

**Κατευθυντήριες οδηγίες για τα πρωτόκολλα  
περιοδικών ελέγχων ποιότητας απεικονιστικών  
συστημάτων ακτινοθεραπείας**

**Δεκέμβριος 2019**

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. Εισαγωγή.....	2
2. Ακτινολογικό σύστημα γραμμικού επιταχυντή on-board imaging system (OBI) .....	3
3. Σύστημα PORTAL IMAGER γραμμικού επιταχυντή .....	10
4. Αξονικός τομογράφος εξομοιωτής- CT SIM .....	14
5. Κλασικός εξομοιωτής ακτινοθεραπείας – Conventional radiotherapy simulator .....	18
6. Βιβλιογραφία.....	24

## 1. Εισαγωγή

---

Οι παρούσες κατευθυντήριες οδηγίες αφορούν τα πρωτόκολλα περιοδικών ελέγχων ποιότητας απεικονιστικών συστημάτων ακτινοθεραπείας. Αναρτώνται στον διαδικτυακό τόπο της ΕΕΑΕ, κατ' εφαρμογή της παρ. 3 του άρθρου 60 του π. δ. 101/2018 (Α'194), προς διευκόλυνση των οργανισμών αναφορικά με την απαίτηση ότι ο χρησιμοποιούμενος ακτινικός εξοπλισμός ελέγχεται αυστηρά όσον αφορά την ακτινοπροστασία καθώς και τη διασαφήνιση του πότε απαιτείται η λήψη κατάλληλων διορθωτικών ενεργειών, συμπεριλαμβανομένης της διακοπής της λειτουργίας του εξοπλισμού.

Οι παρούσες κατευθυντήριες οδηγίες έχουν συνταχθεί από ειδική ομάδα εργασίας της Ένωσης Φυσικών Ιατρικής Ελλάδος (ΕΦΙΕ), βάσει των σχετικών διεθνών και ευρωπαϊκών πρωτοκόλλων.

Σημειώνεται ότι οι κατευθυντήριες οδηγίες δεν θεσπίζουν νέες ρυθμίσεις αλλά παρέχουν διευκρινίσεις στα θέματα που αφορούν. Ο εκάστοτε οργανισμός οφείλει να συμμορφώνεται με το σύνολο των νομοθετικών απαιτήσεων. Συνεπώς, οι κατευθυντήριες οδηγίες δεν καταργούν ούτε μεταβάλλουν την υποχρέωση των οργανισμών να συμμορφώνονται με το σύνολο των απαιτήσεων που απορρέουν από τους Κανονισμούς Ακτινοπροστασίας (ΚΑ). Ο υπόχρεος οργανισμός μπορεί να κληθεί να αποδείξει ότι συμμορφώνεται με το πλαίσιο των ΚΑ με οποιοδήποτε πρόσφορο μέσο ή μεθοδολογία.

Οι παρούσες κατευθυντήριες οδηγίες αναθεωρούνται όποτε κριθεί απαραίτητο λαμβανομένων υπόψη των τεχνολογικών εξελίξεων.

## 2. Ακτινολογικό σύστημα γραμμικού επιταχυντή on-board imaging system (OBI)

---

2.1. Έλεγχος ασφαλούς λειτουργίας  
Interlocks – Διακοπή Λειτουργίας Με άνοιγμα πόρτας θαλάμου  
Με ενεργοποίηση διακοπής εκτάκτου ανάγκης Interlocks – Αδυναμία Εκκίνησης Λειτουργίας Με ανοικτή πόρτα  
Με ενεργοποίηση σύστημα αποφυγής σύγκρουσης Με το απεικονιστικό σύστημα σε λάθος θέση

2.2. Μηχανικοί έλεγχοι

2.2.1. Λυχνία απεικονιστικού συστήματος – Ακρίβεια κατακόρυφης θέσης

Σκοπός

Έλεγχος της κατακόρυφης θέσης της λυχνίας του απεικονιστικού συστήματος.

Περιοδικότητα

Μηνιαίος

Όργανα ελέγχου

Μετροταινία

Μεθοδολογία

Η κατακόρυφη θέση της λυχνίας (kVS) μετράται από την επιφάνεια του κατευθυντήρα της kVS έως την προβολή του ισοκέντρου του επιταχυντή.

Στρέφεται το gantry στις 270°. Τίθεται η kVS στην κατακόρυφη θέση 100 χρησιμοποιώντας το χειριστήριο του συστήματος. Με μετροταινία μετράται η απόσταση από την επιφάνεια του κατευθυντήρα της kVS έως την προβολή του ισοκέντρου του επιταχυντή. Η απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του κατευθυντήρα και του εστιακού σημείου είναι συγκεκριμένη και προστίθεται στην παραπάνω ώστε να υπολογισθεί η απόσταση του εστιακού σημείου της kVS από το ισοκέντρο. Συγκρίνεται η υπολογιζόμενη απόσταση με αυτή που τέθηκε με το χειριστήριο του συστήματος.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση < 2mm

2.2.2. Ανιχνευτική μονάδα απεικονιστικού συστήματος – Ακρίβεια κατακόρυφης θέσης

Σκοπός

Έλεγχος της κατακόρυφης θέσης της ανιχνευτικής μονάδας του απεικονιστικού συστήματος

Περιοδικότητα

Μηνιαίος

Όργανα ελέγχου

Μετροταινία

Μεθοδολογία

Η κατακόρυφη θέση της ανιχνευτικής μονάδας (kVD) μετράται από την εξωτερική επιφάνεια του ψηφιακού ανιχνευτή έως την προβολή του ισοκέντρου του επιταχυντή.

Στρέφεται το gantry στις 90°. Τίθεται το kVD στην κατακόρυφη θέση 20 χρησιμοποιώντας το χειριστήριο του συστήματος. Με μετροταινία μετράται η απόσταση από την εξωτερική επιφάνεια του ανιχνευτή έως την προβολή του ισοκέντρου του επιταχυντή. Η απόσταση μεταξύ της επιφάνειας της ανιχνευτικής μονάδας και της μήτρας της ανιχνευτικής μονάδας είναι συγκεκριμένη και προστίθεται

στην παραπάνω ώστε να υπολογισθεί η απόσταση της μήτρας της ανιχνευτικής μονάδας από το ισόκεντρο. Συγκρίνεται η υπολογιζόμενη απόσταση με αυτή που θέσαμε με το χειριστήριο του συστήματος. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για 2-3 διαφορετικές κατακόρυφες θέσεις της ανιχνευτικής μονάδας.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση < 2mm

2.2.3. Ανιχνευτής απεικονιστικού συστήματος Ακρίβεια επιμήκους και οριζόντιας κίνησης

Σκοπός

Έλεγχος της επιμήκους και οριζόντιας κίνησης της ανιχνευτικής μονάδας του απεικονιστικού συστήματος.

Περιοδικότητα

Μηνιαίος

Όργανα ελέγχου

Μετροταινία

Μεθοδολογία

Στρέφεται το gantry στις 90° και η kVD ανιχνευτική μονάδα στην κατακόρυφη θέση -50/0/0 χρησιμοποιώντας το χειριστήριο. Απομακρύνεται η kVS λυχνία σε θέση που να επιτρέπει την προβολή του laser οροφής. Χρησιμοποιώντας κολλητική χαρτοταινία, καταγράφεται η προβολή του laser στην επιφάνεια της ανιχνευτικής μονάδας. Στη συνέχεια, τίθεται η ανιχνευτική μονάδα στη θέση -50/+10/+10, και απομακρύνεται η kVS λυχνία σε θέση που δεν αποκόπτει το laser. Με τη χρήση μετροταινίας, μετράται η απόσταση μεταξύ της προβολής του laser και την προβολή αναφοράς. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται με την ανιχνευτική μονάδα στη θέση -50/-10/-10.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση < 2mm

2.3. Γεωμετρικοί Έλεγχοι

2.3.1. Έλεγχος 2D ισοκέντρου (ακτινογραφία-ακτινοσκόπηση)

Σκοπός

Έλεγχος της σύμπτωσης του ισοκέντρου του απεικονιστικού συστήματος με το ισόκεντρο του γραμμικού επιταχυντή.

Περιοδικότητα

Καθημερινός έλεγχος του ισοκέντρου σε 0°, 270° - Μηνιαίος σε 0°, 90°, 180° και 270°.

Όργανα ελέγχου

Κυβοειδές ομοίωμα (marker block)

Μεθοδολογία

Το κυβοειδές ομοίωμα τοποθετείται στο κρεβάτι του επιταχυντή και επικεντρώνεται με τη βοήθεια του συστήματος laser και του σταυρονήματος του επιταχυντή. Πραγματοποιούνται δύο λήψεις, προσθιοπίσθια και πλάγια με τον ανιχνευτή (kVD) στη θέση (-50,0,0) και τη λυχνία (kVS) στη θέση (100,0). Η απόσταση εστίας ανιχνευτή είναι 150cm.

Μετρείται η απόσταση του ακτινοσκιερού κέντρου του ομοιώματος από το κέντρο της ληφθείσας εικόνας.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση < 2mm

2.3.2. Έλεγχος 3D ισοκέντρου (τομογραφία κωνικής δέσμης Cone-Beam Computed Tomography – CBCT)

### Σκοπός

Έλεγχος της σύμπτωσης του ισόκέντρου του απεικονιστικού συστήματος τομογραφίας κωνικής δέσμης με το ισόκεντρο του γραμμικού επιταχυντή.

### Περιοδικότητα

Καθημερινός έλεγχος.

### Όργανα ελέγχου

Κυβοειδές ομοίωμα (marker block)

### Μεθοδολογία

Το κυβοειδές ομοίωμα τοποθετείται στο κρεβάτι του επιταχυντή και επικεντρώνεται με τη βοήθεια του συστήματος laser και του σταυρονήματος του επιταχυντή. Γίνεται λήψη CBCT δεδομένων χρησιμοποιώντας, είτε το φίλτρο full-fan, είτε το half-fan φίλτρο. Μετά την ανακατασκευή των CBCT δεδομένων, μετρείται η απόκλιση του κεντρικού ακτινοσκοιού marker από το κέντρο των 2D εικόνων στο εγκάρσιο, στεφανιαίο και οβελιαίο επίπεδο.

### Όριο αποδοχής

Απόκλιση < 2mm

## 2.3.3. Έλεγχος λογισμικού ευθυγράμμισης 2D ακτινογραφικών προβολών

### Σκοπός

Έλεγχος του λογισμικού ευθυγράμμισης (image registration - alignment) 2D ακτινογραφικών προβολών που πραγματοποιούνται για την επιβεβαίωση της θέσης θεραπείας.

### Συχνότητα ελέγχου

Καθημερινός

### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Κυβοειδές ομοίωμα (marker block)

### Μεθοδολογία

Απαιτείται λήψη CT δεδομένων του ομοιώματος και δημιουργία ψηφιακά ανακατασκευασμένων ακτινογραφιών (DRR) του ομοιώματος στις 0° και 270°.

Οι θέσεις 0° και 270° (σύστημα απεικόνισης) αντιστοιχούν στις 90° και 0° (γραμμικός επιταχυντής).

Το ομοίωμα, αρχικά ευθυγραμμισμένο με το ισόκεντρο του συστήματος, μετατοπίζεται κατά μήκος των Π-Ο, Δ-Α και Κ-Ο αξόνων.

Λήψη ακτινογραφιών στις 0° και 270° και υπολογισμός της μετατόπισης, κατά μήκος των τριών αξόνων, για την ευθυγράμμιση (registration) των ληφθεισών εικόνων με τις αντίστοιχες DRR αναφοράς.

### Όριο αποδοχής

Απόκλιση <2mm μεταξύ της αρχικής και της υπολογιζόμενης, με το λογισμικό ευθυγράμμισης, μετατόπισης πρέπει να είναι μικρότερη των 2mm, στους τρεις άξονες (longitudinal, vertical, lateral).

## 2.3.4. Έλεγχος λογισμικού ευθυγράμμισης 3Dδεδομένων (τομογραφία κωνικής δέσμης - CBCT)

### Σκοπός

Έλεγχος του λογισμικού ευθυγράμμισης (image registration - alignment) 3D CBCT δεδομένων, μέσω εγκάρσιων, στεφανιαίων και οβελιαίων ανασυνθέσεων, που πραγματοποιείται για την επιβεβαίωση της θέσης θεραπείας.

### Συχνότητα ελέγχου

Καθημερινός

#### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Κυβοειδές ομοίωμα (marker block)

#### Μεθοδολογία

Απαιτείται λήψη CT δεδομένων του ομοιώματος και δημιουργία ψηφιακά ανακατασκευασμένων ακτινογραφιών (DRR) του ομοιώματος στις 0° και 270°.

Το ομοίωμα, αρχικά ευθυγραμμισμένο με το ισόκεντρο του συστήματος, μετατοπίζεται κατά μήκος των Π-Ο, Δ-Α και Κ-Ο αξόνων.

Γίνεται λήψη CBCT δεδομένων, είτε full-fan (πρωτόκολλο απεικόνισης κεφαλής), είτε half-fan (πρωτόκολλο απεικόνισης θώρακα).

Η μετατόπιση κατά μήκος των τριών αξόνων (επιμήκης, πλάγιος, κάθετος) για την ευθυγράμμιση των δύο 3D δεδομένων γίνεται είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα (manually) μέσω του διαθέσιμου λογισμικού.

#### Όριο αποδοχής

Απόκλιση <2mm μεταξύ της αρχικής και της υπολογιζόμενης, με το λογισμικό ευθυγράμμισης, μετατόπισης πρέπει να είναι μικρότερη των 2mm, στους τρεις άξονες (Π-Ο, Δ-Α, Κ-Ο).

- 2.3.5. Έλεγχος γεωμετρικής παραμόρφωσης 3D δεδομένων ευθυγράμμισης τομογραφίας κωνικής δέσμης (CBCT)

#### Σκοπός

Έλεγχος γεωμετρικών παραμορφώσεων κατά την ευθυγράμμιση CBCT δεδομένων.

#### Συχνότητα ελέγχου

Εξαμηνιαίος

#### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Κυλινδρικό ομοίωμα που περιλαμβάνει εσωτερικά εξαρτήματα και δομές γνωστής γεωμετρίας.

#### Μεθοδολογία

Απαιτείται λήψη CT δεδομένων του ομοιώματος.

Το ομοίωμα, αρχικά ευθυγραμμισμένο με το ισόκεντρο του συστήματος, μετατοπίζεται κατά μήκος των Π-Ο, Δ-Α και Κ-Ο αξόνων. Η λήψη CBCT δεδομένων πραγματοποιείται με πάχος τομής 2mm και στοιχεία λήψης που αντιστοιχούν σε πρωτόκολλο κρανίου.

Η μετατόπιση κατά μήκος των τριών αξόνων (επιμήκης, πλάγιος, κάθετος) για την ευθυγράμμιση των δύο 3D δεδομένων γίνεται είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα (manually) μέσω του διαθέσιμου λογισμικού. Στις εγκάρσιες τομές των ευθυγραμμισμένων (registered) 3D δεδομένων πραγματοποιούνται μετρήσεις των γνωστών δομών του εκάστοτε ομοιώματος.

#### Όριο αποδοχής

Καθορίζεται στη διαδικασία αποδοχής.

- 2.3.6. Διαστάσεις Ακτινογραφικού Πεδίου

#### Σκοπός

Έλεγχος των διαστάσεων του ακτινογραφικού πεδίου.

#### Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

#### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα βαθμονομημένων αποστάσεων (printed circuit board)

#### Μεθοδολογία

Το ομοίωμα τοποθετείται στην τράπεζα του επιταχυντή. Επικέντρωση με τη βοήθεια των επιτοίχιων laser και του σταυρονήματος. Το SSD τίθεται ίσο με 100cm. Ο ψηφιακός ανιχνευτής (kVD) στη θέση (-50,0,0) και η λυχνία (kVS) στη θέση (100,0). Πραγματοποιείται δισδιάστατη λήψη του ομοιώματος με χρήση ακτινολογικών παραμέτρων όπως αυτοί καθορίστηκαν κατά τη διαδικασία αποδοχής του συστήματος (acceptance).

Μετράται το μήκος γνωστών διαστάσεων και γίνεται σύγκριση μεταξύ πραγματικών και μετρούμενων αποστάσεων.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση <1mm μεταξύ των πραγματικών και των μετρούμενων διαστάσεων.

2.3.7. Μεγέθυνση Ψηφιακής Εικόνας

Σκοπός

Μέτρηση της μεγέθυνσης των ψηφιακών εικόνων και της ακρίβειας των μετρούμενων αποστάσεων για το συγκεκριμένο setup των SAD και SID.

Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα βαθμονομημένων αποστάσεων (printed circuit board)

Μεθοδολογία

Το ομοίωμα τοποθετείται στην τράπεζα του επιταχυντή. Επικέντρωση με τη βοήθεια των επιτοίχιων laser και του σταυρονήματος. Το SSD τίθεται ίσο με 100cm. Ο ψηφιακός ανιχνευτής (kVD) στη θέση (-50,0,0) και η λυχνία (kVS) στη θέση (100,0). Μέτρηση των αποστάσεων μεταξύ σημείων του ομοιώματος.

Όρια αποδοχής

Απόκλιση <1mm στις μετρούμενες αποστάσεις.

2.4. Έλεγχος Ποιότητας Ακτινογραφικής εικόνας

2.4.1. Διακριτική Ικανότητα Χαμηλής Αντίθεσης

Σκοπός

Μέτρηση της χαμηλής διακριτικής ικανότητας (low contrast resolution) του ανιχνευτή υπό ακτινογραφική λειτουργία.

Συχνότητα ελέγχου

Τριμηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Εξάρτημα ελέγχου διακριτικής ικανότητας χαμηλής αντίθεσης (Low Contrast Resolution test pattern – bar pattern)

Μεθοδολογία

Καταγράφεται το μέγεθος της μικρότερης ευκρινούς οπής. Οι παράγοντες έκθεσης είναι : 75kV, 25mA, 6ms

Όριο αποδοχής

<2.5% contrast

2.4.2. Διακριτική Ικανότητα Υψηλής Αντίθεσης

Σκοπός

Μέτρηση της υψηλής διακριτικής ικανότητας (high contrast resolution) του ανιχνευτή υπό ακτινογραφική λειτουργία.

Συχνότητα ελέγχου

Τριμηνιαίος



Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα που διαθέτει εύρος ζευγών γραμμών ανά χιλιοστό φύλλο Cu 1mm

Μεθοδολογία

Τοποθετείται φίλτρο Cu 1mm στην έξοδο της λυχνίας. Καταγράφεται ο μέγιστος αριθμός ζευγών γραμμών (lp/mm) που είναι ευκρινώς ορατό.

Οι παράγοντες έκθεσης είναι : 50-80kVp, 80mA, 120ms

Όριο αποδοχής

> 1.5 lp/mm

2.5. Έλεγχος Ποιότητας Ακτινοσκοπικής εικόνας

2.5.1. Διακριτική Ικανότητα Χαμηλής Αντίθεσης

Σκοπός

Μέτρηση της χαμηλής διακριτικής ικανότητας (low contrast resolution) του ανιχνευτή υπό ακτινοσκοπική λειτουργία.

Συχνότητα ελέγχου

Τριμηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Εξάρτημα ελέγχου διακριτικής ικανότητας χαμηλής αντίθεσης (Low Contrast Resolution testpattern – bar pattern).

Μεθοδολογία

Καταγράφεται το μέγεθος της μικρότερης ευκρινούς οπής. Οι παράγοντες έκθεσης είναι : 70kV, 30mA, 6ms.

Όρια αποδοχής

<2.5% contrast

2.5.2. Διακριτική Ικανότητα Υψηλής Αντίθεσης

Σκοπός

Μέτρηση της υψηλής διακριτικής ικανότητας (high contrast resolution) του ανιχνευτή υπό ακτινοσκοπική λειτουργία.

Συχνότητα ελέγχου

Τριμηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Εξάρτημα ελέγχου διακριτικής ικανότητας υψηλής αντίθεσης (High Contrast Resolution test pattern).

Μεθοδολογία

Τοποθετείται φίλτρο Cu 1mm στην έξοδο της λυχνίας.

Καταγράφεται ο μέγιστος αριθμός ζευγών γραμμών (lp/mm) που είναι ευκρινώς ορατό. Οι παράγοντες έκθεσης είναι : 50-80kVp, 80mA, 30ms

Όριο αποδοχής

> 1.5 lp/mm

2.6. Έλεγχος Ποιότητας Συστήματος Τομογραφίας Κωνικής Δέσμης (CBCT)

2.6.1. Ομοιογένεια

Σκοπός

Ο αποκλεισμός λειτουργικών προβλημάτων του συστήματος CBCT, εμφανιζόμενα ως ψευδοεικόνες-artifacts, που επηρεάζουν την ανακατασκευασμένη εικόνα.

Συχνότητα ελέγχου

Εξαμηνιαίος και μετά από μηχανικές/ηλεκτρονικές παρεμβάσεις στο σύστημα.

#### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα κεφαλής (διάμετρος 16cm) ή σώματος (διάμετρος 32cm) (νερό ή PMMA).

#### Μεθοδολογία

Το ομοίωμα επικεντρώνεται στο ισόκεντρο του γραμμικού επιταχυντή. Η λήψη πραγματοποιείται με πάχος τομής περίπου 2mm για το εύρος τιμών kVp που χρησιμοποιούνται στην κλινική πράξη.

Σχεδιάζονται πέντε (5) περιοχές ενδιαφέροντος (ROIs), μία στο κέντρο και τέσσερις στη 12η,

3η, 6η και 9η ώρα και καταγράφονται οι μέσες τιμές. Υπολογίζεται ο μέσος όρος των πέντε τιμών και η διαφορά του μέσου όρου από καθεμία μέση τιμή ROI.

#### Όριο αποδοχής

Καθορίζεται κατά τη διαδικασία αποδοχής του συστήματος.

### 2.6.2. Θόρυβος

#### Σκοπός

Ο έλεγχος του επιπέδου θορύβου στην ανακατασκευασμένη τομογραφική εικόνα.

#### Συχνότητα ελέγχου

Εξαμηνιαίος και μετά από μηχανικές/ηλεκτρονικές παρεμβάσεις στο σύστημα

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα κεφαλής (διάμετρος 16cm) ή σώματος (διάμετρος 32cm) (νερό ή PMMA).

#### Μεθοδολογία

Ο θόρυβος μετρείται ως η τυπική απόκλιση των τιμών των εικονοστοιχείων που περιέχονται σε ένα ROI στο κέντρο μίας ανακατασκευασμένης τομής του ομοιογενούς ομοιώματος. Συστήνεται, τουλάχιστον κατά τον έλεγχο αποδοχής του συστήματος, να πραγματοποιούνται μετρήσεις σε περισσότερες των πέντε (5) διαδοχικών τομών του ομοιώματος και η τιμή του θορύβου να υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των τυπικών αποκλίσεων των ROI. Αν η διαφορά μεταξύ των τυπικών αποκλίσεων είναι < 20%, τότε οι μελλοντικοί έλεγχοι μπορούν να πραγματοποιούνται σε μία τομή.

#### Όριο αποδοχής

Η απόκλιση μεταξύ των μετρούμενων τιμών και των τιμών αναφοράς πρέπει να είναι μικρότερη του 20%, για τα ίδια πρωτόκολλα και παραμέτρους λήψης.

### 2.6.3. Τιμές οπτικής πυκνότητας

#### Σκοπός

Ο έλεγχος της ικανότητας του συστήματος να διακρίνει υλικά διαφορετικής σύστασης.

#### Συχνότητα ελέγχου

Εξαμηνιαίος και μετά από μηχανικές/ηλεκτρονικές παρεμβάσεις.

#### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα που διαθέτει υλικά διαφορετικής ηλεκτρονιακής πυκνότητας. Το μέγεθος του ομοιώματος προτείνεται να είναι μικρότερο από το FOV της σάρωσης.

#### Μεθοδολογία

Σχεδιάζονται περιοχές ενδιαφέροντος (ROIs) στις περιοχές διαφορετικών πυκνοτήτων και καταγράφονται οι μέσες τιμές των HU. Οι ληφθείσες τιμές συγκρίνονται με τις τιμές αναφοράς του κατασκευαστή του ομοιώματος.

Συστήνεται η γραφική αναπαράσταση των τιμών HU (στον κατακόρυφο άξονα) σε αντιπαραβολή με τις τιμές αναφοράς του κατασκευαστή (στον οριζόντιο άξονα) και η εξαγωγή του συντελεστή R2 ως δείκτη της γραμμικότητας των τιμών HU μεταξύ των περιοδικών ελέγχων.

#### Όριο αποδοχής

Καθορίζεται κατά τη διαδικασία αποδοχής του συστήματος.

#### 2.6.4. Διακριτική ικανότητα χαμηλής αντίθεσης

##### Σκοπός

Μέτρηση της χαμηλής διακριτικής ικανότητας (low contrast resolution) του συστήματος και ευκρινής απεικόνιση δομών με παραπλήσιο συντελεστή εξασθένισης ακτίνων X και ο καθορισμός των ορίων όγκων με παρόμοια σύσταση.

##### Συχνότητα ελέγχου

Εξαμηνιαίος και μετά από μηχανολογική/ηλεκτρονική παρέμβαση στο σύστημα.

##### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Κυλινδρικό ομοίωμα με κατάλληλο εξάρτημα ελέγχου διακριτικής ικανότητας χαμηλής αντίθεσης (Low Contrast Resolution test pattern – bar pattern).

##### Μεθοδολογία

Καταγράφεται το μέγεθος της μικρότερης ευκρινούς οπής (υποκειμενική εκτίμηση). Ένας αντικειμενικός τρόπος μέτρησης είναι ο υπολογισμός του λόγου αντίθεσης προς το θόρυβο (contrast-to-noise ratio - CNR). Λαμβάνονται δυο ROI, το ένα στην δομή με ψηλή τιμή HU (πχ. PVC) και το δεύτερο στο υπόβαθρο (πχ. PMMA).

$$CNR = \frac{|P_{PVC} - P_{PMMA}|}{\sigma_{PMMA}}$$

όπου  $P_{PVC}$  και  $P_{PMMA}$  οι μέσες τιμές των PVC και PMMA υλικών αντίστοιχα και  $\sigma_{PMMA}$  η τυπική απόκλιση των τιμών pixel του PMMA.

##### Όριο αποδοχής

Καθορίζεται κατά τη διαδικασία αποδοχής του συστήματος.

#### 2.6.5. Διακριτική ικανότητα υψηλής αντίθεσης

##### Σκοπός

Μέτρηση της υψηλής διακριτικής ικανότητας (high contrast resolution) του συστήματος.

##### Συχνότητα ελέγχου

Εξαμηνιαίος και μετά από μηχανολογική/ηλεκτρονική παρέμβαση στο σύστημα.

##### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Κυλινδρικό ομοίωμα με κατάλληλο εξάρτημα ελέγχου της διακριτικής ικανότητας υψηλής αντίθεσης.

##### Μεθοδολογία

Καταγράφεται η διάσταση της μικρότερης διακρινόμενης δομής του εξαρτήματος ελέγχου, που αντιστοιχεί στο μέγιστο αριθμό ζευγών γραμμών ανά χιλιοστό που διακρίνεται.

##### Όριο αποδοχής

Καθορίζεται κατά τη διαδικασία αποδοχής του συστήματος.

### **3. Σύστημα PORTAL IMAGER γραμμικού επιταχυντή**

---

#### 3.1. Έλεγχος Ασφαλούς Λειτουργίας

##### 3.1.1. Interlocks

Interlocks – Διακοπή Λειτουργίας Με άνοιγμα πόρτας θαλάμου

Με ενεργοποίηση διακοπής εκτάκτου ανάγκης

Interlocks – Αδυναμία Εκκίνησης Λειτουργίας

Με ανοικτή πόρτα

Με ενεργοποίηση σύστημα αποφυγής σύγκρουσης

### 3.2. Έλεγχος Ποιότητας

#### 3.2.1. Γεωμετρικοί έλεγχοι

##### 3.2.1.1. Σύμπτωση απεικονιστικού με ισόκεντρο συστήματος

###### Σκοπός

Ο έλεγχος της σύμπτωσης του ισόκεντρου απεικόνισης με το ισόκεντρο του συστήματος.

###### Περιοδικότητα

Καθημερινός (0°, 270°) - Μηνιαίος (0°, 90°, 180° και 270°).

###### Όργανα ελέγχου

Κυβοειδές ομοίωμα (marker block)

###### Μεθοδολογία

Το ομοίωμα ευθυγραμμίζεται, με τη χρήση του συστήματος επιτοίχιων laser, στο ισόκεντρο του συστήματος.

Πραγματοποιούνται δύο λήψεις, προσθιοπίσθια και πλάγια με τον ανιχνευτή στη θέση (-40,0,0). Η απόσταση εστίας ανιχνευτή είναι 140cm.

Μετρείται η απόσταση του ακτινοσκοιερύ κέντρου του ομοιώματος από το ισόκεντρο του συστήματος.

###### Όριο αποδοχής

Απόκλιση < 2mm

##### 3.2.1.2. Έλεγχος λογισμικού ευθυγράμμισης

###### Σκοπός

Έλεγχος του λογισμικού ευθυγράμμισης (image registration-alignment) 2D ακτινογραφικών προβολών που πραγματοποιούνται για την επιβεβαίωση της θέσης θεραπείας.

###### Συχνότητα ελέγχου

Καθημερινός

###### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Κυβοειδές ομοίωμα (marker block)

###### Μεθοδολογία

Απαιτείται λήψη CT δεδομένων του ομοιώματος και δημιουργία ψηφιακά ανακατασκευασμένων ακτινογραφιών (DRR) του ομοιώματος στις 0° και 270°. Οι θέσεις 0° και 270° (σύστημα απεικόνισης) αντιστοιχούν στις 90° και 0° (γραμμικός επιταχυντής).

Το ομοίωμα, αρχικά ευθυγραμμισμένο με το ισόκεντρο του συστήματος, μετατοπίζεται κατά μήκος των Π-Ο, Δ-Α και Κ-Ο αξόνων.

Λήψη ακτινογραφιών στις 0° και 270° και υπολογισμός της μετατόπισης, κατά μήκος των τριών αξόνων, για την ευθυγράμμιση (registration) των ληφθεισών εικόνων με τις αντίστοιχες DRR αναφοράς.

###### Όριο αποδοχής

Απόκλιση <2mm μεταξύ της αρχικής και της υπολογιζόμενης, με το λογισμικό ευθυγράμμισης, μετατόπισης πρέπει να είναι μικρότερη των 2mm, στους τρεις άξονες (longitudinal, vertical, lateral).

#### 3.2.2. Έλεγχοι ποιότητας εικόνας

##### 3.2.2.1. Ομοιογένεια

###### Σκοπός

Έλεγχος της ομοιομορφίας της δισδιάστατης MV εικόνας.

Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοιογενές ομοίωμα εμβαδού (20x20cm<sup>2</sup>) και πάχους 5cm.

Μεθοδολογία

Ομοίωμα αποτελούμενο από 5 PMMA πλάκες (πάχους 1cm, διαστάσεων 20x20cm) τοποθετείται πάνω στην τράπεζα και επικεντρώνεται με τη βοήθεια του συστήματος laser και του σταυρονήματος. Ο ανιχνευτής τοποθετείται σε απόσταση που χρησιμοποιείται στην κλινική χρήση του portal imager (π.χ. 140cm,150cm).

Πραγματοποιείται λήψη δισδιάστατης MV εικόνας (6MV, 1 MU). Τετράγωνες περιοχές ενδιαφέροντος (ROI), διαστάσεων 1cmx 1cm, ορίζονται στο κέντρο της εικόνας και 7.5cm έκκεντρα (δεξιά, αριστερά, κεφαλικά, ουραία).

Όριο αποδοχής

Οι μέσες τιμές κάθε ROI πρέπει να συμφωνούν με τη μέση τιμή σε όλη την επιφάνεια ( $\pm 5\%$ ).

3.2.2.2. Θόρυβος

Σκοπός

Έλεγχος του θορύβου της δισδιάστατης MV εικόνας.

Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοιογενές ομοίωμα εμβαδού (20x20cm<sup>2</sup>) και πάχους 5cm.

Μεθοδολογία

Ομοίωμα αποτελούμενο από 5 PMMA πλάκες (πάχους 1cm, διαστάσεων 20x20cm) τοποθετείται πάνω στην τράπεζα και επικεντρώνεται με τη βοήθεια του συστήματος laser. Ο ανιχνευτής τοποθετείται σε απόσταση που χρησιμοποιείται στην κλινική χρήση του portal imager (π.χ. 140cm,150cm) και επικεντρώνεται με τη χρήση του συστήματος laser και του σταυρονήματος.

Πραγματοποιείται λήψη δισδιάστατης MV εικόνας (6MV, 1MU). Τετράγωνο ROI διαστάσεων 5 cm × 5 cm ορίζεται στο κέντρο της δισδιάστατης εικόνας και καταγράφονται οι μέση τιμή (avg) και σταθερά απόκλιση (SD) αυτού. Ο λόγος SD/avg πρέπει να συμφωνεί με την τιμή αναφοράς ( $\pm 5\%$ ).

Όρια αποδοχής

Απόκλιση <1mm στις μετρούμενες αποστάσεις.

3.2.2.3. Έλεγχος μεγέθυνσης (scaling)

Σκοπός

Έλεγχος της ακρίβειας στην απόδοση γνωστών αποστάσεων.

Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα βαθμονομημένων αποστάσεων .

Μεθοδολογία

Ομοίωμα γνωστών διαστάσεων τοποθετείται στην τράπεζα θεραπείας και επικεντρώνεται με χρησιμο του συστήματος laser και του σταυρονήματος. Το SSD είναι ίσο με 100cm.

Ο ψηφιακός ανιχνευτής βρίσκεται στη θέση (-40) ώστε η SID (Source Image Distance) να ισούται με 140cm. Λαμβάνεται 2D-δισδιάστατη εικόνα. Ρυθμίζονται κατάλληλα οι τιμές window/level ώστε το ομοίωμα να είναι σαφώς ορατό.

Μετράται το μήκος γνωστών διαστάσεων και γίνεται σύγκριση μεταξύ πραγματικών και μετρούμενων αποστάσεων. Μετρείται η απόσταση δύο σημείων του ομοιώματος στον οριζόντιο και στον κατακόρυφο άξονα και συγκρίνεται με την ήδη γνωστή απόσταση.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται σε διαφορετικές SID (π.χ. 120cm, 160cm) και καταγράφονται οι μετρήσεις γνωστών αποστάσεων.

#### Όριο αποδοχής

Απόκλιση <2mm μεταξύ των πραγματικών και των μετρούμενων διαστάσεων.

### 3.2.2.4. Διακριτική ικανότητα χαμηλής αντίθεσης

#### Σκοπός

Μέτρηση της χαμηλής διακριτικής ικανότητας (low contrast resolution) του ανιχνευτή υπό ακτινογραφική λειτουργία.

#### Συχνότητα ελέγχου

Τριμηνιαίος

#### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Εξάρτημα ελέγχου διακριτικής ικανότητας χαμηλής αντίθεσης (Low Contrast Resolution test pattern – bar pattern)

#### Μεθοδολογία

Ομοίωμα χαμηλής αντίθεσης (όπως πχ. το Las Vegas phantom) τοποθετείται στην τράπεζα θεραπείας και επικεντρώνεται με χρήση των laser. Το SAD είναι ίσο με 100cm. Ο ψηφιακός ανιχνευτής βρίσκεται στη θέση (-40).

Γίνεται λήψη δισδιάστατης MV εικόνας (planar) σύμφωνα με τα στοιχεία και την τεχνική που είχε γίνει η λήψη κατά τη διάρκεια της αποδοχής του συστήματος (acceptance).

Οι τιμές των παραμέτρων του παραθύρου απεικόνισης (επίπεδο – window level, εύρος – window width) είναι αυτές που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία αποδοχής του συστήματος (acceptance).

Καταγράφεται ο αριθμός των ορατών δίσκων ή η κλίμακα αντίθεσης (%) που αντιστοιχεί στον αριθμό των ορατών δίσκων.

#### Όριο αποδοχής

<2.5% contrast

### 3.2.2.5. Διακριτική ικανότητα υψηλής αντίθεσης

#### Σκοπός

Μέτρηση της υψηλής διακριτικής ικανότητας (high contrast resolution) του ανιχνευτή υπό ακτινογραφική λειτουργία.

#### Συχνότητα ελέγχου

Τριμηνιαίος

#### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα που διαθέτει εύρος ζευγών γραμμών ανά χιλιοστό

#### Μεθοδολογία

Ομοίωμα υψηλής αντίθεσης (όπως πχ. το Las Vegas phantom) τοποθετείται στην τράπεζα θεραπείας. Το SAD είναι ίσο με 100cm. Ο ψηφιακός ανιχνευτής βρίσκεται στη θέση (-40).

Γίνεται λήψη δισδιάστατης MV εικόνας (planar) σύμφωνα με τα στοιχεία και την τεχνική που είχε γίνει η λήψη κατά τη διάρκεια της αποδοχής του συστήματος (acceptance).

Οι τιμές των παραμέτρων του παραθύρου απεικόνισης (επίπεδο – window level, εύρος – window width) είναι αυτές που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία αποδοχής του συστήματος (acceptance).

Καταγράφεται ο αριθμός ζευγών γραμμών ανά χιλιοστό (lp/mm).

Όριο αποδοχής

Συγκρίνεται ο μετρούμενος αριθμός ζευγών γραμμών ανά χιλιοστό με αυτόν κατά τη διαδικασία αποδοχής (acceptance) (0.3-0.4 lp/mm).

#### **4. Αξονικός τομογράφος εξομοιωτής- CT SIM**

---

4.1. Έλεγχος Ασφαλούς Λειτουργίας  
Σύστημα Ασφαλείας, Interlocks, Ενδείξεις ακτινοβολήσης, Anti-collision

4.2. Γεωμετρικοί Έλεγχοι

4.2.1. Γεωμετρία lasers

4.2.1.1. Ευθυγράμμιση gantry lasers με το κέντρο του επιπέδου τομής.

Σκοπός

Ευθυγράμμιση gantry lasers με το κέντρο του επιπέδου τομής

Συχνότητα ελέγχου

Καθημερινός

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα, αποτελούμενο από δύο ή τρεις κύβους, τα κέντρα των οποίων ορίζουν ένα επίπεδο (παράλληλο με το επίπεδο τομής).

Οι κύβοι φέρουν ακτινοσκιερούς σταυρούς που τέμνονται στο κέντρο αυτών.

Μεθοδολογία

Το ομοίωμα τοποθετείται στην τράπεζα χρησιμοποιώντας μία μπάρα ευθυγράμμισης (registrationbar). Η επικέντρωση γίνεται ευθυγραμμίζοντας τα gantry lasers με τους πλάγιους σταυρούς του ομοιώματος.

Λήψη εγκάρσιας τομής στο μέσο του ομοιώματος.

Όριο αποδοχής

Μη σαφής απεικόνιση των τριών σταυρών υποδηλώνει ότι τα gantry lasers δεν συμπίπτουν με το επίπεδο τομής.

Ανόμοια απεικόνιση των τριών σταυρών συχνά υποδηλώνει στροφή της τράπεζας σε σχέση με το επίπεδο τομής.

4.2.1.2. Γεωμετρία gantry lasers με το επίπεδο τομής

Σκοπός

Τα gantry lasers πρέπει παράλληλα μεταξύ τους, να ορίζουν επίπεδο κάθετο στο επίπεδο τομής και να τέμνονται στο κέντρο αυτού.

Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα, αποτελούμενο από δύο ή τρεις κύβους, τα κέντρα των οποίων ορίζουν ένα επίπεδο (παράλληλο με το επίπεδο τομής).

Οι κύβοι φέρουν ακτινοσκιερούς σταυρούς που τέμνονται στο κέντρο αυτών.

### Μεθοδολογία

Λήψη εγκάρσιας τομής στο μέσο του ομοιώματος.

Κατά την κάθετη κίνηση της τράπεζας από τη θέση επικέντρωσης του ομοιώματος, τα κάθετα και το οβελιαίο gantry lasers πρέπει να ακολουθούν τα κέντρα των σταυρών των κύβων. Ομοίως, κατά τη γραμμική κίνηση της τράπεζας, τα πλάγια οριζόντια gantry lasers πρέπει να ακολουθούν τα κέντρα των σταυρών.

Οι x, y συντεταγμένες του κέντρου του κεντρικού κύβου του ομοιώματος πρέπει να είναι (0,0).

### Όριο αποδοχής

Απόκλιση <2mm.

- 4.2.1.3. Έλεγχος απόστασης μεταξύ επιπέδου επιτοίχιων lasers και αυτού των gantry lasers

### Σκοπός

Έλεγχος της απόστασης μεταξύ του συστήματος των επιτοίχιων laser και του συστήματος laser του τομογράφου.

### Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα, αποτελούμενο από δύο ή τρεις κύβους, τα κέντρα των οποίων ορίζουν ένα επίπεδο (παράλληλο με το επίπεδο τομής).

Οι κύβοι φέρουν ακτινοσκοπευούς σταυρούς που τέμνονται στο κέντρο αυτών.

### Μεθοδολογία

Το ομοίωμα επικεντρώνεται με τη βοήθεια των gantry lasers. Στη συνέχεια, η τράπεζα μετατοπίζεται κατά απόσταση ίση με αυτή μεταξύ των επιτοίχιων και gantry lasers. Τα οριζόντια και κάθετα επιτοίχια lasers πρέπει να τέμνονται στο κέντρο των πλαγίων σταυρών του ομοιώματος

### Όριο αποδοχής

Απόκλιση <2mm μεταξύ της μετρούμενης και της πραγματικής απόστασης.

- 4.2.1.4. Γεωμετρία επιτοίχιων lasers με το επίπεδο τομής

### Σκοπός

Τα επιτοίχια lasers πρέπει να είναι παράλληλα και σε ορθή γωνία με το επίπεδο τομής. Το σημείο τομής των πρέπει να συμπίπτει με το κέντρο του επιπέδου τομής και SID.

### Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα, αποτελούμενο από δύο ή τρεις κύβους, τα κέντρα των οποίων ορίζουν ένα επίπεδο (παράλληλο με το επίπεδο τομής).

### Μεθοδολογία

Το ομοίωμα επικεντρώνεται με τη βοήθεια των gantry lasers. Κατά την κάθετη κίνηση της τράπεζας από τη θέση επικέντρωσης του ομοιώματος, τα κάθετα επιτοίχια lasers πρέπει να ακολουθούν τα κέντρα των σταυρών των κύβων. Ομοίως, κατά τη γραμμική κίνηση της τράπεζας, τα οριζόντια επιτοίχια lasers πρέπει να ακολουθούν τα κέντρα των σταυρών.

### Όριο αποδοχής

Απόκλιση <2mm

- 4.2.1.5. 4.1.5 Γεωμετρία του laser οροφής με το επίπεδο τομής

### Σκοπός



Έλεγχος της γεωμετρικής σχέσης του laser οροφής με το επίπεδο τομής.

Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα, αποτελούμενο από δύο ή τρεις κύβους, τα κέντρα των οποίων ορίζουν ένα επίπεδο (παράλληλο με το επίπεδο τομής).

Οι κύβοι φέρουν ακτινοσκοπικούς σταυρούς που τέμνονται στο κέντρο αυτών.

Μεθοδολογία

Το laser οροφής πρέπει να συμπίπτει με το κέντρο του σταυρού του κεντρικού κύβου του ομοιώματος καθ' όλη την πορεία κίνησης της τράπεζας προς και από το gantry.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση <2mm

4.2.1.6. Κίνηση του laser οροφής

Σκοπός

Η κίνηση του laser οροφής, κάθετη στον επιμήκη άξονα της τράπεζας, πρέπει να είναι ακριβής, γραμμική και επαναλήψιμη.

Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος.

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα που να ακινητοποιείται στην τράπεζα και χάρακας.

Μεθοδολογία

Το ομοίωμα ευθυγραμμίζεται με τα επιτοίχια lasers. Ο χάρακας τοποθετείται πάνω στο ομοίωμα.

Το laser οροφής μετακινείται (κατά μήκος του χάρακα) και ελέγχεται η ακρίβεια και η γραμμικότητα της κίνησης.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση <2mm

4.2.2. Γεωμετρία Τράπεζας

4.2.2.1. Έλεγχος γεωμετρίας τράπεζας με το επίπεδο τομής

Σκοπός

Η τράπεζα πρέπει να είναι επίπεδη, και κάθετη στο επίπεδο τομής.

Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ομοίωμα, αποτελούμενο από δύο ή τρεις κύβους, τα κέντρα των οποίων ορίζουν ένα επίπεδο (παράλληλο με το επίπεδο τομής).

Οι κύβοι φέρουν ακτινοσκοπικούς σταυρούς που τέμνονται στο κέντρο αυτών.

Μεθοδολογία

Το ομοίωμα τοποθετείται στην τράπεζα όσο πιο κοντά στο κεφαλικό άκρο αυτής και επικεντρώνεται με τα laser του τομογράφου. Πραγματοποιείται λήψη μίας εγκάρσιας τομής διαμέσου του κεντρικής τομής του ομοιώματος.

Στη συνέχεια, το ομοίωμα τοποθετείται όσο πιο κοντά στο ουραίο άκρο της τράπεζας και επικεντρώνεται, εκ νέου, με τα laser του τομογράφου. Πραγματοποιείται μία δεύτερη λήψη διαμέσου της κεντρικής τομής του ομοιώματος.

Καταγράφονται οι κάθετες συντεταγμένες του κέντρου του σταυρού του κεντρικού κύβου του ομοιώματος και στις δύο εικόνες. Απόκλιση των καθέτων συντεταγμένων συνεπάγεται πως η κίνηση της τράπεζας δεν είναι κάθετη στο επίπεδο λήψη τομής.

Καταγράφονται οι οριζόντιες συνταγμένες των κέντρων των σταυρών των πλαγίων κύβων του ομοιώματος και στις δύο εικόνες. Απόκλιση των οριζοντίων συντεταγμένων συνεπάγεται πως η κίνηση της τράπεζας. Απόκλιση των οριζοντίων συντεταγμένων, μεταξύ των δυο εικόνων, συνεπάγεται πως η τράπεζα είτε δεν είναι επίπεδη στο εγκάρσιο επίπεδο, είτε η επιμήκης κίνησή της εισάγει στροφή.

#### Όριο αποδοχής

Απόκλιση <2mm μεταξύ των οριζοντίων / καθέτων συντεταγμένων των δύο εικόνων.

- 4.2.2.2. Έλεγχος της χειροκίνητης (κάθετης και επιμήκους) κίνησης της τράπεζας μέσω των ψηφιακών ενδείξεων του τομογράφου.

#### Σκοπός

Η κάθετη και οριζόντια κίνηση της τράπεζας βάση των ψηφιακών ενδείξεων πρέπει να είναι ακριβής και επαναλήψιμη. Οι ενδείξεις κάθετης και επιμήκους κίνησης/θέσης της τράπεζας χρησιμοποιούνται για τον ορισμό του ισοκέντρου κατά τη CT εξομοίωση. Συνεπώς, η ακρίβεια των ψηφιακών ενδείξεων σχετίζεται με την ακρίβεια της γεωμετρικής σχέσης του όγκου στόχου (εσωτερική ανατομία) με τους επιφανειακούς ιχνηθέτες (fiducial, skin markers).

#### Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

#### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Χάρακας, βαθμονομημένη ράβδος

#### Μεθοδολογία

Η επιμήκης κίνηση της τράπεζας ελέγχεται με τη χρήση χάρακα που τοποθετείται με τη μεγάλη του διάσταση παράλληλη στον άξονα κίνησης της τράπεζας. Μετακινείται η τράπεζα χρησιμοποιώντας τις ψηφιακές ενδείξεις του gantry και καταγράφονται αντίστοιχες ενδείξεις του χάρακα.

Η κάθετη κίνηση της τράπεζας ελέγχεται με τη χρήση βαθμονομημένης ράβδου που τοποθετείται κάθετα πάνω στην τράπεζα. Ανυψώνεται και χαμηλώνεται η τράπεζα χρησιμοποιώντας τις ψηφιακές ενδείξεις του gantry και καταγράφονται οι αντίστοιχες ενδείξεις της ράβδου.

#### Όριο αποδοχής

Η απόκλιση μεταξύ των ψηφιακών ενδείξεων του gantry και των ενδείξεων του χάρακα/βαθμονομημένης ράβδου πρέπει να είναι <2mm.

- 4.2.2.3. Έλεγχος της καθοδηγούμενης από το χειριστήριο του αξονικού, κάθετης και επιμήκους κίνησης της τράπεζας

#### Σκοπός

Η κάθετη και οριζόντια κίνηση της τράπεζας βάση του χειριστηρίου του τομογράφου πρέπει να είναι ακριβής και επαναλήψιμη. Οι ενδείξεις κάθετης και επιμήκους κίνησης/θέσης της τράπεζας χρησιμοποιούνται για τον ορισμό του ισοκέντρου κατά τη CT εξομοίωση. Συνεπώς, η ακρίβεια των ψηφιακών ενδείξεων σχετίζεται με την ακρίβεια της γεωμετρικής σχέσης του όγκου στόχου (εσωτερική ανατομία) με τους επιφανειακούς ιχνηθέτες (fiducial, skin markers).

#### Συχνότητα ελέγχου

Ετήσιος

Απαιτούμενος εξοπλισμός Χάρακας, βαθμονομημένη ράβδος

#### Μεθοδολογία

Η επιμήκης κίνηση της τράπεζας ελέγχεται με τη χρήση ενός χάρακα που τοποθετείται με τη μεγάλη του διάσταση παράλληλη στον άξονα κίνησης της τράπεζας.

Μετακινείται η τράπεζα χρησιμοποιώντας το χειριστήριο του τομογράφου και καταγράφονται οι αντίστοιχες ενδείξεις του χάρακα.

Η κάθετη κίνηση της τράπεζας ελέγχεται με τη χρήση βαθμονομημένης ράβδου που τοποθετείται κάθετα πάνω στην τράπεζα. Ανυψώνεται και χαμηλώνεται η τράπεζα χρησιμοποιώντας το χειριστήριο του τομογράφου και καταγράφονται οι αντίστοιχες ενδείξεις της ράβδου.

#### Όριο αποδοχής

Η απόκλιση μεταξύ των ενδείξεων του χειριστηρίου του τομογράφου και των ενδείξεων του χάρακα/βαθμονομημένης ράβδου πρέπει να είναι <2mm.

## 5. Κλασικός εξομοιωτής ακτινοθεραπείας – Conventional radiotherapy simulator

---

### 5.1. Έλεγχος Ασφαλούς Λειτουργίας

#### 5.1.1. Interlocks– Διακόπτες Ασφάλειας

Κλειστή/Ανοιχτή πόρτα

Επιβεβαίωση φωτισμού ασφαλείας

Επιβεβαίωση ηχητικού ασφαλείας

Λειτουργία κομβίου που επιτρέπει/αποκλείει την κίνηση από την κονσόλα

### 5.2. Μηχανικοί έλεγχοι

#### 5.2.1. Ένδειξη της απόστασης εστιακού σημείου – ισοκέντρου

##### Σκοπός

Ο έλεγχος της απόστασης του εστιακού σημείου από το ισόκεντρο του συστήματος.

##### Περιοδικότητα

Καθημερινός

##### Όργανα ελέγχου

Front-pointer

##### Μεθοδολογία

Προσαρμόζεται ο front-pointer στην κεφαλή της λυχνίας, χρησιμοποιώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή, ώστε η άκρη του οργάνου να απέχει 100cm από το εστιακό σημείο της λυχνίας. Η τράπεζα ανυψώνεται ώστε η επιφάνειά της να ευθυγραμμίζεται με το ισόκεντρο.

##### Όριο αποδοχής

Απόκλιση  $\pm 1\text{mm}$

#### 5.2.2. Σύμπτωση μηχανικής και ψηφιακής ένδειξης της γωνίας περιστροφής gantry.

##### Σκοπός

Έλεγχος της ταύτισης της οπτικής ένδειξης της γωνίας περιστροφής του gantry με την πραγματική (μηχανική) γωνία.

##### Περιοδικότητα

Μηνιαίος

##### Όργανα ελέγχου

Όργανο ελέγχου επιπεδότητας (αλφάδι).

##### Μεθοδολογία

Τοποθετείται το όργανο ελέγχου στην επιφάνεια του κατευθυντήρα. Στρέφεται το gantry σε γωνίες 0°, 90°, 180° και 270° και καταγράφεται η πραγματική (μηχανική) γωνία του gantry που εξασφαλίζει την επιπεδότητα/οριζοντιότητα του οργάνου.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση  $\pm 0.5^\circ$  σε κάθε ελεγχόμενη γωνία.

- 5.2.3. Σύμπτωση μηχανικής και ψηφιακής ένδειξης της γωνίας περιστροφής κατευθυντήρα.

Σκοπός

Έλεγχος της ταύτισης της οπτικής ένδειξης της γωνίας περιστροφής του κατευθυντήρα- collimator με την πραγματική (μηχανική) γωνία.

Περιοδικότητα

Καθημερινός

Όργανα ελέγχου

Όργανο ελέγχου επιπεδότητας (αλφάδι).

Μεθοδολογία

Στρέφεται το gantry στις  $90^\circ$ . Τοποθετείται το όργανο ελέγχου στην επιφάνεια του κατευθυντήρα. Στρέφεται ο κατευθυντήρας σε γωνίες  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  και  $270^\circ$  και καταγράφεται η πραγματική (μηχανική) γωνία του κατευθυντήρα που εξασφαλίζει την επιπεδότητα/οριζοντιότητα του οργάνου.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση  $\pm 0.2^\circ$  σε κάθε ελεγχόμενη γωνία.

- 5.2.4. Κίνηση της τράπεζας (κεφαλουραία, πλαγιοπλάγια, κάθετη).

Σκοπός

Έλεγχος ακριβούς κίνησης της τράπεζας στους τρεις (κεφαλουραίο, πλαγιοπλάγιο, κάθετο), άξονες.

Περιοδικότητα

Καθημερινός

Όργανα ελέγχου

IsoAlign Laser Alignment Device

Μεθοδολογία

Τοποθετείται το όργανο ελέγχου στην τράπεζα του μηχανήματος. Ελέγχεται η οριζοντιότητα του οργάνου. Τοποθετείται η περιστροφική πλάκα σε οριζόντια θέση και σε απόσταση SSD = 100 cm. Εξετάζεται και μετράται η απόκλιση των 3 laser (δεξιό, αριστερό και οροφής) από τα σταυρονήματα του οργάνου ελέγχου.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση  $\pm 1\text{mm}$

- 5.3. Γεωμετρικοί Έλεγχοι

- 5.3.1. Lasers

Σκοπός

Ακρίβεια του συστήματος laser (επιτοίχιων και οροφής) τοποθέτησης.

Περιοδικότητα

Καθημερινός

Όργανα ελέγχου

IsoAlign Laser Alignment Device

Μεθοδολογία

Τοποθετείται το όργανο ελέγχου στην τράπεζα του μηχανήματος, ελέγχεται η οριζοντιότητα του οργάνου. Τοποθετείται η περιστροφική πλάκα σε οριζόντια θέση και σε απόσταση SSD = 100 cm. Εξετάζεται και μετράται η απόκλιση των 3 laser (δεξιό, αριστερό και οροφής) από τα σταυρονήματα του οργάνου ελέγχου.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση  $\pm 1\text{mm}$

5.3.2. Διαστάσεις ακτινοθεραπευτικού πεδίου

Σκοπός

Έλεγχος των διαστάσεων του ακτινοθεραπευτικού πεδίου που ορίζεται με το ορθογώνιο σύστημα των ακτινοσκιερών συρμάτων.

Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Βαθμονομημένο χαρτί (milli-metre)

Μεθοδολογία

Τοποθετείται φύλλο βαθμονομημένου χαρτιού πάνω στην τράπεζα (SSD = 100cm) και επικεντρώνεται. Στη συνέχεια, ορίζονται ακτινοθεραπευτικά πεδία (χρησιμοποιώντας το ορθογώνιο σύστημα των ακτινοσκιερών συρμάτων), συμμετρικά και μη και καταγράφονται στο βαθμονομημένο χαρτί οι πραγματικές διαστάσεις αυτών. Συγκρίνονται οι πραγματικές με τις ενδεικτικές διαστάσεις.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση  $< 1\text{mm}$  στις διαστάσεις του πεδίου.

5.3.3. Σύμπτωση φωτεινού-πραγματικού πεδίου

Σκοπός

Η σύγκριση μεταξύ του φωτεινού και του πραγματικού πεδίου ακτινοβολήσης.

Περιοδικότητα

Μηνιαίος

Όργανα ελέγχου

Gafchromic film, Ομοίωμα που διαθέτει βαθμονομημένες αποστάσεις σε δύο άξονες (κεφαλουραίο, πλαγιοπλάγιο) και υποδοχή για το φιλμ.

Μεθοδολογία

Το ομοίωμα, με την περιστροφική του πλάκα παράλληλη στη βάση του ομοιώματος, επικεντρώνεται στο ισόκεντρο του συστήματος με τη βοήθεια των lasers (επιτοίχια και οροφής). Η υποδοχή για το φιλμ είναι 0.5cm κάτω από την επιφάνεια του ομοιώματος και έτσι η SSD τίθεται στα 99.5cm, ώστε η SAD να ισούται με 100cm.

Πραγματοποιείται μία λήψη με τετράγωνο πεδίο, που αντιστοιχεί στη βαθμονομημένη διάταξη του ομοιώματος. Με μία καρφίτσα δημιουργούνται τρύπες στο φιλμ οι οποίες αντιστοιχούν στις 4 γωνίες του τετράγωνου, φωτεινού πεδίου. Το ακτινοθεραπευτικό πεδίο, όπως ορίζεται από το σταυρόνημα, και το ακτινογραφικό πεδίο, όπως ορίζεται από τον κατευθυντήρα (collimator), πρέπει να ταυτίζονται.

Μετά την εμφάνιση του φιλμ, συγκρίνεται η θέση του πραγματικού πεδίου με το φωτεινό (όπως ορίζεται από τα ίχνη καρφίτσας).

Όριο αποδοχής

Απόκλιση  $< 2\text{mm}$

5.3.4. Τηλέμετρο

Σκοπός

Έλεγχος του τηλέμετρου.

Περιοδικότητα

Ετήσιος.

Όργανα ελέγχου

Βαθμονομημένο χαρτί (milli-metre)

Μεθοδολογία

Τοποθετείται το gantry σε 0° και η τράπεζα στο ύψος του ισοκέντρου. Τοποθετείται ένα φύλλο milli-metre στην τράπεζα και ευθυγραμμίζεται με το φωτεινό πεδίο. Σημειώνεται κέντρο του ακτινογραφικού πεδίου. Κλείνεται το φωτεινό πεδίο και ενεργοποιείται η οπτική ένδειξη του SSD (Απόσταση Πηγής Δέρματος). Η ένδειξη 100cm πρέπει να συμπίπτει με το κέντρο του ακτινογραφικού πεδίου. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για ύψος τράπεζας 100cm και 120cm.

Όριο αποδοχής

Απόκλιση < 2mm

5.3.5. Επικέντρωση σταυρονήματος

Σκοπός

Το σταυρόνημα είναι απαραίτητο ώστε να είναι δυνατός ο ορισμός του ισοκέντρου θεραπείας και ο καθορισμός των πεδίων ακτινοβολήσης. Έλεγχος της επικέντρωσης του σταυρονήματος.

Περιοδικότητα

Ετήσιος

Όργανα ελέγχου

Βαθμονομημένο χαρτί (milli-metre).

Μεθοδολογία

Ευθυγραμμίζεται σελίδα βαθμονομημένου χαρτιού στην τράπεζα του εξομοιωτή και τίθεται το ύψος της τράπεζας ώστε το SSD (στην επιφάνεια της τράπεζας) να ισούται με 100cm. Με μολύβι σημειώνεται το στίγμα του κέντρου του σταυρονήματος στο βαθμονομημένο χαρτί. Στη συνέχεια, περιστρέφεται ο κατευθυντήρας (collimator) και σε κάθε βήμα της περιστροφής σημειώνεται το στίγμα του κέντρου του σταυρονήματος.

Όριο αποδοχής

Η διάμετρος του κύκλου που δημιουργείται από τα στίγματα κατά την περιστροφή του κατευθυντήρα πρέπει να είναι < 2mm.

5.3.6. Γεωμετρία του ισοκέντρου με περιστροφή gantry.

Σκοπός

Το ισοκέντρο ορίζεται ως το σημείο που τέμνονται οι άξονες των δεσμών κατά την περιστροφή του collimator, του gantry και της τράπεζας. Η γεωμετρία του ισοκέντρου δεν πρέπει να επηρεάζεται από την περιστροφή του κατευθυντήρα.

Περιοδικότητα

Ετήσιος

Όργανα ελέγχου

Gafchromic film. Ομοίωμα που διαθέτει περιστρεφόμενη πλάκα με βαθμονομημένες αποστάσεις σε δύο άξονες (κεφαλουραίο, πλαγιοπλάγιο) και υποδοχή για το φιλμ.

Μεθοδολογία

Η περιστρεφόμενη πλάκα του ομοιώματος τοποθετείται ώστε να είναι κάθετη στον επιμήκη άξονα της τράπεζας. Φιλμ τοποθετείται στην ειδική υποδοχή της πλάκας. Το ομοίωμα, εν συνεχεία, επικεντρώνεται στο ισοκέντρο του συστήματος, χρησιμοποιώντας το σύστημα των lasers. Ορίζεται πεδίο ακτινοβολήσης 0.5x20cm (XxY). Πραγματοποιείται σειρά λήψεων, περιστρέφοντας το gantry.

Στο φιλμ μετράται η διάμετρος του κύκλου που δημιουργείται στο σημείο τομής των επιμέρους προβολών (που αντιστοιχεί στο ισοκέντρο περιστροφής του gantry).

Όριο αποδοχής

Η διάμετρος του κύκλου < 2mm

5.3.7. Γεωμετρία του ισοκέντρου με περιστροφή κατευθυντήρα (collimator).

Σκοπός

Το ισόκεντρο ορίζεται ως το σημείο που τέμνονται οι άξονες των δεσμών κατά την περιστροφή του collimator, του gantry και της τράπεζας. Η γεωμετρία του ισοκέντρου δεν πρέπει να επηρεάζεται από την περιστροφή του κατευθυντήρα.

Περιοδικότητα

Ετήσιος.

Όργανα ελέγχου

Gafchromic film. Ομοίωμα που διαθέτει περιστρεφόμενη πλάκα με βαθμονομημένες αποστάσεις σε δύο άξονες (κεφαλουραίο, πλαγιοπλάγιο) και υποδοχή για το φιλμ.

Μεθοδολογία

Η περιστρεφόμενη πλάκα του ομοιώματος τοποθετείται ώστε να είναι παράλληλη στην επιφάνεια της τράπεζας. Φιλμ τοποθετείται στην ειδική υποδοχή της πλάκας. Το ομοίωμα, εν συνεχεία, επικεντρώνεται στο ισόκεντρο του συστήματος, χρησιμοποιώντας το σύστημα των laser. Ορίζεται πεδίο ακτινοβολίας 0.5x20cm (XxY). Πραγματοποιείται σειρά λήψεων, περιστρέφοντας το gantry.

Στο φιλμ και μετράται η διάμετρος του κύκλου που δημιουργείται στο σημείο τομής των επιμέρους προβολών (που αντιστοιχεί στο ισόκεντρο περιστροφής του κατευθυντήρα).

Όριο αποδοχής

Απόκλιση < 2mm

5.3.8. Γεωμετρία του ισοκέντρου με περιστροφή τράπεζας.

Σκοπός

Το ισόκεντρο ορίζεται ως το σημείο που τέμνονται οι άξονες των δεσμών κατά την περιστροφή του collimator, του gantry και της τράπεζας. Η γεωμετρία του ισοκέντρου δεν πρέπει να επηρεάζεται από την περιστροφή του κατευθυντήρα.

Περιοδικότητα

Καθημερινός (0°, 270°) - Μηνιαίος (0°, 90°, 180° και 270°).

Όργανα ελέγχου

Κυβοειδές ομοίωμα (marker block)

Μεθοδολογία

Η περιστρεφόμενη πλάκα του ομοιώματος τοποθετείται ώστε να είναι παράλληλη στην επιφάνεια της τράπεζας. Φιλμ τοποθετείται στην ειδική υποδοχή της πλάκας. Το ομοίωμα, εν συνεχεία, επικεντρώνεται στο ισόκεντρο του συστήματος, χρησιμοποιώντας το σύστημα των lasers. Ορίζεται πεδίο ακτινοβολίας 0.5x20cm (XxY). Πραγματοποιείται σειρά λήψεων, περιστρέφοντας την τράπεζα.

Στη συνέχεια, εμφανίζεται φιλμ και μετράται η διάμετρος του κύκλου που δημιουργείται στο σημείο τομής των επιμέρους προβολών (που αντιστοιχεί στο ισόκεντρο περιστροφής της τράπεζας).

Όριο αποδοχής

Απόκλιση < 2mm

5.3.9. Έλεγχος ισοκέντρου ακτινογραφικού/ακτινοσκοπικού συστήματος

Σκοπός

Η δέσμη kV πρέπει να συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής του gantry σε σφαίρα ακτίνας <1.5mm.

Συχνότητα ελέγχου

Μηνιαίος

### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Κυβοειδές ομοίωμα με ακτινοσκοπερό σταυρόνημα.

### Μεθοδολογία

Το ομοίωμα τοποθετείται στην τράπεζα του επιταχυντή και επικεντρώνεται με τη βοήθεια των επιτοίχιων laser και του σταυρονήματος. Το SSD τίθεται ίσο με 100cm. Η γωνία του gantry είναι 0°. Η γωνία του κατευθυντήρα είναι 0°. Τίθεται η ανιχνευτική μονάδα του kV συστήματος στη θέση -40cm. Ορίζονται οι διαστάσεις του ακτινοθεραπευτικού απεικονιστικού πεδίου (ορθογώνιο σύστημα ακτινοσκοπερών συρμάτων) 15x15cm και ομοίως οι διαστάσεις του ακτινογραφικού απεικονιστικού πεδίου (σύστημα Pb). Λαμβάνονται 4 ακτινογραφικές λήψεις στις 90°, 0°, 180° και 270°. Στις ληφθείσες ακτινογραφίες καταγράφονται οι αποκλίσεις (σφάλμα) μεταξύ του κέντρου του κυβοειδούς ομοιώματος και του επιπροβαλλόμενου απεικονιστικού κέντρου.

### Όρια αποδοχής

Απόκλιση, μετρούμενη ως ακτίνα κύκλου <1.5mm.



## 6. Βιβλιογραφία

---

- [1] Das Indra J., Cheng Chee-Wai, Watts Ronald J., Ahnesjö Anders, Gibbons John, Li X. Allen, Lowenstein Jessica, Mitra Raj K., Simon William E. and Zhu Timothy C., *Accelerator beam data commissioning equipment and procedures: Report of the TG-106 of the Therapy Physics Committee of the AAPM* 2008 *Med Phys***35** 4186-215.
- [2] International atomic energy agency, *Implementation of the International Code of Practice on Dosimetry in Radiotherapy (TRS 398)*, Vienna, 2010
- [3] International atomic energy agency, *Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy (TRS 483)*, Vienna, 2017.
- [4] Klein E. E., Hanley J., Bayouth J., Yin F. F., Simon W., Dresser S., Serago C., Aguirre F., Ma L., Arjomandy B., *et al.*, *Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators* 2009 *Med Phys***36** 4197-212.
- [5] Kutcher G. J., Coia L., Gillin M., Hanson W. F., Leibel S., Morton R. J., Palta J. R., Purdy J. A., Reinstein L. E., Svensson G. K., *et al.*, *Comprehensive QA for radiation oncology: report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 40* 1994 *Med Phys***21** 581-618.
- [6] Mans A., Schuring D., Arends M. P., Vugts C. A., Wolthaus J. W., Lotz H. T., Admiraal M., Louwe R. J., Ollers M. C. and van de Kamer J. B., *The NCS code of practice for the quality assurance and control for volumetric modulated arc therapy* 2016 *Phys Med Biol***61** 7221-35.
- [7] Smith K., Balter P., Duhon J., White G. A., Jr., Vassy D. L., Jr., Miller R. A., Serago C. F. and Fairbrent L. A., *AAPM Medical Physics Practice Guideline 8.a.: Linear accelerator performance tests* 2017 *J Appl Clin Med Phys***18** 23-39.
- [8] Swiss society of radiobiology and medical physics, *Quality control of medical linac accelerators*, 2003/2014.
- [9] Van der Wal E., Wiersma Jan, Ausma A. H., Cuijpers Johan, Tomsej Milan, Bos Luc, Pittomvils Geert, Murrer L. and van de Kamer Jeroen, *Code of Practice for the Quality Assurance and Control for Intensity Modulated Radiotherapy Report 22 of the Netherlands Commission on Radiation Dosimetry*, 2013.