συμπεριλαμβάνονται στη μελέτη, εφόσον η Μέση Τιμή της 3D μετατόπισής τους βρίσκεται εντός αποδεκτών ορίων. Παρατηρείται ότι το 17% αυτών παρουσιάζουν συστηματικό σφάλμα και το 63% τυχαίο βάσει των απεικονιστικών δεδομένων σε κάθε άξονα, ενώ το 20% των ασθενών παρουσιάζουν αποκλίσεις εντός επιτρεπτών ορίων (έως 8 mm).



**Διάγραμμα 3 - On line 3D μετατοπίσεις μέσω 2D/2D ευθυγράμμισης:** Αναπαράσταση των Μέσων Τιμών των 3D μετατοπίσεων συνυπολογίζοντας την τυπική απόκλιση των τιμών συναρτήσει του πλήθους των ασθενών. Από την διακύμανση των τιμών παρατηρείται ότι η πλειονότητα του δείγματος βρίσκεται κάτω από τα 10 mm και πιο κοντά στα 5 mm που είναι και το ανώτατο επιτρεπτό όριο σφάλματος βάσει των πρωτοκόλλων (πηγή: IPEM-On target: ensuring geometric accuracy in radiotherapy).

	MT 3D/ασθενή (mm)	SD MT/ασθενή (mm)	SD <sup>2</sup> (mm)	Σn SD <sup>2</sup> (m (Σn SD <sup>2</sup> )/n (mm)	RMS (mm)	
1	3,200	1,228	1,508	149,754	4,992	2,234
2	1,577	0,848	0,719			
3	4,298	1,850	3,422			
4	4,190	1,861	3,463			
5	4,873	2,229	4,971			
6	3,504	1,900	3,611			
7	4,509	3,670	13,471			
8	5,286	3,922	15,383			
9	5,258	2,115	4,474			
10	5,579	1,987	3,947			
11	2,991	0,995	0,991			
12	4,271	1,566	2,452			
13	3,341	1,077	1,160			
14	3,578	1,974	3,897			
15	3,273	1,157	1,339			
16	3,258	1,637	2,679			
17	3,616	2,262	5,119			
18	3,369	1,692	2,864			
19	2,593	1,539	2,368			
20	5,413	2,393	5,725			
21	3,416	3,196	10,217			
22	3,910	2,869	8,232			
23	5,415	3,697	13,666			
24	5,663	4,483	20,098			
25	5,643	2,541	6,456			
26	4,195	1,094	1,198			
27	4,728	1,211	1,466			
28	4,621	1,057	1,117			
29	4,535	1,299	1,687			
30	2,986	1,434	2,055			

**Πίνακας 2 – Μέση Τιμή και Τυπική Απόκλιση της 3D μετατόπισης των προς μελέτη ασθενών:** Σύνοψη των δεδομένων των επιλεγμένων προς μελέτη ασθενών εκφρασμένοι σε χιλιοστά.

Από τα δεδομένα του πίνακα 3 γίνεται ο υπολογισμός των τριών μέτρων διασποράς που εκφράζουν το συστηματικό και το τυχαίο σφάλμα.

MT 3D Πληθισμού (mm) (M)	SD των MT (mm) (Σ)	RMS των SD (mm) (σ)
4,103	1,029	2,234
Systematic	Systematic	Random

**Πίνακας 3 - Αποτελέσματα μελέτης των 30 ασθενών.**

Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα, η ακινητοποίηση στις συνεδρίες ακτινοθεραπείας κεφαλής και τραχήλου κρίνεται εντός των ορίων σφάλματος και ικανή να πραγματοποιηθεί κατά τον ίδιο τρόπο σε όλες τις συνεδρίες, επομένως είναι ακριβής και επαναλήψιμη.

- Όσον αφορά τα συστηματικά σφάλματα, οι ασθενείς παρουσίασαν Μέση Τιμή 3D μετατόπισης τα 4,103 mm με μέγιστη τιμή τα 5,663 mm. Η ύπαρξη των σφαλμάτων αυτών οφείλεται στις θερμοπλαστικές μάσκες και στα συστήματα ακινητοποίησης, στην εσφαλμένη εκτίμηση στο set up κατά την διάρκεια της εξομοίωσης, στο ηλεκτρονικό σφάλμα κατά την μεταφορά των data και στην απόκλιση στον ευθιασμό του laser του εξομοιωτή.
- Εφόσον η τυπική απόκλιση των Μέσων Τιμών της 3D μετατόπισης είναι 1,029 mm, συμπεραίνεται ότι η διαδικασία δεν έχει μεγάλες διαφορές στην τοποθέτηση των ασθενών, άρα αξιολογείται ως επαναλήψιμη.
- Σύμφωνα με τον δείκτη RMS (Root Mean Square) των τυπικών αποκλίσεων των Μέσων Τιμών της 3D μετατόπισης, υπολογίζεται ότι το τυχαίο σφάλμα είναι της τάξεως των 2,234 mm. Οφείλεται σε αλλαγές στη σωματοδομή του ασθενούς ή σε σφάλματα κατά την τοποθέτηση που ήταν συχνά σε περιπτώσεις ασθενών με τραχειοσωλήνα, κλειστοφοβικούς, μεγάλης ηλικίας που παρουσίαζαν στρες ή σε ασθενείς που αισθάνονταν δυσφορία λόγω του γλωσσοπιέστρου.

## Επίλογος

Εν κατακλείδι, η απεικονιστικά καθοδηγούμενη μέθοδος ακτινοθεραπείας βελτιώνει το θεραπευτικό αποτέλεσμα, αφού η διαδικασία γίνεται ακόμη πιο ακριβής και μειώνεται η πιθανότητα σφάλματος. Με την βελτίωσή της μελλοντικά, οι θεραπείες δύνανται να γίνουν ακόμη πιο αποτελεσματικές με την μείωση των σφαλμάτων, βελτιώνοντας την ακτινοπροστασία των υγιών οργάνων. Υπάρχουν ακόμη αρκετά περιθώρια εξέλιξης της on-line επιβεβαίωσης θέσης που θα συμβάλλουν στην αξιολόγηση της γεωμετρικής σχέσης του όγκου στόχου με το ισόκεντρο θεραπείας σε πραγματικό χρόνο.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Επιστημονικά βιβλία**

- [1] Videtic GMM, Vassil AD, Woody Neil M. Handbook of Treatment Planning in Radiation Oncology. 3rd Edition. Odyssey Press Inc. New York 2015
- [2] Barrett A, Morris S, Dobbs J, Roques T. Practical Radiotherapy Planning. 4th Edition. CRC Press. London 2009
- [3] Society and College of Radiographers, the Institute of Physics and Engineering in Medicine and The Royal College of Radiologists On target: ensuring geometric accuracy in radiotherapy. 1st Edition. The Royal College of Radiologists. London 2008
- [4] Γώγου Λ. Θεραπεία με Ραδιοφάρμακα. Β΄ έκδοση. Εκδόσεις ΑΘ.ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ. Αθήνα 2019
- [5] Μπαλαφούτα Μ (ed). Ειδικές Εφαρμογές Ακτινοθεραπείας. Α΄ έκδοση. Ιατρικές Εκδόσεις Κωνσταντάρας. Αθήνα 2019
- [6] Κοσμίδης Π Α. , Τσακίρης Γ. Ογκολογία-Ραδιοβιολογία. Α΄ έκδοση. Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας. Αθήνα 2009
- [7] Γεωργίου Ε, Ιατρική Φυσική. 2η έκδοση. Εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ. Νικόσια 2014
- [8] Τσακίρης Γ. , Θρουβάλας Ν. , Κυργιάς Γ. Ακτινοθεραπευτική Ογκολογία Α΄ Τόμος. Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας. Αθήνα 2006

### **Επιστημονικά άρθρα**

[9]

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%AF%CE%BB%CF%87%CE%B5%CE%BB%CE%BC\\_%CE%9A%CF%8C%CE%BD%CF%81%CE%B1%CE%BD%CF%84\\_%CE%A1%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%AF%CE%BB%CF%87%CE%B5%CE%BB%CE%BC_%CE%9A%CF%8C%CE%BD%CF%81%CE%B1%CE%BD%CF%84_%CE%A1%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BD)

[10]

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3109/02841868809090329>

H. D. Thames. Early Fractionation Methods and the Origins of the NSD Concept, *Acta Oncologica*, 1988 27:2, 89-103

[11]

[http://www.iatrikionline.gr/ellia\\_13/5.pdf](http://www.iatrikionline.gr/ellia_13/5.pdf)

[12]

[https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3041/1/02\\_chapter\\_06.pdf](https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3041/1/02_chapter_06.pdf)

[13]

<https://www.astro.org/ESTRO/media/ESTRO/About/Committees/RTT/guidelines-for-positioning-immobilisation-and-position-verification-of-head-and-neck-patients-for-rtts.pdf>

ESTRO : GUIDELINES FOR POSITIONING, IMMOBILISATION AND POSITION VERIFICATION OF HEAD AND NECK PATIENTS FOR RTTs, Leech (Ed).

[14]

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28927550/>

Olson A, Phillips K, Eng T *et al*. Assessing dose variance from immobilization devices in VMAT head and neck treatment planning: A retrospective case study analysis. *Med Dosim*, 2018 Spring;43(1):39-45

[15]

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19524313/>

Osman SOS , HCJ, Astreinidou E, et al, On-line cone beam CT image guidance for vocal cord tumor targeting. *Radiother Oncol* 2009 Oct;93(1):8-13

[16]

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11560826/>

Langmack KA, Portal Imaging, *Br J Radiol*, 2001 Sep;74(885):789-804

[17]

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20202813/>

Wu WCV, Leung WS, Kay SS et al. A comparison between electronic portal imaging device and cone beam CT in radiotherapy verification of nasopharyngeal carcinoma. *Med Dosim*, Spring 2011;36(1):109-12.

[18]

<https://www.researchgate.net/publication/326582558> Comparison of two thermoplastic immobilization mask systems in daily volumetric image guided radiation therapy for head and neck cancers

[19]

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24630534/>