

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**«Δημιουργία εκπαιδευτικού οπτικο-ακουστικού υλικού στη διασφάλιση ποιότητας
γ-camera»**

***"Development of an educational audio-visual manual for γ-camera quality
assurance"***

υπό

ΚΑΡΑΓΡΗΓΟΡΙΟΥ ΜΑΡΙΟΣ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Φυσικές Αρχές Βιοϊατρικής Απεικόνισης και Ακτινοπροστασία»

Τριμελής επιτροπή:

- 1) Γεωργούλιας Παναγιώτης, Καθηγητής ΤΙ ΠΘ
- 2) Περισυνάκης Κωνσταντίνος, Καθηγητής ΤΙ Παν. Κρήτης
- 3) Τσούγκος Ιωάννης, Καθηγητής ΤΙ ΠΘ

Λάρισα, 2024

Περιεχόμενα	
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
Συστήματα γ-camera.....	6
Γενικές οδηγίες χρήσης συστημάτων γ-camera.....	7
Διασφάλιση ποιότητας- Ποιοτικός έλεγχος.....	8
Επαναληψιμότητα ποιοτικού ελέγχου	12
ΣΚΟΠΟΣ	13
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	14
Απαιτούμενος εξοπλισμός	15
Διαδικασία ποιοτικού ελέγχου αναφοράς.....	19
Έλεγχος ακτινοβολίας υποβάθρου.....	19
Έλεγχος εσωτερικής ομοιογένειας.....	20
Ποσοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας.	24
Ποιοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας.	30
Έλεγχος μέγιστου ρυθμού κρούσεων	34
Έλεγχος χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή.....	38
Έλεγχος ολόσωμης χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή.....	43
Έλεγχος ευαισθησίας συστήματος.....	47
Έλεγχος του κέντρου περιστροφής.....	51
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	55
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μου κ. Παναγιώτη Γεωργούλια, κ. Ιωάννη Τσούγκο και κ. Περισυνάκη Κωνσταντίνο για την στήριξη και καθοδήγηση που μου προσέφεραν για την συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την ακτινοφυσικό κ. Βασιλική Τσιτσία, για την πολύτιμη συνδρομή της στο πρακτικό σκέλος της εργασίας, καθώς και τις τεχνολόγους-ακτινολόγους κ. Εύη Θεοδώρου και κ. Χρύσα Τζουμέρκα για την βοήθεια που μου προσέφεραν.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κατασκευαστικό Οίκο Mediso και την εταιρία KeV Medical Imaging, για την ευγενική συγκατάθεση τους στην χρήση του εγχειριδίου ποιοτικού ελέγχου των συστημάτων Mediso, ως πηγή για την παρούσα εργασία.

Αθήνα, Ιανουάριος 2024

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι παρεχόμενες διαγνωστικές πληροφορίες που προκύπτουν από τα συστήματα γ-camera, για να είναι αξιόπιστες και ακριβείς απαιτείται να αναπτυχθούν προγράμματα διασφάλισης ποιότητας (Quality Assurance) και ποιοτικού ελέγχου (Quality Control). Βασικά ζητούμενά ενός προγράμματος ποιοτικού ελέγχου είναι η επαναληψιμότητα του και η ευκολία εφαρμογής του. Διάφοροι οργανισμοί έχουν καθιερώσει τυποποιημένα προγράμματα ποιοτικού ελέγχου συστημάτων γ-camera, στα οποία αναφέρονται οι βασικές αρχές ποιοτικού ελέγχου, οι κατηγορίες ελέγχων που πρέπει να εκτελούνται και ειδικά πρωτόκολλα για τους διάφορους τύπους μηχανημάτων. Στην παρούσα εργασία δημιουργήθηκε ένας οδηγός (εγχειρίδιο) ποιοτικού ελέγχου γ-camera με προσθήκη οπτικοακουστικού υλικού που προσφέρει περαιτέρω καθοδήγηση ως προς την προετοιμασία, εκτέλεση των επιμέρους ελέγχων και εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Συμπερασματικά, το εγχειρίδιο αυτό αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο εκμάθησης και εξοικείωσης της όλης διαδικασίας, καθοδηγώντας πληρέστερα τον χρήστη συγκριτικά με αντίστοιχους οδηγούς χωρίς οπτικό υλικό. Η πληρέστερη καθοδήγηση διασφαλίζει στον μέγιστο βαθμό την επαναληψιμότητα των ελέγχων και την εξοικονόμηση χρόνου.

Λέξεις κλειδιά: γ-camera, ποιοτικός έλεγχος, οπτικοακουστικό υλικό

ABSTRACT

The provided diagnostic information resulting from the γ -camera systems, in order to be reliable and accurate, it is necessary to develop quality assurance and quality control programs. Basic requirements of a quality control protocol are its repeatability and ease of application. Various organizations have established standardized quality control programs for γ -camera systems, which state the basic principles of quality control, the categories of checks that should be performed, and specific protocols for the various types of machines. In this work, a γ -camera quality control guide (manual) was created with the addition of audio-visual material that offers further guidance in terms of preparation, execution of the individual checks and extraction of the results. In conclusion, this manual is a very useful tool for learning and getting familiar with the whole process, guiding the user more fully than corresponding guides without visual material. More complete guidance ensures maximum repeatability of controls and time savings.

Key words: γ -camera, quality control, audiovisual material

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πυρηνική ιατρική, ως κλάδος της ιατρικής, ασχολείται με τη χρήση μη σφραγισμένων πηγών ακτινοβολίας στη διάγνωση και τη θεραπεία ασθενειών.

Στον τομέα της διαγνωστικής απεικόνισης και σε αντίθεση άλλες απεικονιστικές μεθόδους, οι τεχνικές της πυρηνικής ιατρικής είναι εγγενώς λειτουργικές, καθώς πραγματοποιείται μέτρηση την ακτινοβολίας που εκπέμπεται από έναν ιχνηθέτη που έχει εισαχθεί στο σώμα του εξεταζόμενου, συνήθως με ένεση, και για το οποίο η θέση και η συγκέντρωση σχετίζονται άμεσα με τη λειτουργία ενός οργάνου. Ο όρος «πυρηνική ιατρική» περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές απεικόνισης, με τις κυριότερες να είναι η υπολογιστική τομογραφία εκπομπής φωτονίων (SPECT) και η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET). Η ανάλυση των δεδομένων των τεχνικών αυτών αφορά είτε μια απλή ποιοτική οπτική επιθεώρηση επίπεδων εικόνων είτε την πλήρη αριθμητική και ποσοτική ανάλυση του τρισδιάστατου ή και τετραδιάστατου (συμπεριλαμβανομένων των χρονικών) συνόλων δεδομένων. Οι πληροφορίες που λαμβάνονται από τέτοιες αναλύσεις σχετίζονται άμεσα με φυσιολογικές διεργασίες του σώματος και μπορούν να προσφέρουν μια πολύ χρήσιμη και συνολική εικόνα μιας ασθένειας. Για τον λόγο αυτό η πυρηνική ιατρική έχει συμβάλει όχι μόνο στην κλινική διάγνωση αλλά, σε βαθμό που δεν συγκρίνεται με άλλες μεθόδους απεικόνισης, και στην κατανόηση των μηχανισμών των νόσων.(1)

Συστήματα γ-camera

Τα απεικονιστικά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται ευρέως στην Πυρηνική Ιατρική, είναι τα συστήματα γ-camera. Η ανιχνευτική διάταξη φωτονίων γ που φέρουν, ονομάζεται ανιχνευτής ή κεφαλή. Τα εμπορικά συστήματα γ-camera φέρουν μία, δύο ή και τρεις ανιχνευτικές κεφαλές. Φέρουν μολύβδινη θωράκιση ώστε να αποκόπτουν την μη χρήσιμη ακτινοβολία (σκεδαζόμενη ή από τον περιβάλλοντα χώρο) και τα βασικά τους μέρη είναι:

- Σπινθηριστής. Μία λεπτή πλάκα, συνήθως από κρύσταλλο Ιωδιούχου Νατρίου με προσμίξεις Θαλίου. Μετατρέπει τα φωτόνια γ που προσπίπτουν πάνω του σε ορατά φωτόνια. Είναι εξαιρετικά ευπαθής διάταξη σε χτυπήματα και απότομες περιβαλλοντικές αλλαγές (θερμοκρασία- υγρασία).(2)

- Κατευθυντήρας (Collimator). Μολύβδινη πλάκα με οπές που διασφαλίζει ότι μόνο τα φωτόνια συγκεκριμένης διεύθυνσης θα προσπεράσουν και θα προσπέσουν στον ανιχνευτή του συστήματος. Εφάπτεται πάνω στον σπινθηριστή, προστατεύοντας τον παράλληλα από χτυπήματα. Οι διαστάσεις του ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του συστήματος, την ενέργεια των φωτονίων, την επιθυμητή ποιότητα της διαγνωστικής εικόνας, κλπ. (2)
- Φωτοπολλαπλασιαστές. Συστοιχία ηλεκτρονικών διατάξεων που μετατρέπουν τα ορατά φωτόνια από τον σπινθηριστή σε ηλεκτρόνια. Βρίσκονται συνεχώς υπό υψηλή τάση. Το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται, ενισχύεται και είναι ανάλογο με τον αριθμό των αρχικών ορατών φωτονίων.
- Υπολογιστική μονάδα. Συλλέγει τα ηλεκτρικά σήματα από τους φωτοπολλαπλασιαστές και τα υποβάλει σε κατάλληλη ενίσχυση/ επεξεργασία. Τα επεξεργασμένα δεδομένα στην συνέχεια μεταφέρονται στον υπολογιστικό σταθμό (acquisition PC) για την αποθήκευση και ανασύνθεση τους.

Γενικές οδηγίες χρήσης συστημάτων γ-camera

Για την βέλτιστη και όσο το δυνατόν απρόσκοπτη λειτουργία των συστημάτων γ-camera, είναι πολύ σημαντικό να τηρούνται ορισμένες οδηγίες χρήσης που αφορούν τα συστήματα αυτά.

Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ενός συστήματος γ-camera πρέπει να είναι αδιάλειπτη, καθώς οι φωτοπολλαπλασιαστές των ανιχνευτών πρέπει να βρίσκονται υπό συνεχή υψηλή τάση, για την βέλτιστη και σταθερή λειτουργία τους. Για τον σκοπό αυτό η χρήση μονάδας αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS) είναι απαραίτητη. Σε περίπτωση που απαιτηθεί η διακοπή λειτουργίας του συστήματος γ-camera για οποιοδήποτε λόγο (συντήρηση / επισκευή του συστήματος ή του ηλεκτρικού δικτύου που το τροφοδοτεί), η εκ νέου χρήση του συστήματος για ποιοτικό έλεγχο ή κλινικές εξετάσεις, θα πρέπει απαραίτητως να γίνει τουλάχιστον 24 ώρες από την επαναλειτουργία του. Το χρονικό αυτό διάστημα απαιτείται, ούτως ώστε οι φωτοπολλαπλασιαστές και τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά κυκλώματα των ανιχνευτών να «ζεσταθούν» και να περιέλθουν σε βέλτιστη λειτουργία.

Οι κρύσταλλοι των ανιχνευτών είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην απότομη αλλαγή θερμοκρασίας και υγρασίας. Απότομες αλλαγές ή υψηλές τιμές μπορούν να

προκαλέσουν ανεπανόρθωτες βλάβες στους κρυστάλλους. Για τον λόγο αυτό, μέσα στο χώρο του συστήματος θα πρέπει οι περιβαλλοντικές συνθήκες να διατηρούνται όσο το δυνατόν πιο σταθερές με την χρήση συστήματος κλιματισμού και σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή της γ-camera.

Οι ανιχνευτικές κεφαλές του συστήματος θα πρέπει πάντα να φέρουν κατευθυντήρες, για την μηχανική και θερμική προστασία των κρυστάλλων. Εφόσον υπάρχουν διαθέσιμοι περισσότεροι από ένας τύπος κατευθυντήρων, κατά τα χρονικά διαστήματα μη χρήσης του συστήματος, συστήνεται οι κεφαλές να φέρουν τους ελαφρύτερους κατευθυντήρες. Η φύλαξη των κατευθυντήρων συστήνεται να γίνεται στον χώρο της γ-camera, ούτως ώστε να έχουν κοινή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Κατά την διαδικασία αλλαγής κατευθυντήρων, οι κρύσταλλοι των ανιχνευτών είναι εκτεθειμένοι. Για τον λόγο αυτό, η αλλαγή των κατευθυντήρων θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, προς αποφυγή ζημιάς στους κρυστάλλους και στα εξαρτήματα στήριξης των κατευθυντήρων πάνω στις κεφαλές.(3)

Ο χώρος του συστήματος γ-camera, αλλά και το ίδιο το σύστημα θα πρέπει να διατηρούνται καθαρά. Υψηλά επίπεδα σκόνης και ρίπων ενδέχεται να προκαλέσουν προβλήματα στην λειτουργία του συστήματος.

Διασφάλιση ποιότητας- Ποιοτικός έλεγχος

Οι παρεχόμενες διαγνωστικές πληροφορίες που προκύπτουν από τα συστήματα γ-camera, για να είναι αξιόπιστες και ακριβείς απαιτείται να αναπτυχθούν προγράμματα διασφάλισης ποιότητας (Quality Assurance) και ποιοτικού ελέγχου (Quality Control) (2).

Ο όρος «διασφάλιση ποιότητας» αναφέρεται σε όλα τα στάδια μιας διαγνωστικής εξέτασης και περιλαμβάνει όλες τις προσπάθειες που καταβάλλονται, ώστε το αποτέλεσμα κάθε διαγνωστικής εξέτασης να προσεγγίζει το ιδανικό, απαλλαγμένο από τυχόν λάθη και τεχνουργήματα (artefacts). Ο όρος «ποιοτικός έλεγχος» αναφέρεται σε συγκεκριμένα μέτρα που λαμβάνονται για να διασφαλιστεί ότι μια συγκεκριμένη πτυχή της διαγνωστικής εξέτασης είναι ικανοποιητική(2).

Ο ποιοτικός έλεγχος των συστημάτων γ-camera συνίσταται στον προγραμματισμό, συντονισμό και την εκτέλεση μίας σειράς ελέγχων που αποσκοπούν στη βελτίωση και

σταθερή απόδοση των συστημάτων αυτών καθώς και στην εκτίμηση της απόδοσής τους. Διάφοροι οργανισμοί έχουν καθιερώσει τυποποιημένα προγράμματα ποιοτικού ελέγχου συστημάτων γ-camera, που περιλαμβάνουν σχετικά σεμινάρια σε διάφορες χώρες και την έκδοση εγχειριδίων στα οποία αναφέρονται οι βασικές αρχές ποιοτικού ελέγχου, οι κατηγορίες ελέγχων που πρέπει να εκτελούνται και ειδικά πρωτόκολλα για τους διάφορους τύπους μηχανημάτων. Για να είναι εφαρμόσιμα και αποτελεσματικά τα πρωτόκολλα αυτά θα πρέπει:

1. Οι έλεγχοι που προτείνονται να μην απαιτούν πολύπλοκα συστήματα και εξαρτήματα για την εκτέλεσή τους, να είναι εύκολοι και να μην απαιτείται μεγάλος χρόνος για την ολοκλήρωσή τους. (3)
2. Οι μετρήσεις που θα γίνουν να είναι ευαίσθητες και η παράμετρος που ελέγχεται, να μεταβάλλεται όταν ολόκληρο ή ένα μέρος του συστήματος έχει μεταβληθεί.(3)
3. Να καθοριστούν όρια αποδοχής για τις τιμές των παραμέτρων που ελέγχονται και αν τα αποτελέσματα βρίσκονται εκτός των αποδεκτών ορίων να τίθεται το μηχάνημα εκτός λειτουργίας, προκειμένου να διερευνηθούν τα αίτια. (3)

Κάθε σύστημα γ-camera παρέχεται με ένα σύνολο βασικών προδιαγραφών. Οι προδιαγραφές αυτές έχουν επαληθευτεί από τον κατασκευαστικό οίκο σύμφωνα με τυπικούς ελέγχους δοκιμών, οι οποίοι βασίζονται σε τυπικά πρωτόκολλα, όπως τα πρότυπα απόδοσης NEMA και IEC. Ακολουθώντας το πρωτόκολλο ελέγχων του κατασκευαστικού οίκου στο κλινικό περιβάλλον μπορούν να επαληθευτούν οι προδιαγραφές του κάθε συστήματος.(3)

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες ποιοτικού ελέγχου:

Οι έλεγχοι αποδοχής. Εκτελούνται αμέσως μετά την εγκατάσταση του συστήματος, για να διαπιστωθεί εάν η αρχική του λειτουργία ανταποκρίνεται στις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή. Οι έλεγχοι αυτοί έχουν μεγάλη σημασία. Όλες οι παράμετροι λειτουργίας του μηχανήματος πρέπει να μετρηθούν λεπτομερώς και τα αποτελέσματα να καταγραφούν και να φυλαχθούν ως αρχείο. Παρατηρούμενες αποκλίσεις από τις τεχνικές προδιαγραφές πρέπει να αντιμετωπισθούν από τον κατασκευαστή. (3)

Οι έλεγχοι αναφοράς. Πραγματοποιούνται για να αξιολογηθεί η κατάσταση λειτουργίας του συστήματος και να παρακολουθηθεί η απόδοσή του με την πάροδο του

χρόνου, ώστε να διαπιστωθούν εγκαίρως τυχόν βλάβες ή μείωση της απόδοσης λόγω φυσικής φθοράς. Οι έλεγχοι αναφοράς εκτελούνται περιοδικά, σε κανονικά χρονικά διαστήματα, όποτε υπάρχουν προβλήματα στη λειτουργία του συστήματος καθώς επίσης και μετά από επισκευή. Συχνά συμπίπτουν με τους ελέγχους αποδοχής.(3)

Οι έλεγχοι χρήσης. Είναι ημερήσιοι έλεγχοι, οι οποίοι εκτελούνται κάθε φορά που χρησιμοποιείται το μηχάνημα με σκοπό τον έλεγχο των βασικότερων παραμέτρων λειτουργίας καθώς και της μηχανικής του ασφάλειας. Οι έλεγχοι χρήσης πρέπει να είναι απλοί στην εκτέλεση και σύντομοι, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε εργαστήρια με μεγάλο φόρτο εργασίας. Η μέθοδος ελέγχου πρέπει να είναι πάντοτε η ίδια, ώστε τα λαμβανόμενα αποτελέσματα, τα οποία αρχειοθετούνται να είναι συγκρίσιμα.(3)

Αναφορικά με το πρωτόκολλο ποιοτικού ελέγχου αναφοράς, αυτό περιλαμβάνει τους εξής ελέγχους:

Έλεγχος ακτινοβολίας υποβάθρου. Ο έλεγχος αυτός αφορά την μέτρηση του επίπεδου ακτινοβολίας υποβάθρου υπό συνθήκες λειτουργίας. Η αυξημένη ακτινοβολία υποβάθρου μπορεί να οφείλεται σε μόλυνση με ραδιενεργό υλικό ή σε αυξημένο θόρυβο ανιχνευτή.

Συχνότητα ελέγχου: Καθημερινός, ως έλεγχος χρήσης / Κάθε 6 μήνες, ως έλεγχος αναφοράς. (4)

Έλεγχος εσωτερικής ομοιογένειας. Ο έλεγχος αυτός αφορά την απόκριση του συστήματος σε μία χωρικά ομοιόμορφη ροή γ ακτινοβολίας που προσπίπτει στους ανιχνευτές (χωρίς τους κατευθυντήρες) και την ικανότητα του να παράγει ομοιογενή εικόνα. Ελέγχονται δύο παράμετροι ομοιογένειας, η ολοκληρωτική και η διαφορική.

Συχνότητα ελέγχου: Καθημερινός, ως έλεγχος χρήσης / Κάθε 6 μήνες, ως έλεγχος αναφοράς. (4)

Ποσοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας. Η εσωτερική χωρική διακριτική ικανότητα είναι μια παράμετρος ενός ανιχνευτή που χαρακτηρίζει την ικανότητά του να διαχωρίζει με ακρίβεια ξεχωριστές πηγές, σημειακές ή γραμμικές. Η εσωτερική χωρική γραμμικότητα χαρακτηρίζει το μέγεθος της χωρικής παραμόρφωσης σε σχέση με τα προσπίπτοντα φωτόνια γ που εισέρχονται στον ανιχνευτή.

Συχνότητα ελέγχου: Κάθε 12 μήνες(4)

Ποιοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας. Διενεργείται ποιοτικός (οπτικός) έλεγχος της ικανότητας του συστήματος να διακρίνει δύο ξεχωριστές σημειακές ή γραμμικές πηγές.

Συχνότητα ελέγχου: Κάθε 12 μήνες (4)

Έλεγχος μέγιστου ρυθμού κρούσεων. Ελέγχεται ο μέγιστος ανιχνευόμενος ρυθμός κρούσεων του κάθε ανιχνευτή.

Συχνότητα ελέγχου: Κάθε 12 μήνες (4)

Έλεγχος χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή. Αφορά τον ποσοτικό έλεγχο της ικανότητας του συστήματος (ανιχνευτές με τοποθετημένους κατευθυντήρες) να διακρίνει μία γραμμική πηγή.

Συχνότητα ελέγχου: Κάθε 6 μήνες (4)

Έλεγχος ολόσωμης χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή. Εάν η κίνηση του τραπεζιού ασθενούς και η λήψη εικόνας δεν είναι συγχρονισμένες, η χωρική διακριτική ικανότητα του συστήματος μειώνεται. Σκοπός του ελέγχου αυτού είναι να υποδείξει τυχόν έλλειψη συγχρονισμού.

Συχνότητα ελέγχου: Μηνιαία, ως έλεγχος χρήσης / Κάθε 12 μήνες, ως έλεγχος αναφοράς. (4)

Έλεγχος ευαισθησίας συστήματος. Ο έλεγχος της ικανότητας του συστήματος να ανιχνεύει με ακρίβεια την προσπίπτουσα ακτινοβολία γ. Ορίζεται ως ο ανιχνευόμενος αριθμός κρούσεων ανά μονάδα ενεργότητας της πηγής.

Συχνότητα ελέγχου: Μηνιαία, ως έλεγχος χρήσης / Κάθε 12 μήνες, ως έλεγχος αναφοράς. (4)

Έλεγχος του κέντρου περιστροφής. Ο Έλεγχος της σύμπτωσης του πραγματικού κέντρου της γ-camera με το κέντρο της ψηφιακής τομογραφικής εικόνας μετά την ανακατασκευή.

Συχνότητα ελέγχου: Μηνιαία, ως έλεγχος χρήσης / Κάθε 6 μήνες, ως έλεγχος αναφοράς. (4)

Επαναληψιμότητα ποιοτικού ελέγχου

Βασικό ζητούμενο ενός πρωτοκόλλου ποιοτικού ελέγχου γ-camera, αποτελεί η επαναληψιμότητα του. Όλοι οι επιμέρους έλεγχοι που το αποτελούν, θα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι όσο το δυνατόν εύκολοι στην εφαρμογή τους και με αυστηρά καθορισμένα βήματα. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται ότι τα αποτελέσματα των διαδοχικών ελέγχων θα είναι συγκρίσιμα, τόσο μεταξύ τους όσο και με τις προδιαγραφές του συστήματος.

Επομένως, η αυστηρή τήρηση του πρωτοκόλλου ποιοτικού ελέγχου ενός συστήματος γ-camera, το οποίο συνήθως είναι διαθέσιμο ως εγχειρίδιο μαζί με το σύστημα, εξασφαλίζει σε μεγάλο βαθμό την επιτυχή έκβαση όλων των ελέγχων και την επίτευξη της επιθυμητής επαναληψιμότητας τους. Παρόλα αυτά, η διενέργεια του συνόλου των ελέγχων αυτών μόνο με την χρήση του γραπτού εγχειριδίου, ενδέχεται να προκαλέσει δυσκολίες ή/και καθυστερήσεις στο προσωπικό που τους εκτελεί, ιδίως όταν πρόκειται για άτομα με μικρή ή καθόλου εμπειρία στην διενέργεια των ελέγχων αυτών.

Η ύπαρξη ενός εγχειριδίου διενέργειας ποιοτικού ελέγχου γ-camera, το οποίο θα περιλαμβάνει οπτικοακουστικό υλικό υποδεικνύοντας τον σωστό τρόπο διενέργειας των επιμέρους ελέγχων θα αποτελούσε ένα πολύ χρήσιμο και πρακτικό οδηγό ποιοτικού ελέγχου, για τους κάτωθι λόγους:

- Διασφαλίζεται στον μέγιστο βαθμό η επαναληψιμότητα των επιμέρους ελέγχων
- Το προσωπικό μπορεί να επιβεβαιώσει ότι εκτελεί με τον σωστό τρόπο τους ελέγχους
- Το προσωπικό διευκολύνεται ως προς την σωστή προετοιμασία και τοποθέτηση του απαραίτητου εξοπλισμού, αλλά και ως προς την σωστή εκτέλεση των επιμέρους πρωτοκόλλων από το λογισμικό του συστήματος. Έτσι διασφαλίζεται η εκτέλεση των ελέγχων στο συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα.
- Αποτελεί εκπαιδευτικό εργαλείο για την εκμάθηση και εξοικείωση με την διενέργεια του ποιοτικού ελέγχου.

ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία ενός εγχειριδίου διενέργειας ποιοτικού ελέγχου γ-camera, το οποίο θα εξασφαλίζει στον μέγιστο βαθμό την επαναληψιμότητα των επιμέρους ελέγχων καθώς και την ολοκλήρωση τους στο συντομότερο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, θα αποτελεί χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο για την εκμάθηση και την εξοικείωση με την διενέργεια του πρωτοκόλλου ποιοτικού ελέγχου.

Θα αναφερθούν λεπτομερώς η προετοιμασία και τα βήματα που απαιτούνται για την διενέργεια του συνόλου των ελέγχων του πλήρους πρωτοκόλλου ποιοτικού ελέγχου. Για κάθε έλεγχο, θα υπάρχει επεξήγηση των απαιτούμενων υλικών, της προετοιμασίας, της εκτέλεσης και της εξαγωγής αποτελεσμάτων, συνοδευόμενη επιπλέον από οπτικοακουστικό υλικό (φωτογραφίες και βιντεοληπτικό υλικό). Το υλικό αυτό θα προσφέρει στον χρήστη περαιτέρω καθοδήγηση ως προς την σωστή προετοιμασία, εκτέλεση και εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Οι έλεγχοι που περιλαμβάνονται στο πλήρες πρωτόκολλο ποιοτικού ελέγχου και στους οποίους θα αναφέρεται το εγχειρίδιο είναι:

- Έλεγχος ακτινοβολίας υποβάθρου
- Ποσοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας
- Έλεγχος εσωτερικής ομοιογένειας
- Ποιοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας
- Έλεγχος μέγιστου ρυθμού κρούσεων
- Έλεγχος χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή
- Έλεγχος ολόσωμης χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή
- Έλεγχος ευαισθησίας συστήματος
- Έλεγχος του κέντρου περιστροφής

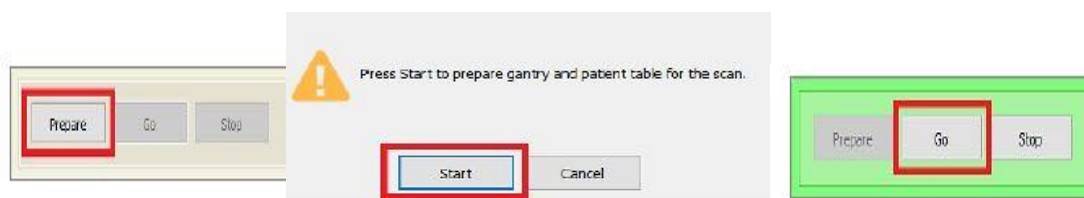
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την εφαρμογή του πρωτοκόλλου ποιοτικού ελέγχου της παρούσας εργασίας, την λήψη του σχετικού οπτικοακουστικού υλικού και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το σύστημα γ-camera 2 κεφαλών Mediso AnyScan S-Flex, το οποίο είναι εγκατεστημένο στο τμήμα Πυρηνικής Ιατρικής του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Λάρισας.

Για την διενέργεια των ελέγχων ακολουθήθηκε η σχετική λίστα πλήρους πρωτοκόλλου ποιοτικού ελέγχου του συγκεκριμένου συστήματος.

Καθώς το λογισμικό χρήσης του συγκεκριμένου συστήματος (Nucline), χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε συστήματα του Κατασκευαστικού οίκου Mediso, κατά την περιγραφή των βημάτων και των απαιτούμενων ρυθμίσεων στο λογισμικό, γίνεται σκόπιμα μια προσπάθεια γενίκευσης τους. Η γενίκευση αυτή αποσκοπεί στην δυνατότητα εφαρμογής του εγχειρίδιού αυτού και σε συστήματα άλλων κατασκευαστών.

Στην περιγραφή όλων των ελέγχων, αναφέρεται το βήμα: *Επιλέγουμε [Prepare] και [Start] και στην συνέχεια [Go]*. Η λειτουργία [Prepare] και [Start] αφορά την προετοιμασία του συστήματος για την εκκίνηση του εκάστοτε ελέγχου (μετακίνηση του Gantry, των κεφαλών και του κρεβατιού στις θέσεις που ορίζουν οι ρυθμίσεις του εκάστοτε πρωτοκόλλου). Εφόσον η προετοιμασία αυτή έχει γίνει χειροκίνητα από τον χρήστη, η λειτουργία [Prepare] επαληθεύει ότι οι συνολικές ρυθμίσεις του συστήματος είναι σωστές και επιτρέπει την εκκίνηση του σχετικού ελέγχου (επιλογή [Go]).



Εικόνα 1. Τα παράθυρα προετοιμασίας και εκκίνησης των πρωτόκολλων .

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Για την διενέργεια του ποιοτικού ελέγχου χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω εξοπλισμός:

- Σημειακή πηγή: 0,5 ml διαλύματος Tc99 σε σύριγγα 2ml.



Εικόνα 2. Η σημειακή πηγή που χρησιμοποιείται στους ελέγχους: 0,5 ml διαλύματος Tc99 σε σύριγγα 2ml. Η ενεργότητα του διαλύματος εξαρτάται από τον κάθε έλεγχο.

- Υποδοχέας πηγής (source holder). Μολύβδινη θήκη όπου τοποθετείται η σύριγγα με την σημειακή πηγή. Στην μπροστινή της πλευρά υπάρχει άνοιγμα ορθογώνιου σχήματος από όπου εξέρχεται η χρήσιμη ακτινοβολία της πηγής. Στο άνοιγμα αυτό τοποθετούνται διαδοχικά πλάκες χαλκού πάχους 2 mm για την μείωση του αριθμού κρούσεων στους ανιχνευτές, όταν αυτό απαιτείται (εικόνα 3).



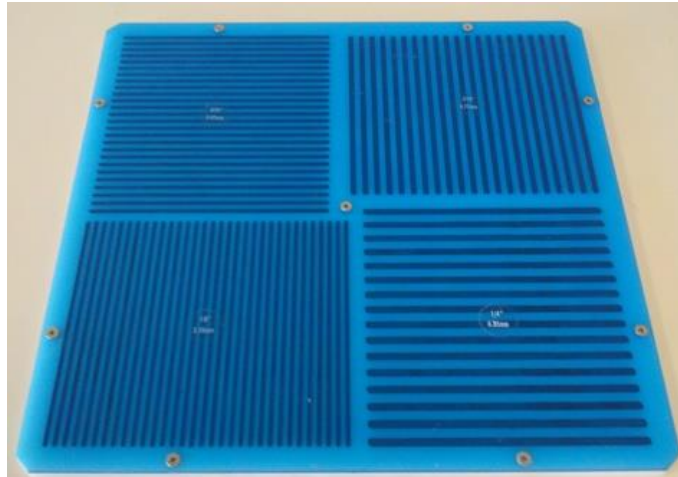
Εικόνα 3. Ο υποδοχέας σημειακής πηγής (Source holder).

Σε κάποιους από τους ελέγχους, απαιτείται η τοποθέτηση του υποδοχέα πηγής σε σταθερό σημείο στην βάση του συστήματος και στην νοητή ευθεία με το κέντρο του ανιχνευτή προς μέτρηση. Η ευκρινής σήμανση του σημείου τοποθέτησης, διασφαλίζει την σωστή θέση της σημειακής πηγής σε κάθε μέτρηση (εικόνα 4).



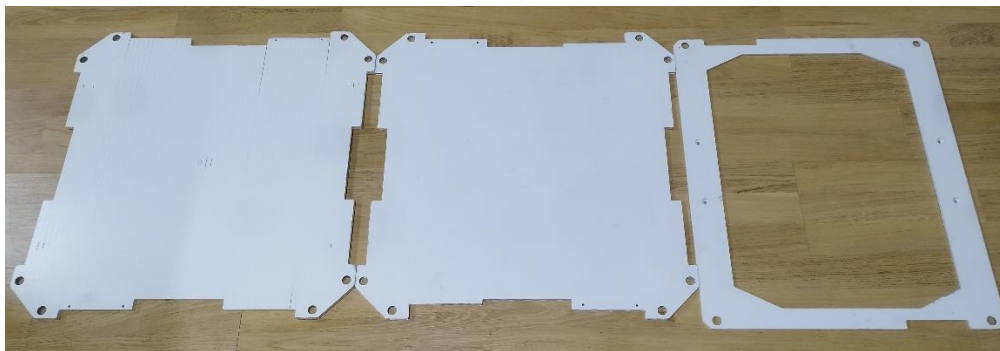
Εικόνα 4. Η σήμανση του σωστού σημείου τοποθέτησης του υποδοχέα πηγής στην βάση του συστήματος, διασφαλίζει την σωστή θέση της σημειακής πηγής σε κάθε μέτρηση.

- Quadrant (Bar) phantom: ομοίωμα για την ποιοτική εκτίμηση της χωρικής διακριτικής ικανότητας του συστήματος. Αποτελείται από 4 τμήματα τα οποία περιέχουν παράλληλες λωρίδες μολύβδου, με διαφορετικά πάχη και αποστάσεις των λωρίδων σε κάθε τμήμα (εικόνα 5).



Εικόνα 5. Το Quadrant (Bar) phantom.

- Linearity phantom: μολύβδινο ομοίωμα με παράλληλες σχισμές πάχους 1 mm και απόσταση μεταξύ των σχισμών 30mm, σύμφωνα με το πρότυπο NEMA. Το συγκεκριμένο ομοίωμα αποτελείται από 2 μολύβδινες πλάκες (7,5 mm & 30 mm) και 1 μολύβδινη στεφάνη (ring phantom) (εικόνα 6). Στερεώνεται στους ανιχνευτές με την χρήση ειδικών βιδών. Χρησιμοποιείται για την ποσοτική μέτρηση της χωρικής διακριτικής ικανότητας και χωρικής γραμμικότητας του συστήματος.



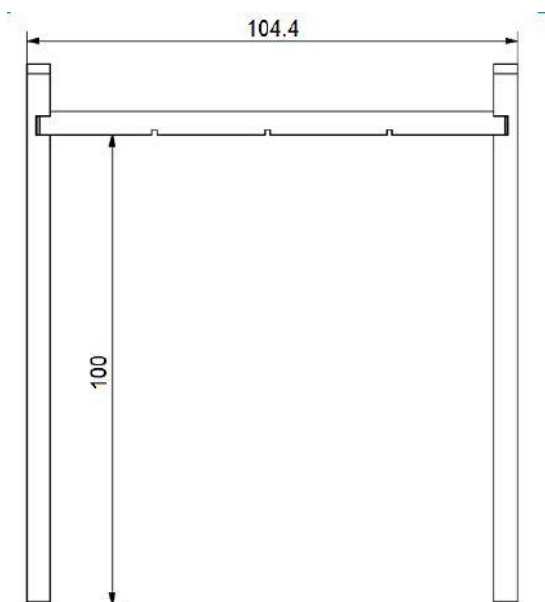
Εικόνα 6. Linearity phantom. Ο συγκεκριμένος τύπος αποτελείται από δύο μολύβδινες πλάκες που τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη με ίδια διεύθυνση των σχισμών τους και ένα linearity ring.

- Τριχοειδή σωληνάρια, $\varnothing 0.95 \times 120 \text{ mm}$ (εικόνα 7) .



Εικόνα 7. Τριχοειδές σωληνάριο.

- Υποδοχέας τριχοειδούς σωλήνα. Πρέπει να είναι κατασκευασμένος από ακτινοδιαπερατό υλικό (plexiglass) και να συγκρατεί τον σωλήνα σε ύψος 10 cm από την επιφάνεια του ανιχνευτή (εικόνα 8).



Εικόνα 8. Διαστάσεις ενός υποδοχέα τριχοειδούς σωλήνα

Διαδικασία ποιοτικού ελέγχου αναφοράς

Έλεγχος ακτινοβολίας υποβάθρου.

Σκοπός:

- Ο έλεγχος των ανιχνευτών για πιθανή επιμόλυνση με ραδιενεργό υλικό και η ανίχνευση άλλων πηγών στον χώρο του συστήματος.
- Ο έλεγχος για τυχόν ύπαρξη αυξημένου ηλεκτρονικού θορύβου στους ανιχνευτές.

Συχνότητα ελέγχου: Καθημερινός

Απαιτούμενος εξοπλισμός:

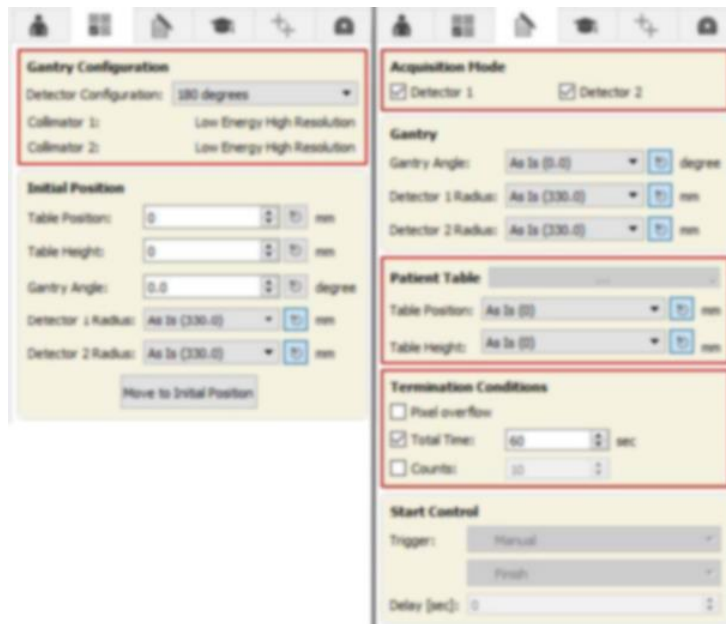
- Οι κατευθυντήρες αρχικά πρέπει να είναι εγκατεστημένοι και στους δύο ανιχνευτές. Χρησιμοποιούμε τους κατευθυντήρες LEGP.
- Δεν θα πρέπει να υπάρχει ραδιενεργός πηγή στον χώρο του συστήματος γ-camera.

Προετοιμασία:

- Θέτουμε το σύστημα στην θέση Home. Η διαμόρφωση των ανιχνευτών μπορεί να είναι 90, 102 ή 180°.
- Εφόσον ολοκληρωθεί η πρώτη μέτρηση, αφαιρούμε τους κατευθυντήρες από τους ανιχνευτές και επαναλαμβάνουμε την μέτρηση.

Διαδικασία:

1. Επιλέγουμε και ανοίγουμε το σχετικό πρωτόκολλο ελέγχου υποβάθρου με κατευθυντήρες, '*Background Test Tc-99m.*' (Εφόσον δεν υφίσταται τέτοιο πρωτόκολλο, επιλέγουμε κάποιο από τα πρωτόκολλα SPECT.)
2. Στο παράθυρο διαμόρφωσης, επιλέγουμε [*Move to Initial Position*]. Επιβεβαιώνουμε ότι και οι δύο ανιχνευτές είναι επιλεγμένοι. Χρόνος λήψης 60 δευτερόλεπτα.



Εικόνα 9. Παράμετροι πρωτοκόλλου ελέγχου ακτινοβολίας υποβάθρου

3. Επιλέγουμε [*Prepare*] και στην συνέχεια [*Go*].
4. Όταν ολοκληρωθεί η λήψη καταγράφουμε τις συνολικές κρούσεις σε κάθε ανιχνευτή.
5. Κλείνουμε το πρωτόκολλο και αφαιρούμε τους κατευθυντήρες.
6. Επιλέγουμε και ανοίγουμε το σχετικό πρωτόκολλο ελέγχου υποβάθρου χωρίς κατευθυντήρες, '*Background Test Tc-99m Intrinsic*'. (Εφόσον δεν υφίσταται τέτοιο πρωτόκολλο, επιλέγουμε κάποιο από τα πρωτόκολλα SPECT.)
7. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 έως 4.

Επιτρεπτά όρια:

Οι συνολικές κρούσεις θα πρέπει για κάθε ανιχνευτή να είναι λιγότερες από 400 με εγκατεστημένους κατευθυντήρες και λιγότερες από 2400 χωρίς κατευθυντήρες.

Έλεγχος εσωτερικής ομοιογένειας.

Απαιτούμενος εξοπλισμός:

- Σημειακή πηγή Tc^{99m} , ενεργότητας 7 MBq
- Υποδοχέας πηγής και πλάκες χαλκού (εφόσον χρειαστούν)

Προετοιμασία:

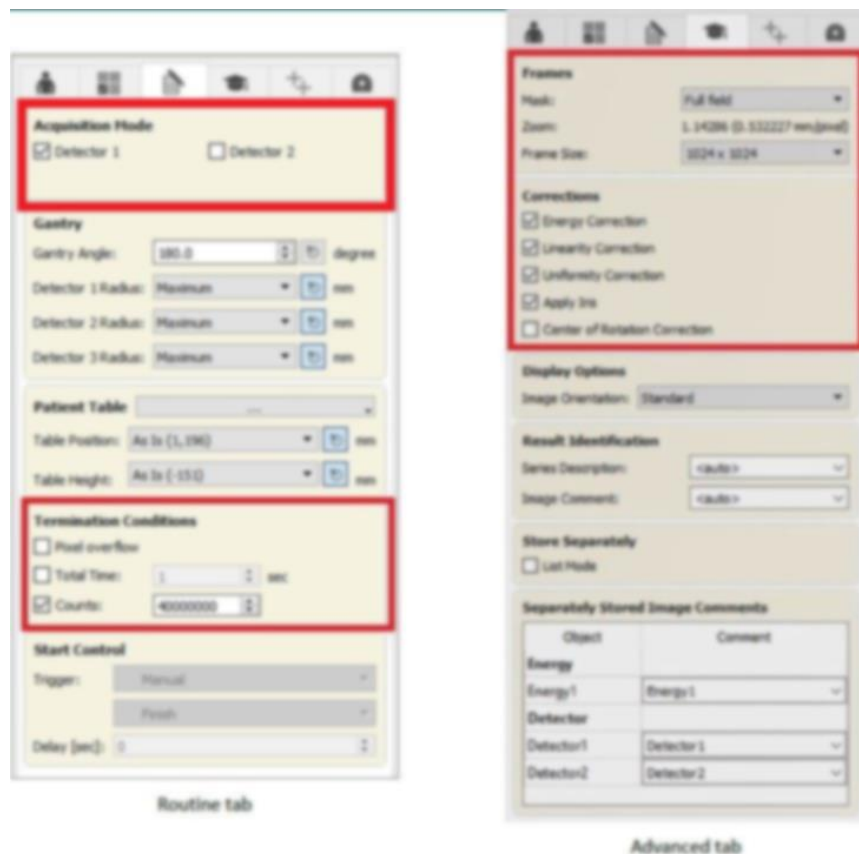
- Αφαιρούμε τους κατευθυντήρες από τους ανιχνευτές.
- Θέτουμε τους ανιχνευτές σε διάταξη 102^0 και την θέση του gantry στις 180^0 .
- Τοποθετούμε τον υποδοχέα με την πηγή στο πάτωμα σε ευθεία με το κέντρο του οπτικού πεδίου του ανιχνευτή 1.
-



Εικόνα 10. Η διάταξη των ανιχνευτών και του υποδοχέα πηγής για τον έλεγχο εσωτερικής ομοιογένειας του προς μέτρηση ανιχνευτή.

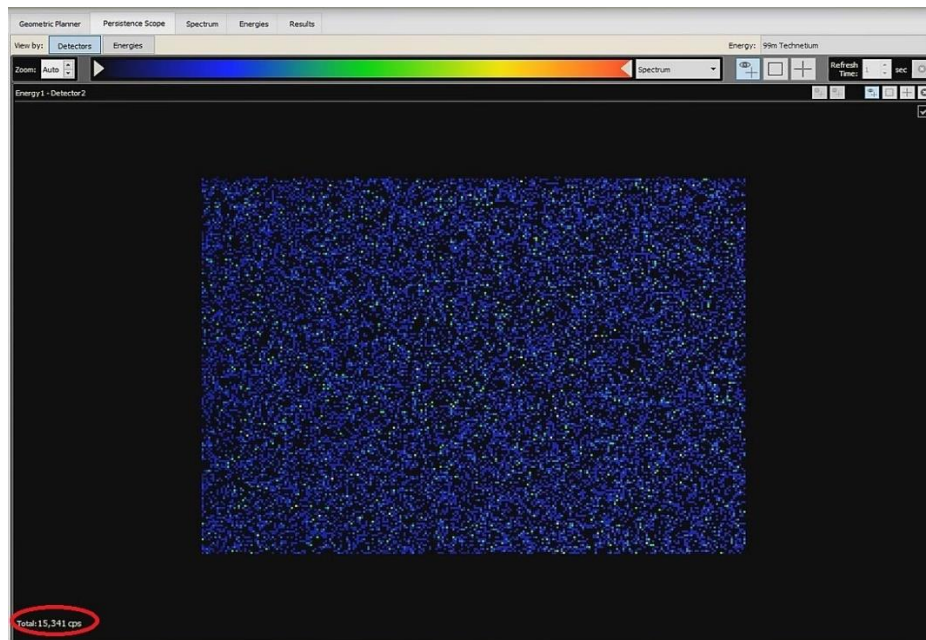
Διαδικασία:

1. Επιλέγουμε και ανοίγουμε το σχετικό πρωτόκολλο, '*Uniformity Point Source Test Tc-99m*'.
2. Στο πεδίο Scan επιλέγουμε το βήμα *Uniformity Test Det 1*. Στις παραμέτρους επιβεβαιώνουμε ότι είναι επιλεγμένος ο ανιχνευτής 1, το *frame size* είναι 1024×1024 , η επιλογή *Mask* είναι ορισμένη ως *Full field* και η επιλογή *Termination condition* είναι ορισμένη στις 40.000.000 κρούσεις.



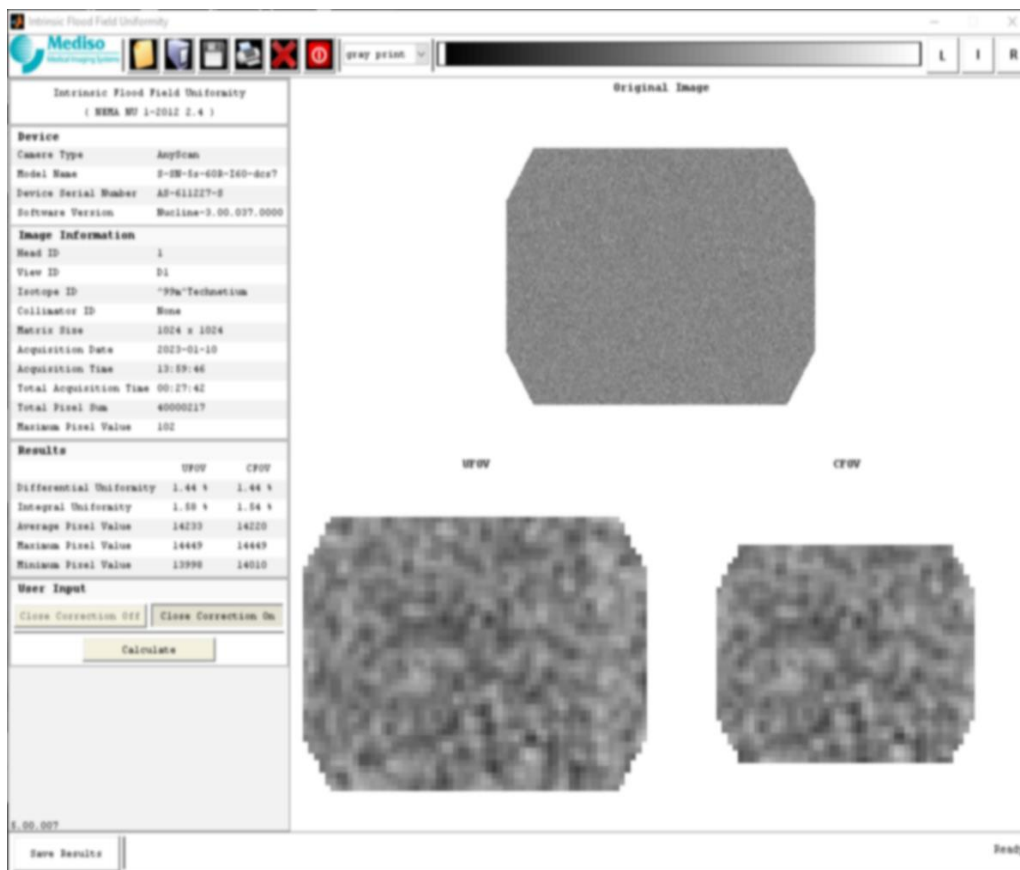
Εικόνα 11. Παράμετροι πρωτοκόλλου ελέγχου εσωτερικής ομοιογένειας.

- Ελέγχουμε στην οθόνη (Detector View) ότι ο ρυθμός κρούσεων στον ανιχνευτή 1 είναι μικρότερος από 20.000 cps. Στην περίπτωση που είναι υψηλότερος, προσθέτουμε πλάκες χαλκού για να τον μειώσουμε.



Εικόνα 12. Στιγμιότυπο από το Detector View. Ο ρυθμός κρούσεων πρέπει να είναι μικρότερος από 20000 cps.

4. Επιλέγουμε [*Prepare*] και [*Start*] και στην συνέχεια [*Go*]. Όταν η λήψη ολοκληρωθεί, θα σταματήσει αυτόματα
5. Περιστρέφουμε το Gantry στις 78^0 , ούτως ώστε ο ανιχνευτής 2 να μετακινηθεί στις 180^0 .
6. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 έως 4, για τον ανιχνευτή 2.
7. Κλείνουμε το πρωτόκολλο.
8. Ανοίγουμε διαδοχικά τις 2 λήψεις με το λογισμικό Image Quality του συστήματος, επιλέγοντας 'Gamma tests > Intrinsic Flood Field Uniformity'. Στην κάθε λήψη επιλέγουμε [*Close Correction On*] και στην συνέχεια [*Calculate*]. Το λογισμικό υπολογίζει τις αντίστοιχες τιμές ολοκληρωτικής και διαφορικής ομοιογένειας και τις εμφανίζει στο πεδίο των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 13. Η οθόνη αποτελεσμάτων του λογισμικού Image Quality, για τον έλεγχο εσωτερικής ομοιογένειας.

Επιτρεπτά όρια:

Διαφορική ομοιογένεια. Center FOV: 1,9% Useful FOV: 2,4%

Ολοκληρωτική ομοιογένεια. Center FOV: 2,4% Useful FOV: 2,4%

Ποσοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας.

Απαιτούμενος εξοπλισμός:

- Σημειακή πηγή Tc^{99m} , ενεργότητας 210 MBq
- Υποδοχέας πηγής
- Linearity phantom (phantom 7mm και cover phantom 30mm)
- Linearity ring phantom
- Βίδες στερέωσης linearity phantom

Προετοιμασία:

- **Σημαντικό:** Καθώς το Linearity phantom θα τοποθετηθεί πάνω στους ανιχνευτές χωρίς να μεσολαβούν οι κατευθυντήρες, θα πρέπει να βρίσκεται σε αντίστοιχη θερμοκρασία με αυτή του χώρου της γ-camera.
- Θέτουμε τους ανιχνευτές (χωρίς κατευθυντήρες) σε διάταξη 102^0 .
- Περιστρέφουμε το gantry στις 0^0 . Αρχικά καλύπτουμε με προστατευτικό υλικό (βαμβάκι, γάζα) και κολλητική ταινία την επαφή σύνδεσης κατευθυντήρα στον ανιχνευτή 1, ούτως ώστε να την προστατεύσουμε από τυχόν επαφή με το phantom.

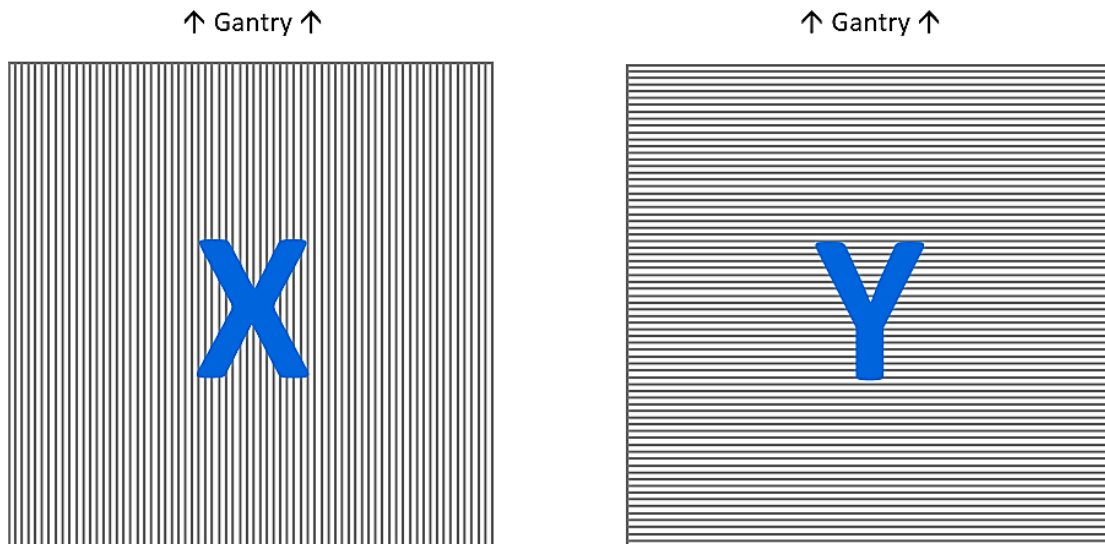
Κάλυψη επαφών σύνδεσης



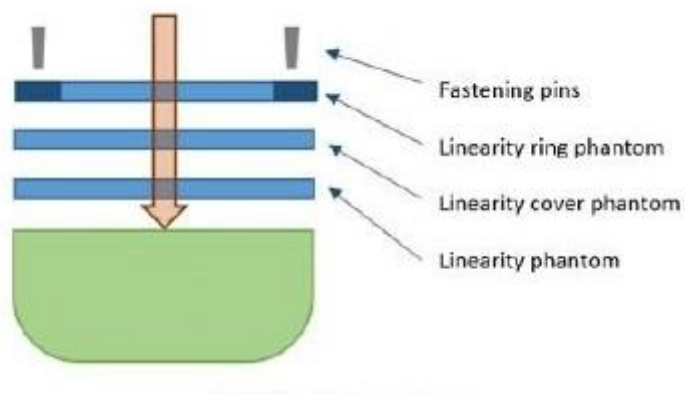
Εικόνα 14 . Πριν την τοποθέτηση του linearity phantom πάνω στον ανιχνευτή, οι επαφές σύνδεσης για τους κατευθυντήρες θα πρέπει να καλύπτονται με κάποιο μαλακό υλικό.

- Στην συνέχεια τοποθετούμε με την σειρά το linearity phantom 7,5 mm, το cover phantom 30mm και το ring phantom στον ανιχνευτή 1. Για την πρώτη λήψη τα τοποθετούμε με τις σχισμές τους παράλληλες με τον άξονα X και στην δεύτερη παράλληλες με τον άξονα Y (εικόνα 15). Τα στερεώνουμε με τις βίδες στερέωσης.

Τοποθέτηση Linearity Phantom



Εικόνα 15. Η κατεύθυνση των σχισμών του linearity phantom ως προς τους άξονες X και Y του συστήματος.



Εικόνα 16. Η σωστή σειρά τοποθέτησης των κομματιών του linearity phantom.

- Στην συνέχεια περιστρέφουμε το gantry στις 180^0 .
- Τοποθετούμε τον υποδοχέα με την πηγή στο πάτωμα σε ευθεία με το κέντρο του οπτικού πεδίου του ανιχνευτή 1.

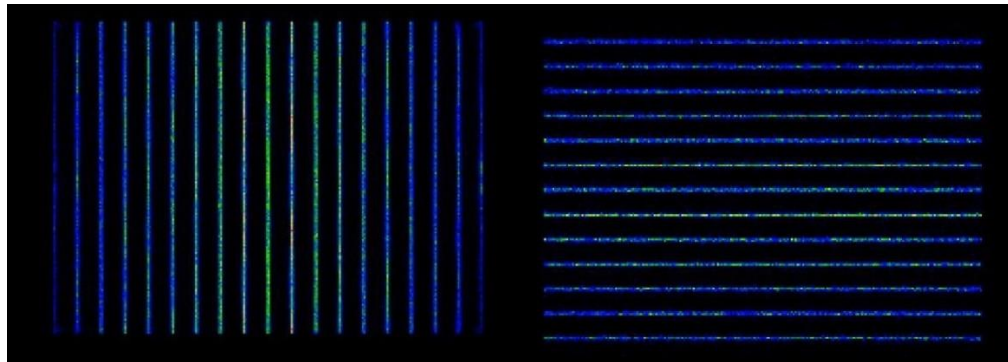


Εικόνα 17. Διάταξη ανιχνευτών και υποδοχέα πηγής για τον έλεγχο εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας.

Διαδικασία:

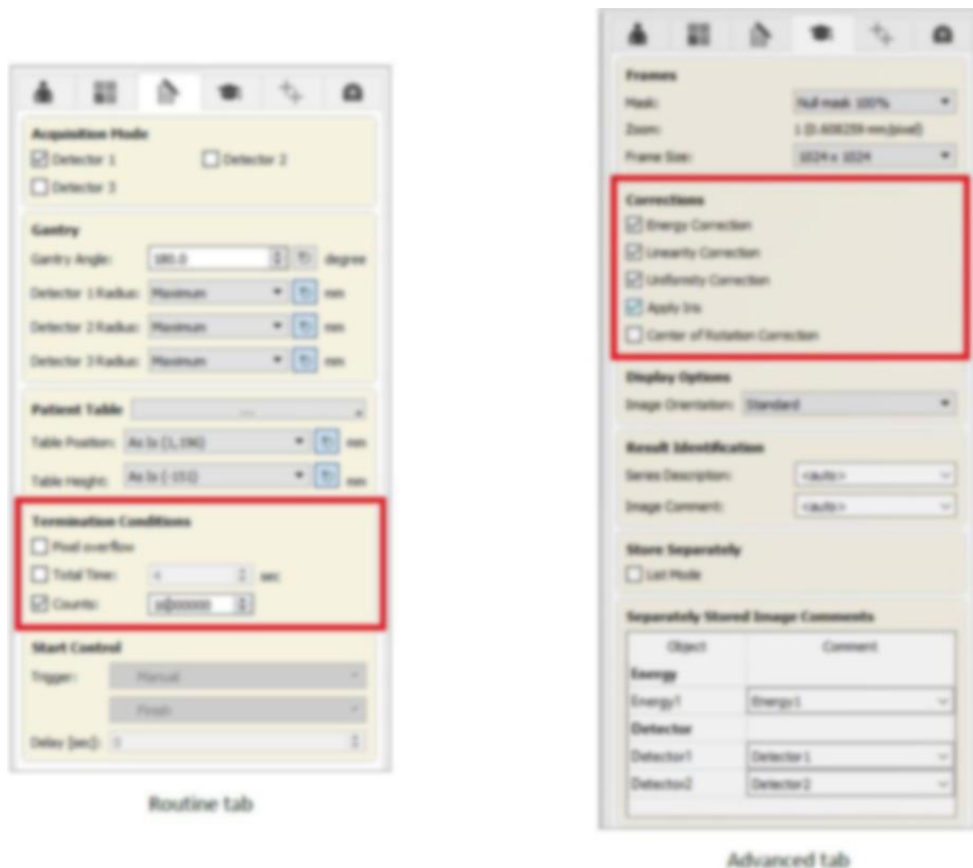
Πρωτόκολλο linearity test

1. Επιλέγουμε και ανοίγουμε το σχετικό πρωτόκολλο, *'Intrinsic Spatial Resolution and Linearity Test'*.
2. Στο πεδίο Scan επιλέγουμε το αντίστοιχο βήμα, ανάλογα με τον προσανατολισμό (X ή Y) των τοποθετημένων phantom. Επιβεβαιώνουμε στο *Detector View* τον σωστό προσανατολισμό των phantom και ότι οι κρούσεις είναι < 20.000 cps.



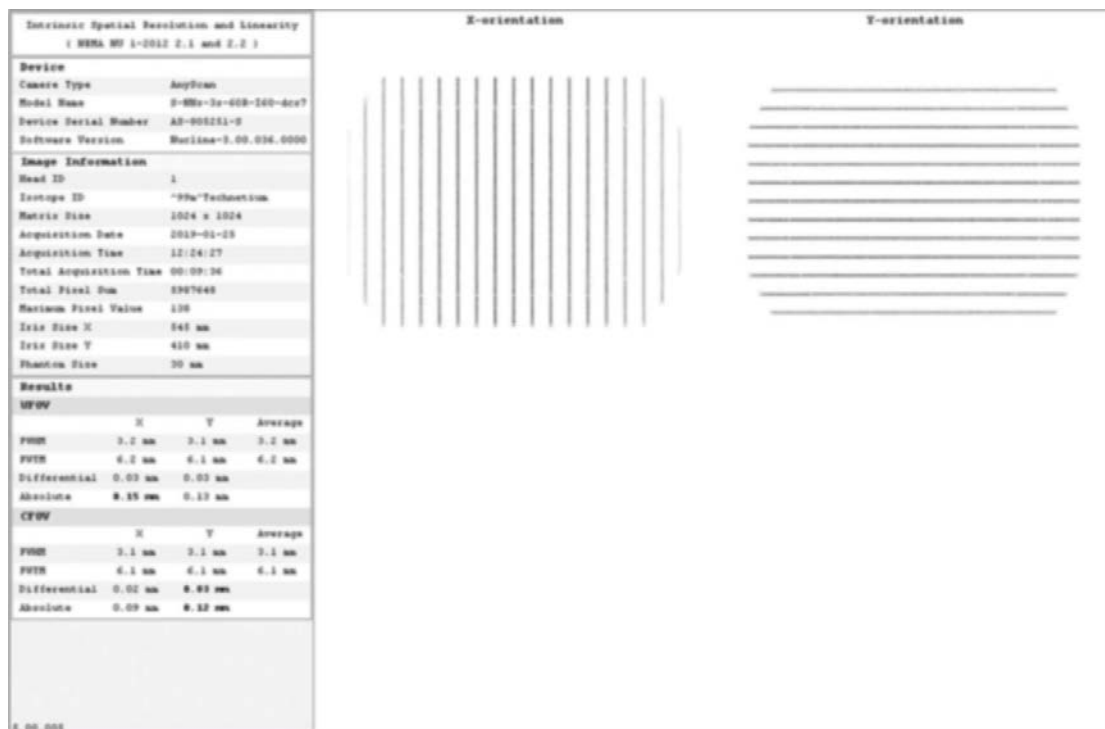
Εικόνα 18. Ο προσανατολισμός του Linearity phantom, όπως φαίνεται στο *Detector View*: Αριστερά σε προσανατολισμό στον άξονα X και δεξιά στον άξονα Y.

3. Ορίζουμε την παράμετρο *Counts* στις 16.000.000 κρούσεις.
4. Επιλέγουμε όλες τις επιλογές *Corrections*, πλην της επιλογής *Center of Rotation Correction*.



Εικόνα 19. Βασικές ρυθμίσεις του πρωτοκόλλου εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας

5. Επιλέγουμε [*Prepare*] και [*Start*] και στην συνέχεια [*Go*].
Όταν ολοκληρωθεί το πρώτο βήμα, περιστρέφουμε το Gantry στις 0^0 και τοποθετούμε τα phantom στην άλλη κατεύθυνση. Στην συνέχεια περιστρέφουμε το gantry στις 180^0 .
6. Επαναλαμβάνουμε τα αντίστοιχα βήματα 2 έως 5.
7. Επαναλαμβάνουμε τα αντίστοιχα βήματα 2 έως 5 και για τις 2 κατευθύνσεις, για τον ανιχνευτή 2.
8. Κλείνουμε το πρωτόκολλο.
9. Ανοίγουμε διαδοχικά τις ληφθήσες εικόνες από τους δύο ανιχνευτές με το λογισμικό Image Quality του συστήματος, επιλέγοντας ‘Gamma tests > Intrinsic Spatial Resolution and Linearity’. Το λογισμικό θα υπολογίσει τις μέσες τιμές FWHM και FWTM που αφορούν την χωρική διακριτική ικανότητα, καθώς και τις τιμές της εσωτερικής διαφορικής και ολοκληρωτικής χωρικής γραμμικότητας (εικόνα 20).



Εικόνα 20. Η οθόνη αποτελεσμάτων του λογισμικού Image Quality, για τον έλεγχο εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας.

Επιτρεπτά όρια:

Εσωτερική χωρική διακριτική ικανότητα.

FWHM CFOV: 3,6 mm UFOV: 3,7 mm

FWTM CFOV: 7,2 mm UFOV: 7,4 mm

Εσωτερική χωρική γραμμικότητα.

Διαφορικό CFOV: 0,18 mm Διαφορικό UFOV: 0,20 mm

Ολοκληρωτικό CFOV: 0,38 mm Ολοκληρωτικό UFOV: 0,40 mm

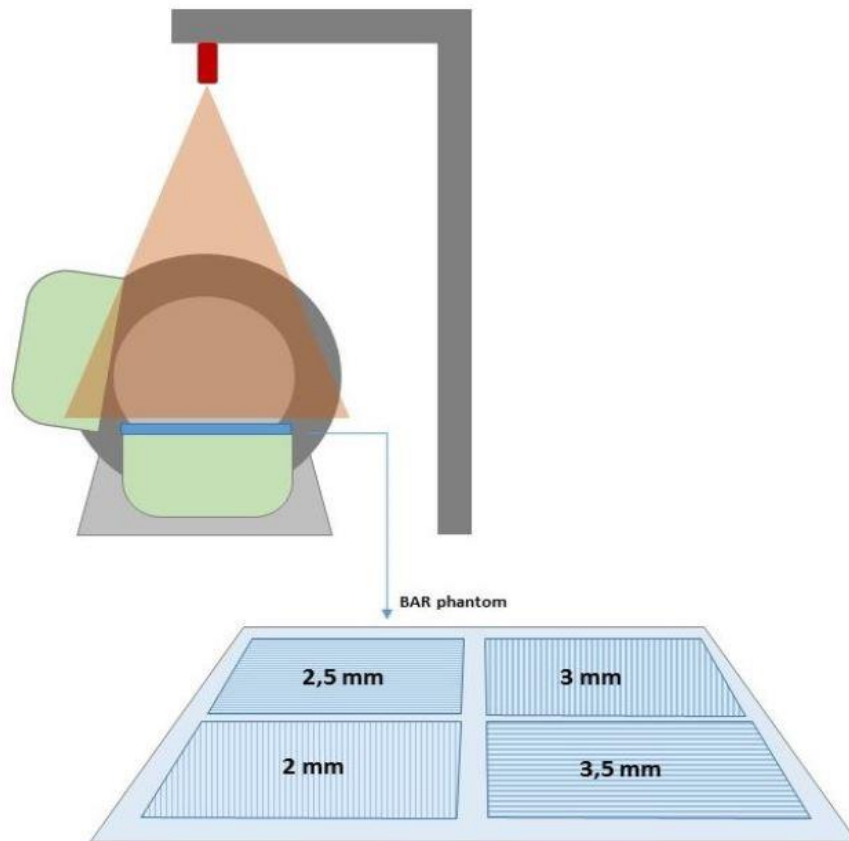
Ποιοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας.

Απαιτούμενος εξοπλισμός:

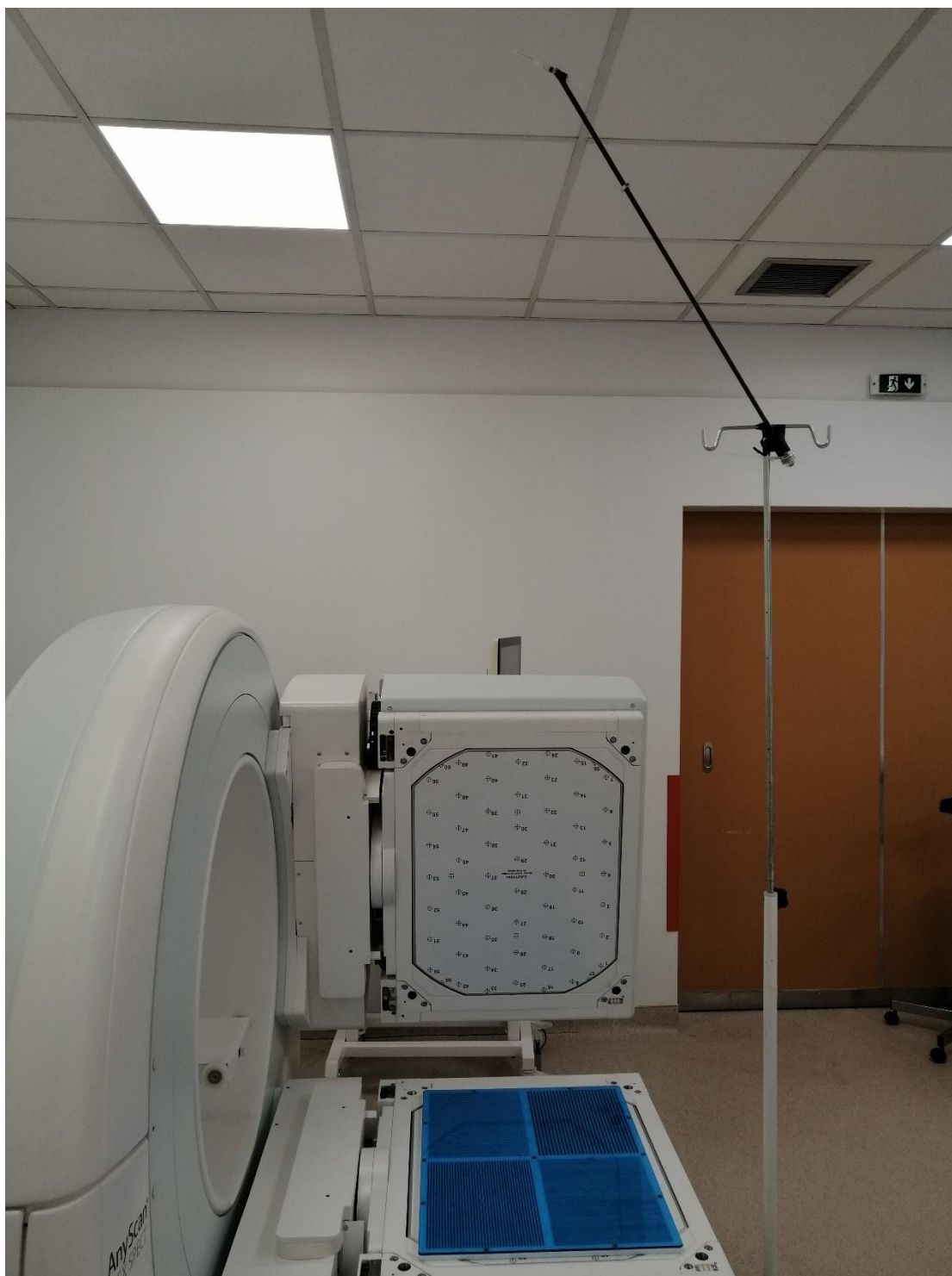
- Σημειακή πηγή Tc^{99m} , ενεργότητας ~100 MBq (20.000- 40.000 cps)
- Bar phantom
- Κατάλληλη βάση στήριξης της πηγής σε ύψος 2 μέτρων από την επιφάνεια του υπό μέτρηση ανιχνευτή.

Προετοιμασία:

- Θέτουμε τους ανιχνευτές (χωρίς κατευθυντήρες) σε διάταξη 102^0 .
- Περιστρέφουμε το gantry στις 0^0 και τοποθετούμε το BAR phantom πάνω στην επιφάνεια του ανιχνευτή 1.
- Με κατάλληλη βάση στήριξης (π.χ. στατώ ορού και μεταλλική ή ξύλινη βέργα), τοποθετούμε την πηγή σε ύψος 2 μέτρων από την επιφάνεια του ανιχνευτή και σε ευθεία με το κέντρο του παραθύρου του ανιχνευτή (εικόνα 22)



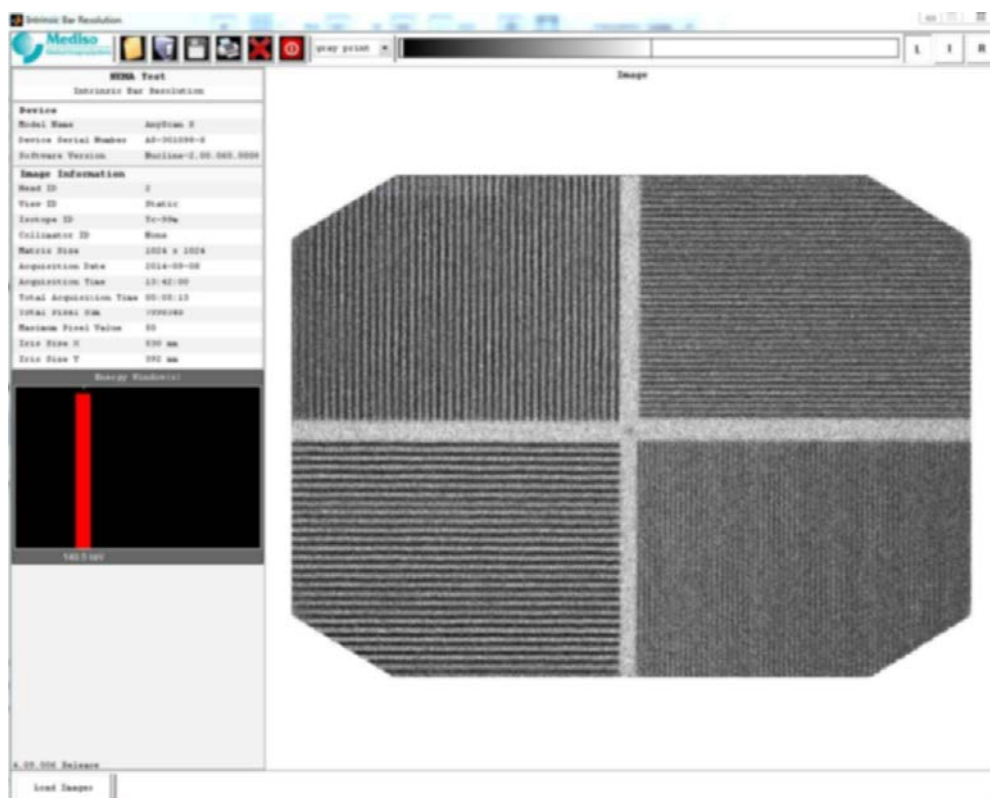
Εικόνα 21. Θεωρητική διάταξη για τον έλεγχο εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας.



Εικόνα 22. Πειραματική διάταξη με χρήση τροχήλατου οροστάτη για την σωστή τοποθέτηση της πηγής, κατά τον ποιοτικό έλεγχο εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας.

Διαδικασία:

1. Επιλέγουμε και ανοίγουμε το σχετικό πρωτόκολλο, '*Intrinsic BAR Resolution Test*'.
2. Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει δυο βήματα για κάθε ανιχνευτή. Στο πρώτο βήμα η παράμετρος *Frame size* είναι ορισμένη 512*512 και στο δεύτερο 1024*1024. Τρέχουμε και τα δύο βήματα για τον ανιχνευτή 1. Σε κάθε βήμα επιλέγουμε [*Prepare*] και [*Start*] και στην συνέχεια [*Go*].
3. Όταν ολοκληρωθούν τα βήματα για τον ανιχνευτή 1, αφαιρούμε το BAR phantom και περιστρέφουμε το Gantry στις 258°. Τοποθετούμε το BAR phantom στον ανιχνευτή 2.
4. Επαναλαμβάνουμε το βήμα 2.
5. Κλείνουμε το πρωτόκολλο.
6. Ανοίγουμε διαδοχικά τις ληφθήσες εικόνες από τους δύο ανιχνευτές με το λογισμικό Image Quality του συστήματος, επιλέγοντας '*Gamma tests > Intrinsic BAR Resolution*'. (εικόνα 23)



Εικόνα 23. Η οθόνη αποτελεσμάτων του λογισμικού Image Quality, για τον ποιοτικό έλεγχο εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας.

Επιτρεπτά όρια:

Το αποτέλεσμα θεωρείται αποδεκτό, εφόσον οι γραμμές στα πεδία 3.5, 3, 2.5 mm είναι καλά ευδιάκριτες και είναι ορατός ο προσανατολισμός των γραμμών στο πεδίο 2 mm.

Έλεγχος μέγιστου ρυθμού κρούσεων

Απαιτούμενος εξοπλισμός:

- Σημειακή πηγή Tc^{99m} , ενεργότητας 230 ± 10 MBq
- Υποδοχέας πηγής
- Linearity ring phantom
- Βίδες στερέωσης linearity phantom

Προετοιμασία:

- Θέτουμε τους ανιχνευτές (χωρίς κατευθυντήρες) σε διάταξη 102^0 .
- Περιστρέφουμε το gantry στις 0^0 και τοποθετούμε το linearity ring phantom πάνω στην επιφάνεια του ανιχνευτή 1. Το στερεώνουμε με τις βίδες στήριξης.
- Περιστρέφουμε το gantry στις 90^0 .



Εικόνα 24. Η διάταξη των ανιχνευτών για τον έλεγχο μέγιστου ρυθμού κρούσεων.

Διαδικασία:

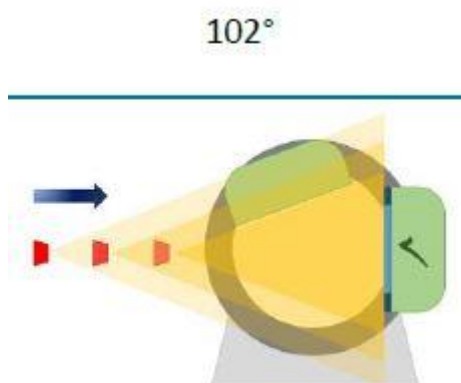
1. Επιλέγουμε και ανοίγουμε το σχετικό πρωτόκολλο, *'Maximum Count Rate Test'*.
2. Στο πεδίο Scan επιλέγουμε το αντίστοιχο βήμα για τον ανιχνευτή 1.
3. Ορίζουμε την σχετική παράμετρο *Frames in Phase* στο 120 και ελέγχουμε ότι η παράμετρος *Frame Duration* είναι ορισμένη στα 1000 ms.
4. Ελέγχουμε ότι όλες οι επιλογές *Corrections* είναι ενεργοποιημένες, εκτός της *Center of Rotation Correction*.
5. Επιλέγουμε *[Prepare]* και *[Start]*. Στην οθόνη του Gantry επιλέγουμε το *Acquisition Window*.
6. Τοποθετούμε την πηγή στον υποδοχέα. Με το ένα χέρι κρατάμε το χειριστήριο και με το άλλο τον υποδοχέα, σε απόσταση 2,5 με 3 μέτρα από τον υπό μέτρηση ανιχνευτή και όσο γίνεται σε ευθεία με το κέντρο του UFOV του ανιχνευτή. Ελέγχουμε τον ρυθμό κρούσεων στην οθόνη, θα πρέπει να είναι 100.000 με 200.000 cps.



Εικόνα 25. Η αρχική θέση της πηγής για τον έλεγχο μέγιστου ρυθμού κρούσεων.

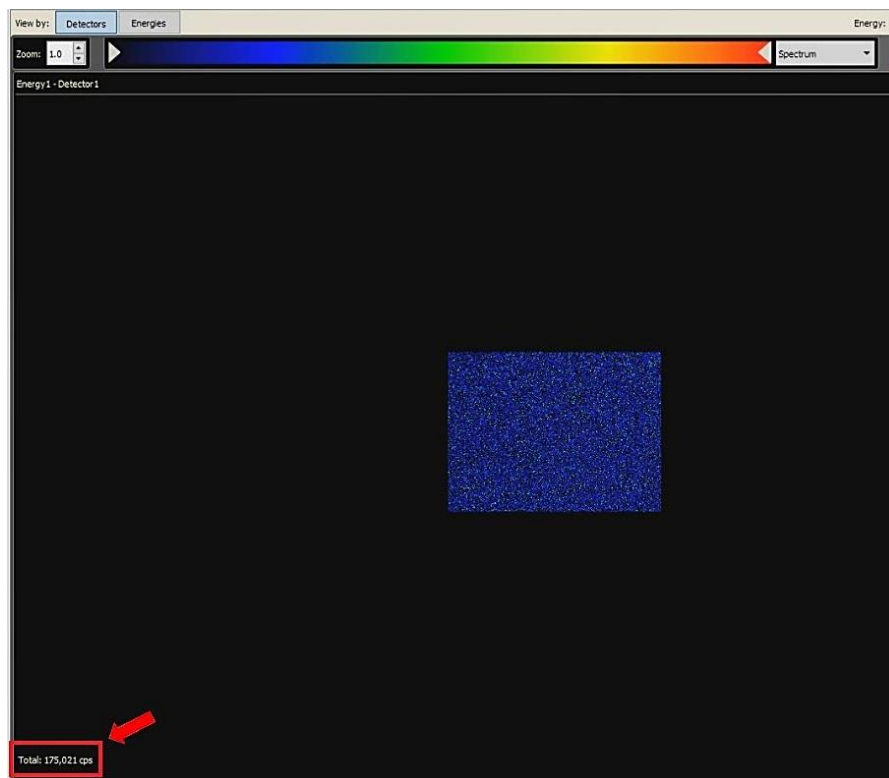
7. Επιλέγουμε [Go] στο χειριστήριο και ξεκινάμε να κινούμαστε προς τον υπό μέτρηση ανιχνευτή. Είναι πολύ σημαντικό να πλησιάζουμε αργά και με σταθερό ρυθμό τον ανιχνευτή σε ευθεία γραμμή.

Μετακίνηση πηγής -Μέγιστος Ρυθμός Κρούσεων



Εικόνα 26. Θεωρητική απεικόνιση της μετακίνησης της πηγής προ τον ανιχνευτή, κατά τον έλεγχο μέγιστου ρυθμού κρούσεων.

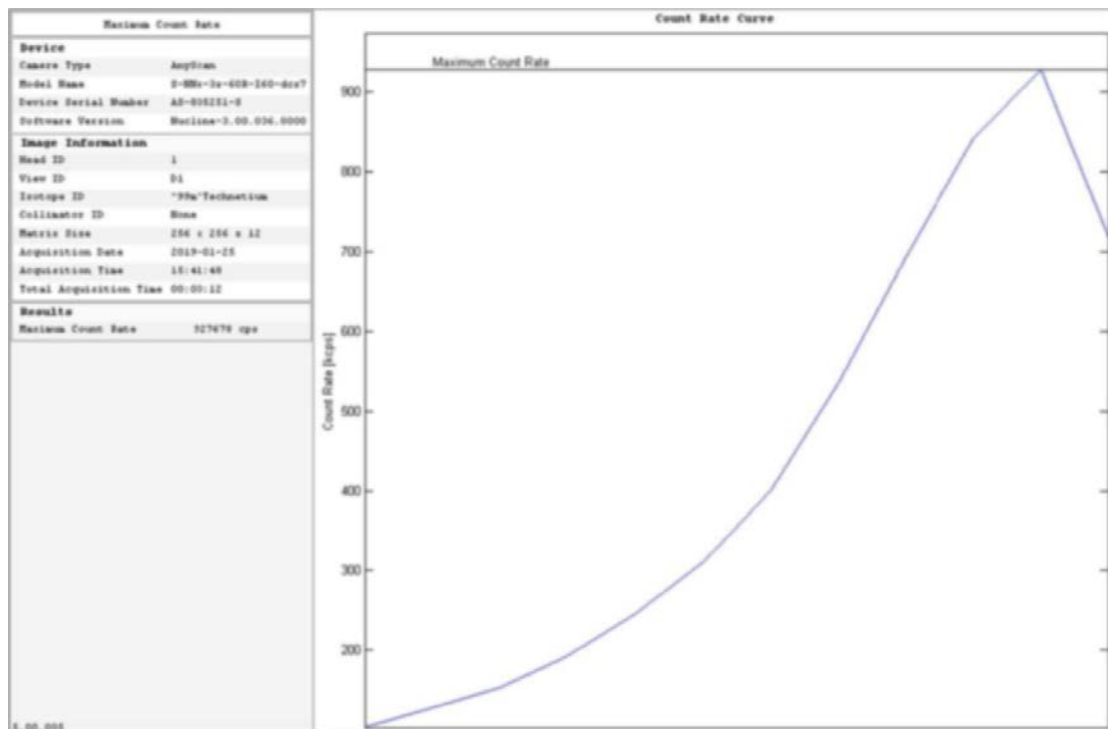
8. Καθώς κινούμαστε, ελέγχουμε τον ρυθμό κρούσεων στην οθόνη. Όσο πλησιάζουμε τον ανιχνευτή, τόσο ο ρυθμός κρούσεων θα αυξάνεται. Ο ρυθμός θα φτάσει μια μέγιστη τιμή, αλλά στην συνέχεια θα αρχίσει να μειώνεται, παρά την προσέγγιση μας.



Εικόνα 27. Στιγμιότυπο από το Detector View κατά τον έλεγχο του μέγιστου ρυθμού κρούσεων. Κατά την μετακίνηση της πηγής προς τον ανιχνευτή, ελέγχουμε την μετρητή κρούσεων (κάτω αριστερά).

9. Την στιγμή που θα αρχίσει ο ρυθμός κρούσεων να μειώνεται, επιλέγουμε [Stop] στην οθόνη του Gantry (ή [Go] στο χειριστήριο) για να σταματήσουμε την λήψη.
10. Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε [Yes] για να σώσουμε τα αποτελέσματα.
11. Περιστρέφουμε το Gantry στις 348°. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 έως 10 για τον ανιχνευτή 2.
12. Κλείνουμε το πρωτόκολλο.
13. Ανοίγουμε διαδοχικά τις ληφθείσες εικόνες από τους δύο ανιχνευτές με το λογισμικό Image Quality του συστήματος, επιλέγοντας '*Gamma tests > Maximum Count Rate*'.
14. Το λογισμικό υπολογίζει την τιμή του μέγιστου ρυθμού κρούσεων καθώς και την καμπύλη μεταβολής του ρυθμού. Η μορφή της καμπύλης εξαρτάται από την κίνηση μας προς τον ανιχνευτή και η αυξητική φάση θα πρέπει να είναι

όσο πιο σταθερή γίνεται. Σε αντίθετη περίπτωση, ο σχετικός έλεγχος θα πρέπει να επαναληφθεί. (εικόνα 28)



Εικόνα 28. Η οθόνη αποτελεσμάτων του λογισμικού Image Quality, για τον έλεγχο μέγιστου ρυθμού κρούσεων.

Επιτρεπτά όρια:

Μέγιστος ρυθμός κρούσεων > 0,3 Mcps

Έλεγχος χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή

Απαιτούμενος εξοπλισμός:

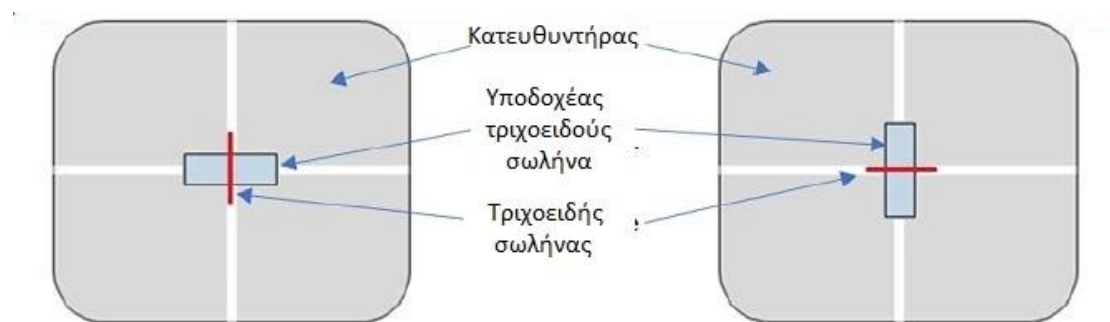
- Τριχοειδές σωληνάριο (Ø 0.95 × 120 mm). Το γεμίζουμε με διάλυμα Tc99m ενεργότητας ~100 MBq/ml και σφραγίζουμε τις σπές του.

Πλήρωση τριχοειδούς σωλήνα

- Υποδοχέας τριχοειδούς σωλήνα.

Προετοιμασία:

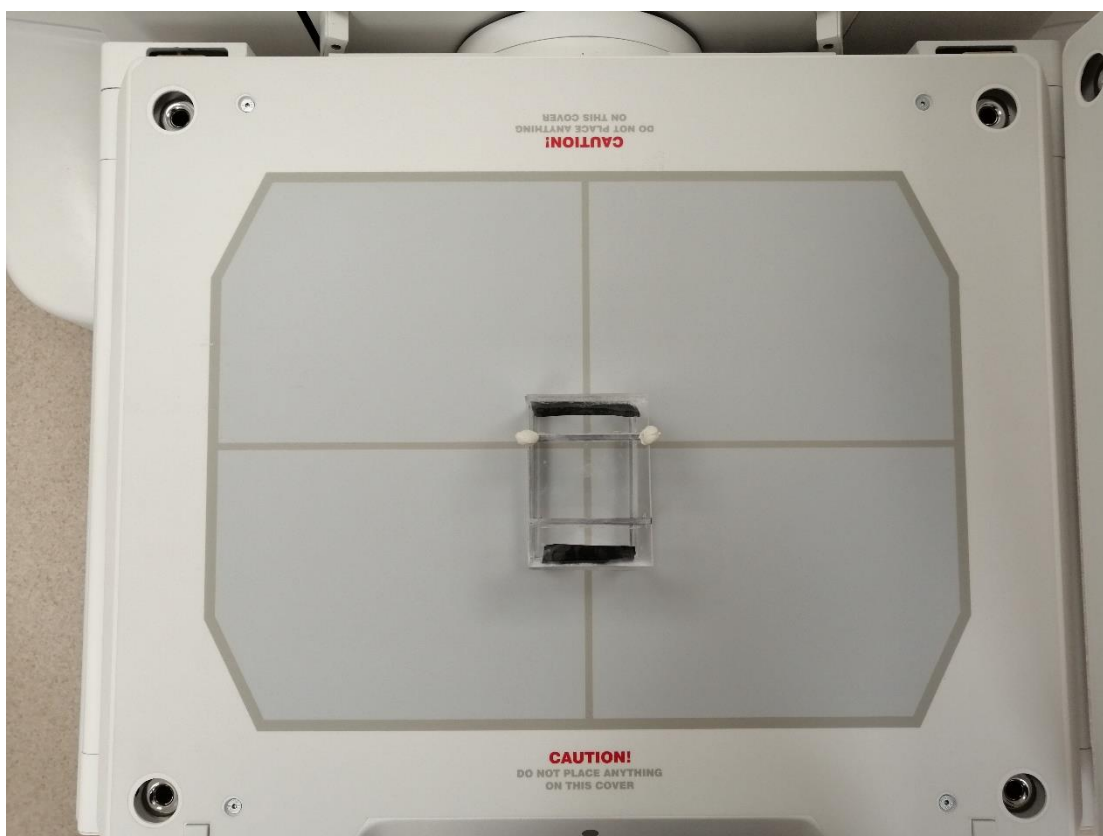
- Τοποθετούμε τους κατευθυντήρες στους ανιχνευτές
- Θέτουμε τους ανιχνευτές σε διάταξη 90^0 .
- Περιστρέφουμε το gantry στις 0^0 και τοποθετούμε τον υποδοχέα με τον τριχοειδή σωλήνα στο κέντρο του κατευθυντήρα του ανιχνευτή 1, αρχικά με τον σωλήνα προσανατολισμένο στον άξονα X (εικόνα 30) και στην συνέχεια στον άξονα Y (εικόνα 31).



Εικόνα 29. Θεωρητική απεικόνιση της τοποθέτησης της πηγής πάνω στον ανιχνευτή, κατά τον έλεγχο χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή.



Εικόνα 30. Απεικόνιση της διάταξη των ανιχνευτών και της τοποθέτησης του υποδοχέα με το τριχοειδές σωληνάριο πάνω στον κατευθυντήρα της κεφαλής κατά τον άξονα X του συστήματος.



Εικόνα 31. Απεικόνιση της τοποθέτησης του υποδοχέα με το τριχοειδές σωληνάριο πάνω στον κατευθυντήρα της κεφαλής κατά τον άξονα Y του συστήματος.

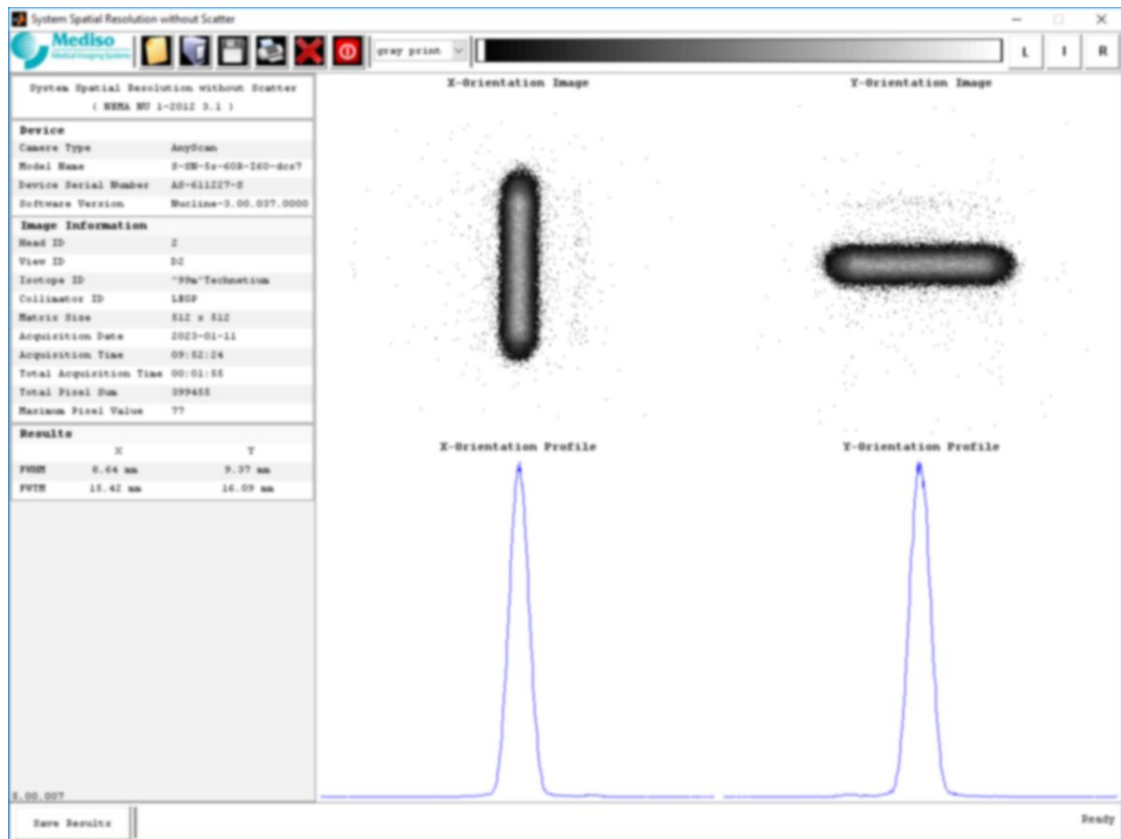
Διαδικασία:

1. Επιλέγουμε και ανοίγουμε το σχετικό πρωτόκολλο, '*System Spatial Resolution without Scatter Test*'.
2. Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει δυο βήματα για κάθε ανιχνευτή. Στο πεδίο Scan επιλέγουμε το αντίστοιχο βήμα, ανάλογα με τον προσανατολισμό (X ή Y) του τοποθετημένου σωλήνα. Επαληθεύουμε στην οθόνη του Gantry, την σωστή τοποθέτηση της πηγής (εικόνα).



Εικόνα 32. Στιγμιότυπο από το Detector View. Επαλήθευση της σωστής τοποθέτησης της πηγής στον άξονα X (αριστερά) και στον άξονα Y (δεξιά).

3. Επιβεβαιώνουμε ότι η παράμετρος *Counts* είναι ενεργοποιημένη και έχει τιμή 400.000 κρούσεις.
4. Τρέχουμε και τα δύο βήματα για τον ανιχνευτή 1. Σε κάθε βήμα επιλέγουμε [*Prepare*] και [*Start*] και στην συνέχεια [*Go*].
5. Όταν ολοκληρωθούν τα βήματα για τον ανιχνευτή 1, αφαιρούμε τον υποδοχέα και περιστρέφουμε το Gantry στις 258^0 . Τοποθετούμε τον υποδοχέα στο κέντρο του κατευθυντήρα του ανιχνευτή 2.
6. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 και 3.
7. Κλείνουμε το πρωτόκολλο.
8. Ανοίγουμε διαδοχικά τις ληφθήσες εικόνες από τους δύο ανιχνευτές με το λογισμικό Image Quality του συστήματος, επιλέγοντας '*Gamma tests > Spatial Resolution without Scatter*'. (εικόνα 33)



Εικόνα 33. Η οθόνη αποτελεσμάτων του λογισμικού Image Quality, για τον έλεγχο χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή.

Επιτρεπτά όρια:

Οι μέγιστες τιμές των FWHM και FWTM θα πρέπει να είναι μικρότερες του 110% των αντίστοιχων τιμών των κατευθυντήρων που ορίζει ο κατασκευαστής τους [IAEA2009].

Για τους κατευθυντήρες του Οίκου Mediso, οι τιμές αυτές είναι:

(Με κατευθυντήρες LEHR) FWHM: 7,4 mm FWTM: 13,9 mm

(Με κατευθυντήρες LEGP) FWHM: 8,9 mm FWTM: 16,7 mm

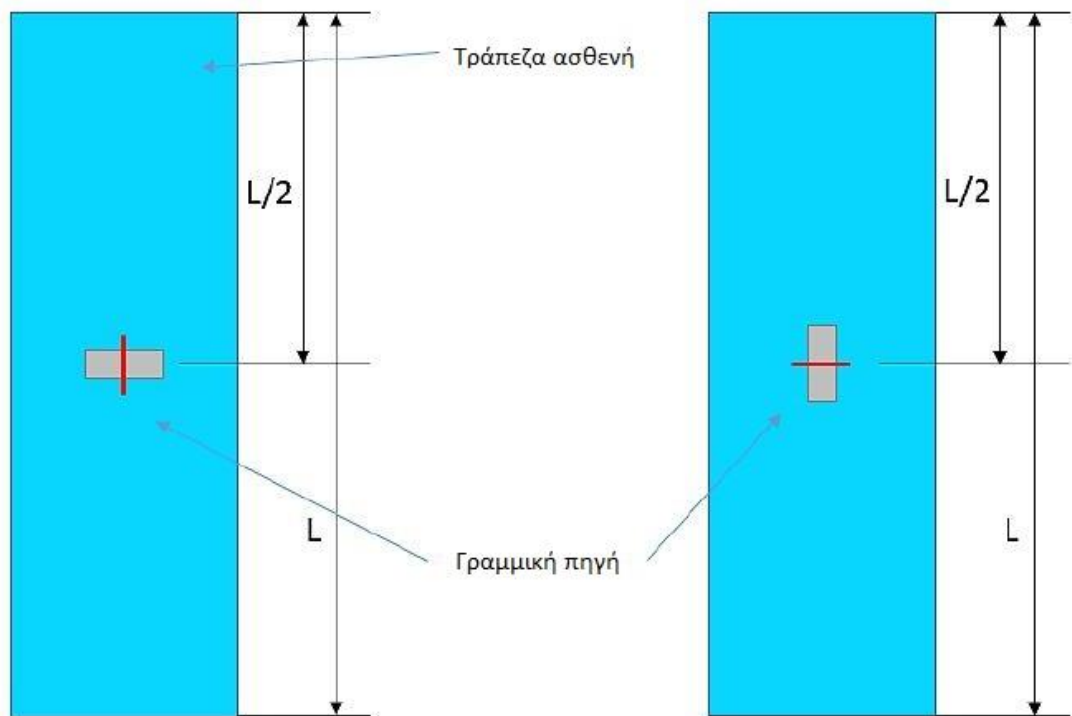
Έλεγχος ολόσωμης χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή

Απαιτούμενος εξοπλισμός:

- Τριχοειδές σωληνάριο ($\varnothing 0.95 \times 120$ mm). Το γεμίζουμε με διάλυμα Tc99m ενεργότητας ~ 100 MBq/ml και σφραγίζουμε τις οπές του.
- Υποδοχέας τριχοειδούς σωλήνα.

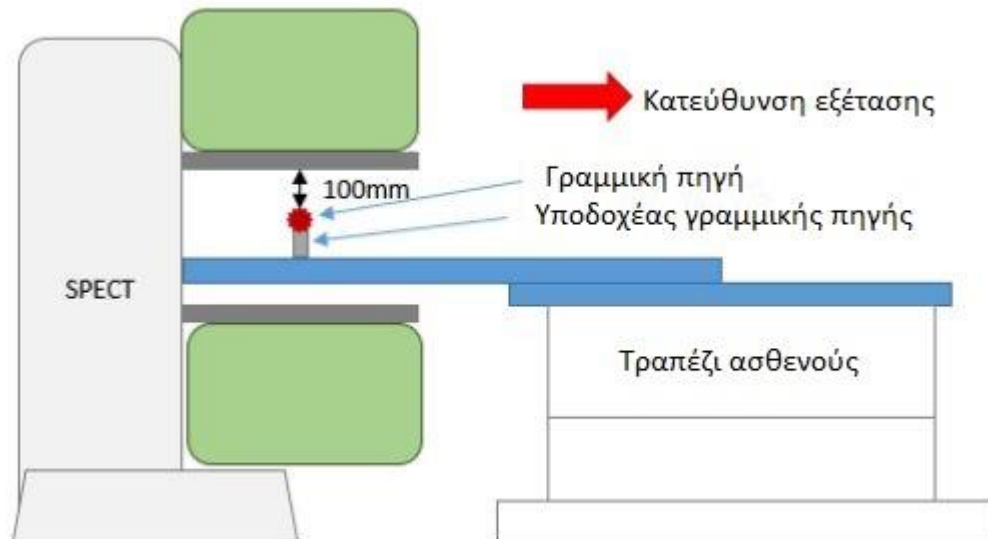
Προετοιμασία:

- Με τοποθετημένους κατευθυντήρες, θέτουμε τους ανιχνευτές σε διάταξη 180° και περιστρέφουμε το gantry στις 180° .
- Επιλέγουμε και ανοίγουμε το σχετικό πρωτόκολλο, '*Wholebody System Spatial Resolution Test*'.
- Τοποθετούμε τον υποδοχέα με τον τριχοειδή σωλήνα στο κέντρο του τραπέζιού ασθενούς, αρχικά με τον σωλήνα προσανατολισμένο στον άξονα X και στην συνέχεια στον άξονα Y.



Εικόνα 34. Θεωρητική απεικόνιση της τοποθέτησης της πηγής πάνω στον ανιχνευτή, κατά τον έλεγχο ολόσωμης χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή.

- Μετακινούμε κατάλληλα τον ανιχνευτή 1 ή/και το τραπέζι ασθενούς, ώστε η απόσταση της γραμμικής πηγής από την επιφάνεια του κατευθυντήρα να είναι 100 mm (εικόνες &).

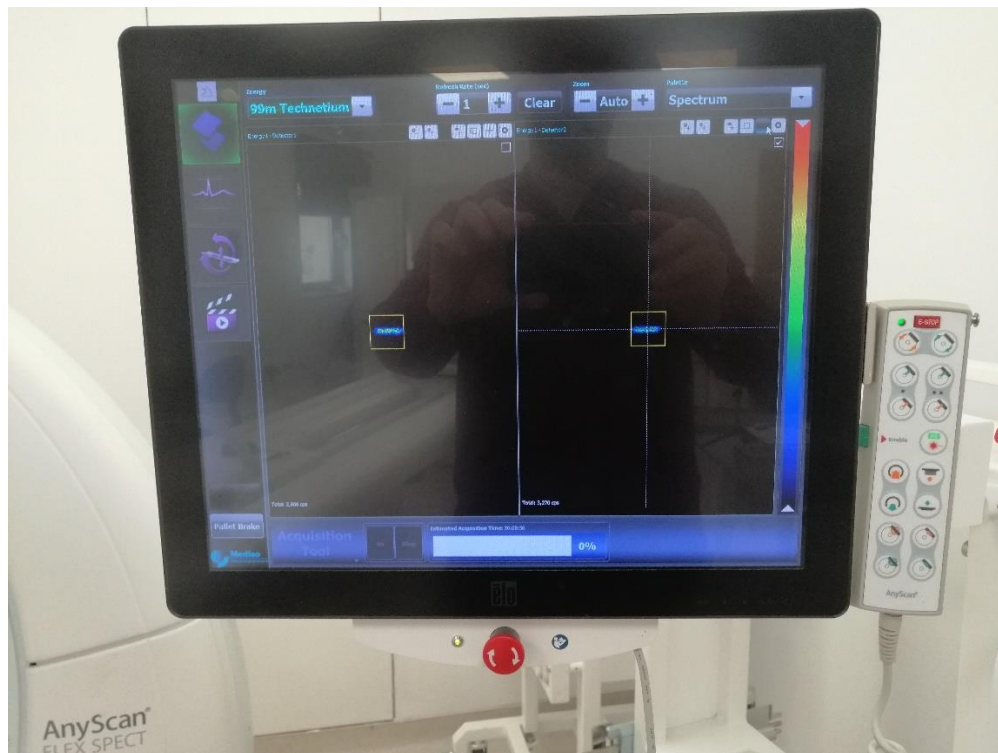


Εικόνα 35. Θεωρητική απεικόνιση της διάταξης κεφαλών, κρεβατιού και πηγής, κατά τον έλεγχο ολόσωμης χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή.



Εικόνα 36. Απεικόνιση της τοποθέτησης του υποδοχέα με το τριχοειδές σωληνάριο πάνω στο κρεβάτι. Η απόσταση από την επιφάνεια του ανιχνευτή προς μέτρηση, πρέπει να είναι 10 cm.

- Στη οθόνη των ανιχνευτών, ελέγχουμε με το σταυρόνημα ένα η πηγή είναι ακριβώς στο κέντρο του τραπέζιού (εικόνα 37).



Εικόνα 37. Στιγμιότυπο από το Detector View. Επαλήθευση της σωστής τοποθέτησης της πηγής.

Διαδικασία:

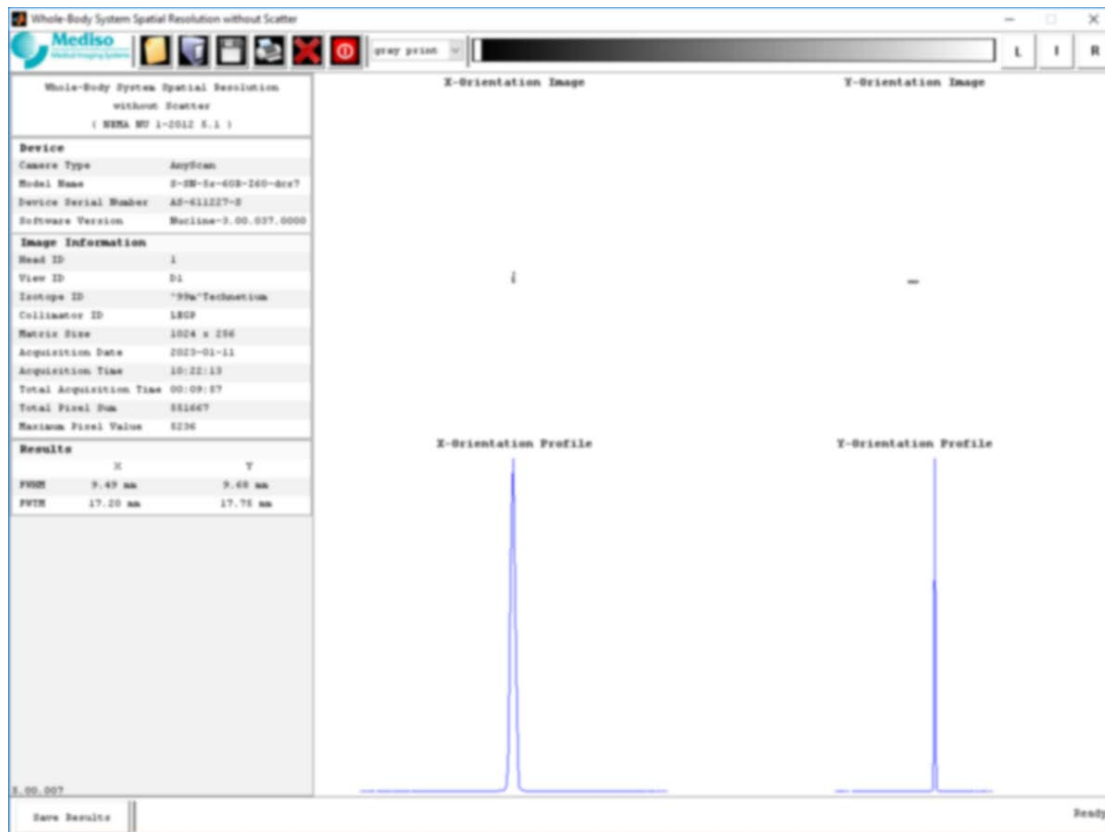
1. Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει ένα βήμα για κάθε ανιχνευτή. Στο πεδίο Scan επιλέγουμε το αντίστοιχο βήμα για τον ανιχνευτή 1 και το αντιγράφουμε. Μετονομάζουμε το αρχικό βήμα σε '*Whole-Body HI-X*' και το νέο σε '*Whole-Body HI-Y*'. Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία και για το βήμα του ανιχνευτή 2.
2. Στην καρτέλα *Advanced* ελέγχουμε τις παρακάτω τιμές:
 - *Mask: Whole Body mask 89%*
 - *Frame: 512*2048*
 - Όλες οι επιλογές *Corrections* ενεργοποιημένες

3. Στην καρτέλα *Gantry*, από το πεδίο *Table Translate* μετακινούμε στον οριζόντιο άξονα το τραπέζι, έως ότου δούμε στην οθόνη των ανιχνευτών την γραμμική πηγή να χάνεται από την εικόνα (εικόνα).



Εικόνα 38. Στιγμιότυπο από το Detector View. Επαλήθευση της σωστής τοποθέτησης της πηγής για την εκκίνηση του ελέγχου.

4. Ελέγχουμε στο *Acquisition Mode* να είναι επιλεγμένος ο ανιχνευτής 1. Στην επιλογή *Table Position* ορίζουμε την τιμή '*As Is*' και στην επιλογή *Scan length* την τιμή 1,200 mm για το βήμα στον άξονα X και 1.000 mm για το βήμα στον άξονα Y.
5. Τρέχουμε το πρώτο βήμα '*Whole-Body HI-X*' για τον ανιχνευτή 1. Επιλέγουμε [*Prepare*] και [*Start*] και στην συνέχεια [*Go*].
6. Όταν ολοκληρωθεί το πρώτο βήμα, περιστρέφουμε τη γραμμική πηγή στον άξονα Y και εκτελούμε ξανά τα βήματα 3 έως 5 για το '*Whole-Body HI-Y*'.
7. Αφού ολοκληρωθεί και το δεύτερο βήμα, επαναλαμβάνουμε τα βήματα 1 έως 6 για τον ανιχνευτή 2.
8. Κλείνουμε το πρωτόκολλο.
9. Ανοίγουμε διαδοχικά τις ληφθήσες εικόνες από τους δύο ανιχνευτές με το λογισμικό *Image Quality* του συστήματος, επιλέγοντας '*Gamma tests > Wholebody System Spatial Resolution*'. (εικόνα 39)



Εικόνα 39. Η οθόνη αποτελεσμάτων του λογισμικού Image Quality, για τον έλεγχο ολόσωμης χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή.

Επιτρεπτά όρια:

Οι μέγιστες τιμές των FWHM και FWTM θα πρέπει να είναι μικρότερες του 110% των αντίστοιχων τιμών των κατευθυντήρων που ορίζει ο κατασκευαστής τους (2) .

Για τους κατευθυντήρες του Οίκου Mediso, οι τιμές αυτές είναι:

(Με κατευθυντήρες LEHR) FWHM: 7,4 mm FWTM: 13,9 mm

(Με κατευθυντήρες LEGP) FWHM: 8,9 mm FWTM: 16,7 mm

Έλεγχος ευαισθησίας συστήματος

Απαιτούμενος εξοπλισμός:

- Γυάλινο φιαλίδιο 10 ml με 2 ml διάλυμα Tc99m, 37 MBq $\pm$ 5% (<20.000 cps)

Προετοιμασία:

- Θέτουμε τους ανιχνευτές με τοποθετημένους κατευθυντήρες σε διάταξη 90^0 .
- Περιστρέφουμε το Gantry στις 0^0 .
- Μετράμε με δοσίμετρο την ενεργότητα της πηγής στο φιαλίδιο. Καταγράφουμε την τιμή και την ώρα μέτρησης.
- Τοποθετούμε το φιαλίδιο στο κέντρο του κατευθυντήρα του ανιχνευτή 1 (εικόνα 40).

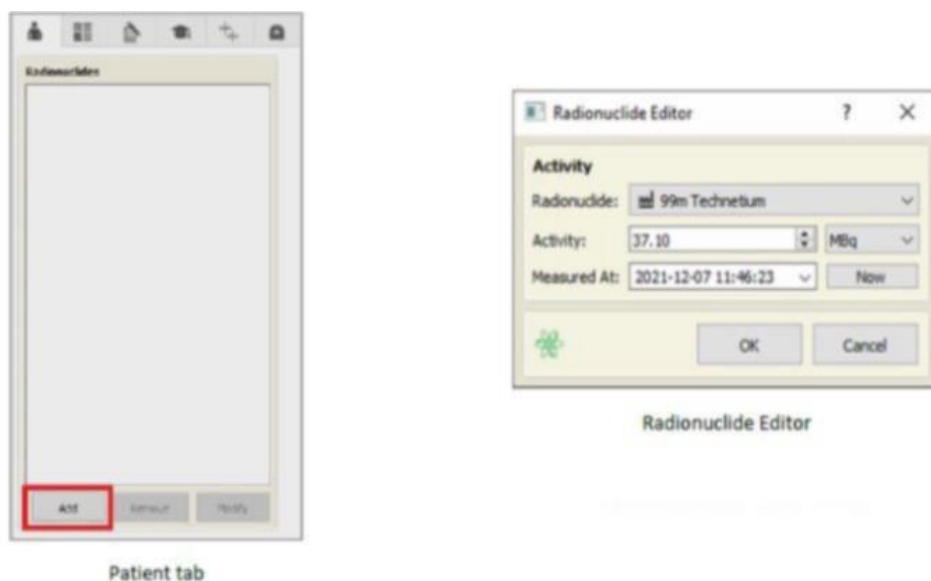


Εικόνα 40. Απεικόνιση της τοποθέτησης του φιαλιδίου στο κέντρο του κατευθυντήρα του ανιχνευτή προς μέτρηση.

Διαδικασία:

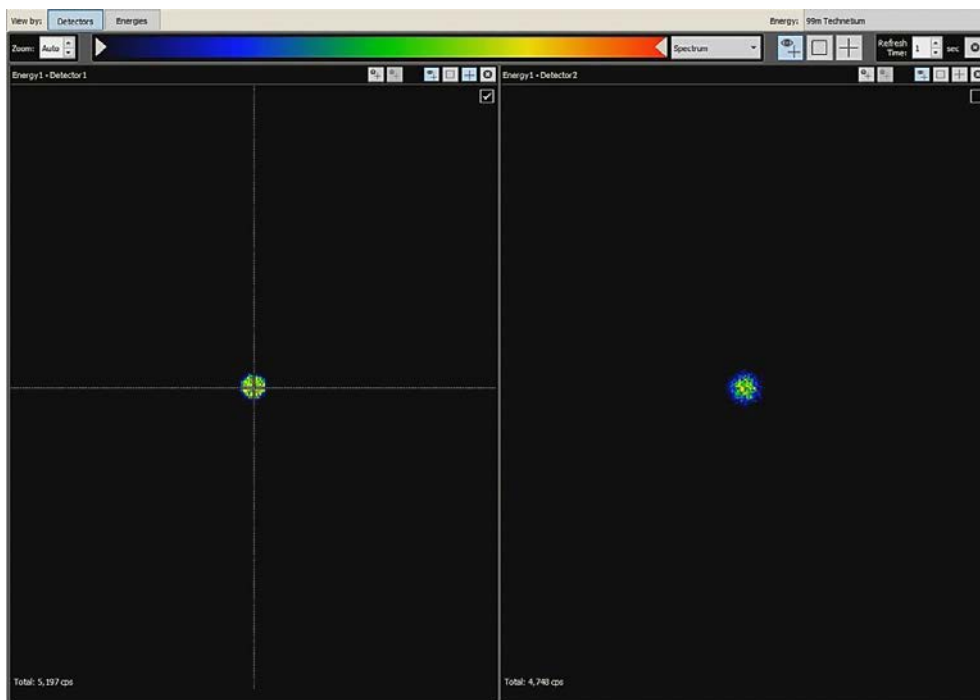
1. Επιλέγουμε και ανοίγουμε το σχετικό πρωτόκολλο, '*System Sensitivity Test*'.
2. Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει ένα βήμα για κάθε ανιχνευτή. Στο πεδίο Scan επιλέγουμε το αντίστοιχο βήμα για τον ανιχνευτή 1.
3. Επιβεβαιώνουμε ότι η παράμετρος *Total time* είναι ενεργοποιημένη και έχει τιμή 60 Sec.
4. Στην καρτέλα *Patient*, επιλέγουμε το [Add]. Στο παράθυρο *Radionuclide Editor* που εμφανίζεται, στο πεδίο *Radionuclide* επιλέγουμε 99m Technetium και στα

πεδία *Activity, Measured at* πληκτρολογούμε την ακριβή τιμή ενεργότητας της πηγής και την ημερομηνία/ώρα μέτρησης. Επιλέγουμε [OK] (εικόνα 41).



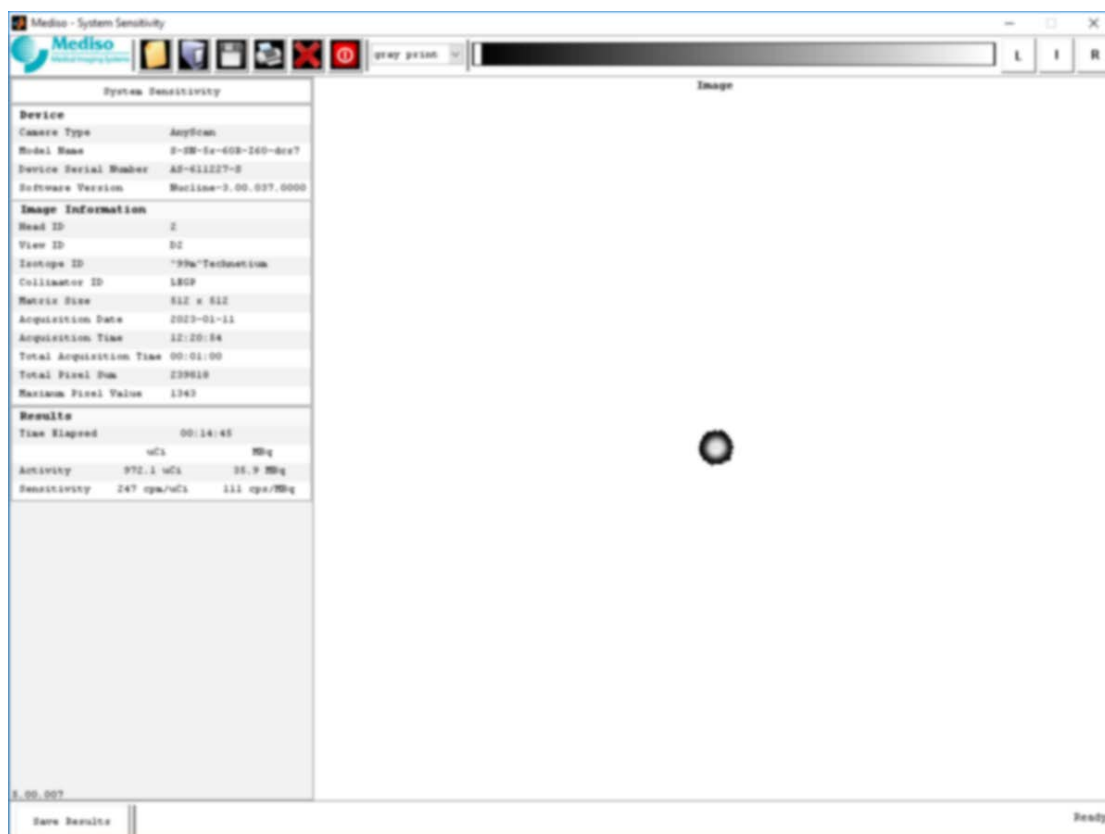
Εικόνα 41. Εισαγωγή των στοιχείων του ραδιοφαρμάκου της πηγής στο σχετικό παράθυρο του πρωτοκόλλου.

5. Στη οθόνη των ανιχνευτών, ελέγχουμε με το σταυρόνημα εάν η πηγή είναι ακριβώς στο κέντρο.



Εικόνα 42. Στιγμιότυπο από το Detector View. Επαλήθευση της σωστής τοποθέτησης της πηγής για την εκκίνηση του ελέγχου.

6. Επιλέγουμε [*Prepare*] και [*Start*] και στην συνέχεια [*Go*].
7. Όταν ολοκληρωθεί η μέτρηση για τον ανιχνευτή 1, αφαιρούμε την πηγή και περιστρέφουμε το Gantry στις 258°. Τοποθετούμε τον υποδοχέα στο κέντρο του κατευθυντήρα του ανιχνευτή 2.
8. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2, 3, 5 και 6.
9. Κλείνουμε το πρωτόκολλο.
10. Ανοίγουμε διαδοχικά τις ληφθήσες εικόνες από τους δύο ανιχνευτές με το λογισμικό Image Quality του συστήματος, επιλέγοντας ‘Gamma tests > *System Sensitivity*. (εικόνα 43)
- 11.



Εικόνα 43. Η οθόνη αποτελεσμάτων του λογισμικού Image Quality, για τον έλεγχο ευαισθησίας συστήματος.

Επιτρεπτά όρια:

Οι μέγιστες τιμές των FWHM και FWTM θα πρέπει να είναι μικρότερες του 110% των αντίστοιχων τιμών των κατευθυντήρων που ορίζει ο κατασκευαστής τους (2) .

Για τους κατευθυντήρες του Οίκου Mediso, οι τιμές αυτές είναι:

Με κατευθυντήρες LEHR: $180 \text{ cpm}/\mu\text{Ci} \pm 7\%$

Με κατευθυντήρες LEGP: $290 \text{ cpm}/\mu\text{Ci} \pm 7\%$

Έλεγχος του κέντρου περιστροφής.

Απαιτούμενος εξοπλισμός:

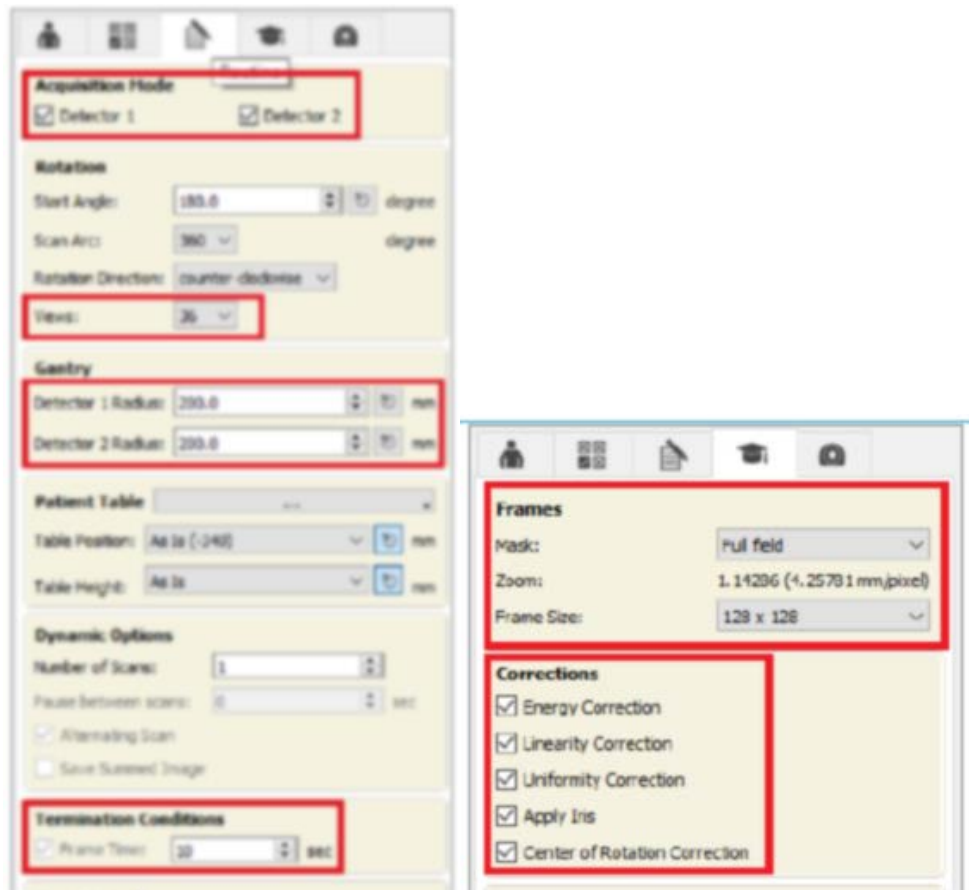
- Σημειακή πηγή $\text{Tc}^{99\text{m}}$, ενεργότητας $100 \pm 10 \text{ MBq}$
- Υποδοχέας πηγής

Προετοιμασία:

- Αν το σύστημα γ-camera φέρει ενσωματωμένο υποδοχέα πηγής για τον έλεγχο κέντρου περιστροφής, τοποθετούμε σε αυτό την σύριγγα με την πηγή. Διαφορετικά χρησιμοποιούμε κατάλληλη διάταξη υποδοχέα πηγής και την τοποθετούμε πάνω στο κρεβάτι. Η σύριγγα θα πρέπει να ασφαλίζεται στην θέση της κατάλληλα, ώστε να αποτραπεί το ενδεχόμενο ακούσιων κινήσεων κατά την διάρκεια των ελέγχων.

Διαδικασία:

1. Επιλέγουμε και ανοίγουμε το σχετικό πρωτόκολλο, *'Maximum Count Rate Test'*.
2. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο περιλαμβάνει τρία ξεχωριστά βήματα, ένα για κάθε γωνία διαμόρφωσης των ανιχνευτών (90^0 , 102^0 και 180^0).
3. Επιλέγουμε το βήμα για διαμόρφωση 180^0 . Ελέγχουμε στο *Acquisition Mode* να είναι επιλεγμένοι και οι δύο ανιχνευτές. Στην επιλογή *Detector Radius* ορίζουμε την τιμή *'200'*, στην επιλογή *Views per Detector* την τιμή *'36'* και στην επιλογή *Frame Time* την τιμή *'10 sec'*. Ορίζουμε το *Frame Size* *'128*128'* και επιλέγουμε όλα τα *Corrections* (εικόνα 44).



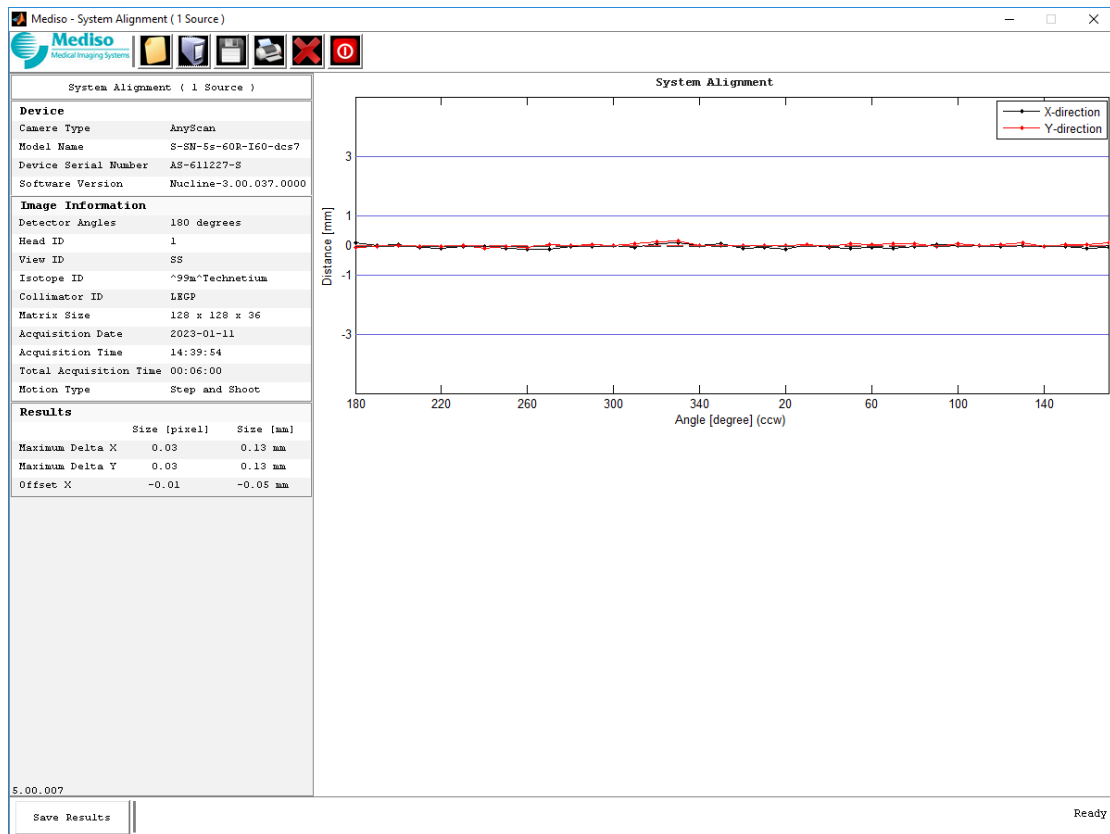
Εικόνα 44. Παράμετροι πρωτοκόλλου ελέγχου κέντρου περιστροφής.

4. Επιλέγουμε [*Prepare*] και [*Start*]. Οι ανιχνευτές θα μετακινηθούν στην αρχική τους θέση σύμφωνα με τις ορισμένες ρυθμίσεις και το κρεβάτι θα ανυψωθεί στο μέγιστο ύψος.
5. Τοποθετούμε κατάλληλα τον υποδοχέα πηγής ώστε η πηγή να είναι σε ευθεία με το νοητό κέντρο των ανιχνευτών. Επιβεβαιώνουμε την σωστή θέση της πηγής από το *Detector View* με χρήση της επιλογής σταυρονήματος (εικόνα 45). Εφόσον η πηγή τοποθετηθεί σωστά, δεν θα πρέπει να μετακινηθεί ξανά μέχρι την ολοκλήρωση του πρωτοκόλλου.



Εικόνα 45. Απεικόνιση της τοποθέτησης του υποδοχέα πηγής για τον έλεγχο του κέντρου περιστροφής σε διαμόρφωση 180° . Η σωστή θέση της πηγής επιβεβαιώνεται από το Detector View στην οθόνη του Gantry.

6. Επιλέγουμε [Go].
7. Όταν ολοκληρωθεί η μέτρηση για τις 180° , αφήνουμε τον υποδοχέα με την πηγή στην θέση του και επαναλαμβάνουμε τα βήματα 3 έως 6 διαδοχικά για την διαμορφώσεις 90° και 102° αντίστοιχα. Στο βήμα 3, στην επιλογή *Detector Radius* για τις 90° ορίζουμε την τιμή '*maximum*' και για τις 102° ορίζουμε την τιμή '*minimum*'.
8. Κλείνουμε το πρωτόκολλο.
9. Ανοίγουμε διαδοχικά τις ληφθείσες εικόνες με το λογισμικό Image Quality του συστήματος, επιλέγοντας '*Gamma tests > System Alignment (1 source)*' (εικόνα 46)



Εικόνα 46. Η οθόνη αποτελεσμάτων του λογισμικού Image Quality, για τον έλεγχο κέντρου περιστροφής (διαμόρφωση 180°).

Επιτρεπτά όρια:

Ο έλεγχος κρίνεται αποδεχτός εφόσον οι σχετικές γραμμές για τους άξονες X και Y στο διάγραμμα αποτελεσμάτων, δεν αποκλίνουν πολύ από το 0 (μέγιστη απόκλιση 2 mm). Πρακτικά, η τιμή *offset* θα πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη από 0.2 pixel.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Έλεγχος εσωτερικής ομοιογένειας

Ανιχνευτής 1:

Διαφορική ομοιογένεια. Center FOV: 1,44% Useful FOV: 1,44%

Ολοκληρωτική ομοιογένεια. Center FOV: 1,58% Useful FOV: 1,54%

Ανιχνευτής 2:

Διαφορική ομοιογένεια. Center FOV: 1,31% Useful FOV: 1,41%

Ολοκληρωτική ομοιογένεια. Center FOV: 1,69% Useful FOV: 1,61%

Ποσοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας

Ανιχνευτής 1:

Εσωτερική χωρική διακριτική ικανότητα.

FWHM: CFOV: 3,13 mm UFOV: 3,23 mm

FWTM: CFOV: 6,07 mm UFOV: 6,26 mm

Εσωτερική χωρική γραμμικότητα.

Διαφορικό CFOV: 0,03 mm Διαφορικό UFOV: 0,04 mm

Ολοκληρωτικό CFOV: 0,09 mm Ολοκληρωτικό UFOV: 0,15 mm

Ανιχνευτής 2:

Εσωτερική χωρική διακριτική ικανότητα.

FWHM: CFOV: 3,13 mm UFOV: 3,17 mm

FWTM: CFOV: 6,08 mm UFOV: 6,16 mm

Εσωτερική χωρική γραμμικότητα.

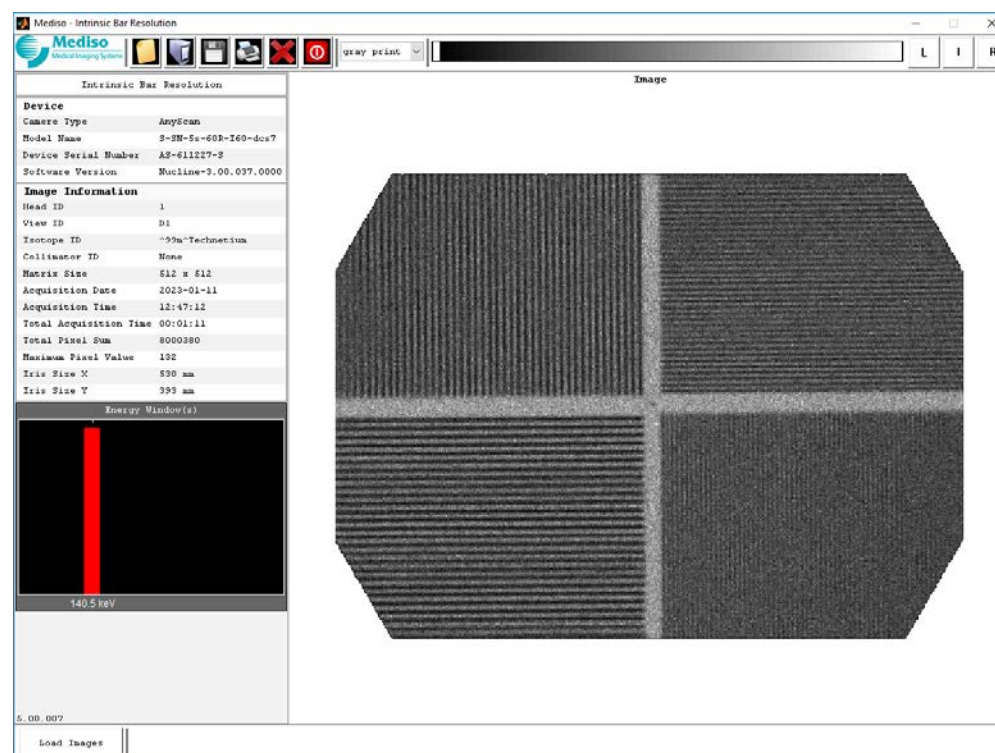
Διαφορικό CFOV: 0,02 mm Διαφορικό UFOV: 0,03 mm

Ολοκληρωτικό CFOV: 0,11 mm Ολοκληρωτικό UFOV: 0,17 mm

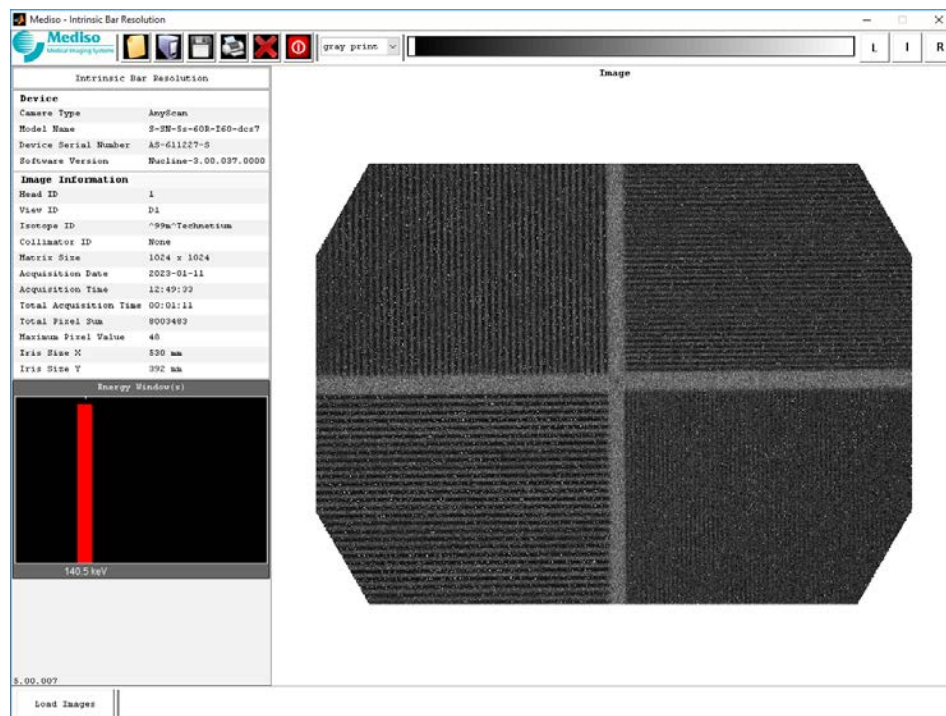
Ποιοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας

Ανιχνευτής 1:

Matrix Size: 512*512:

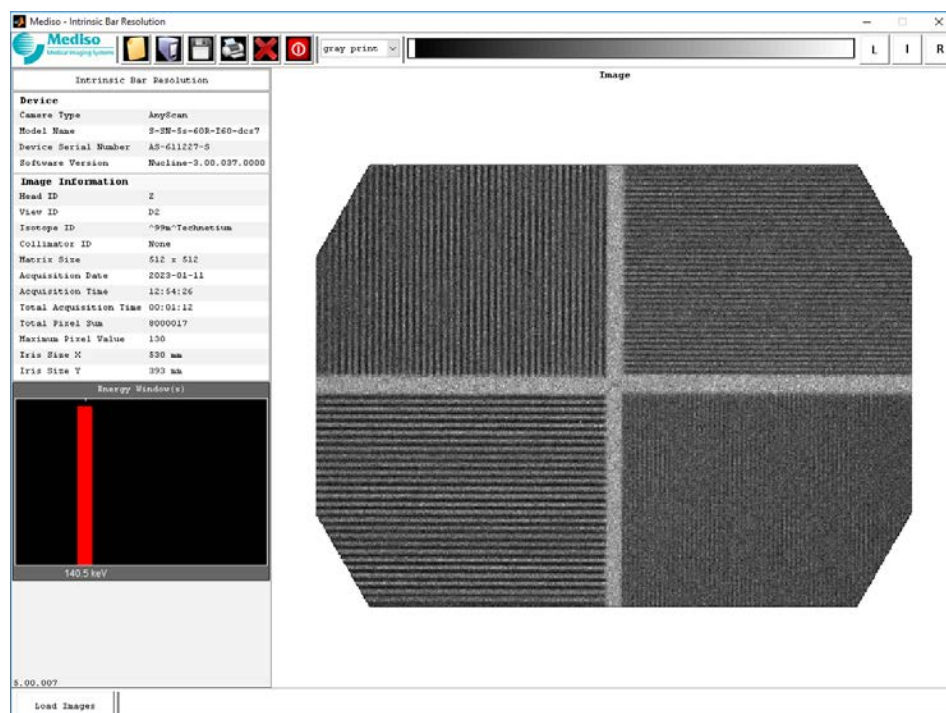


Matrix Size: 1024*1024:

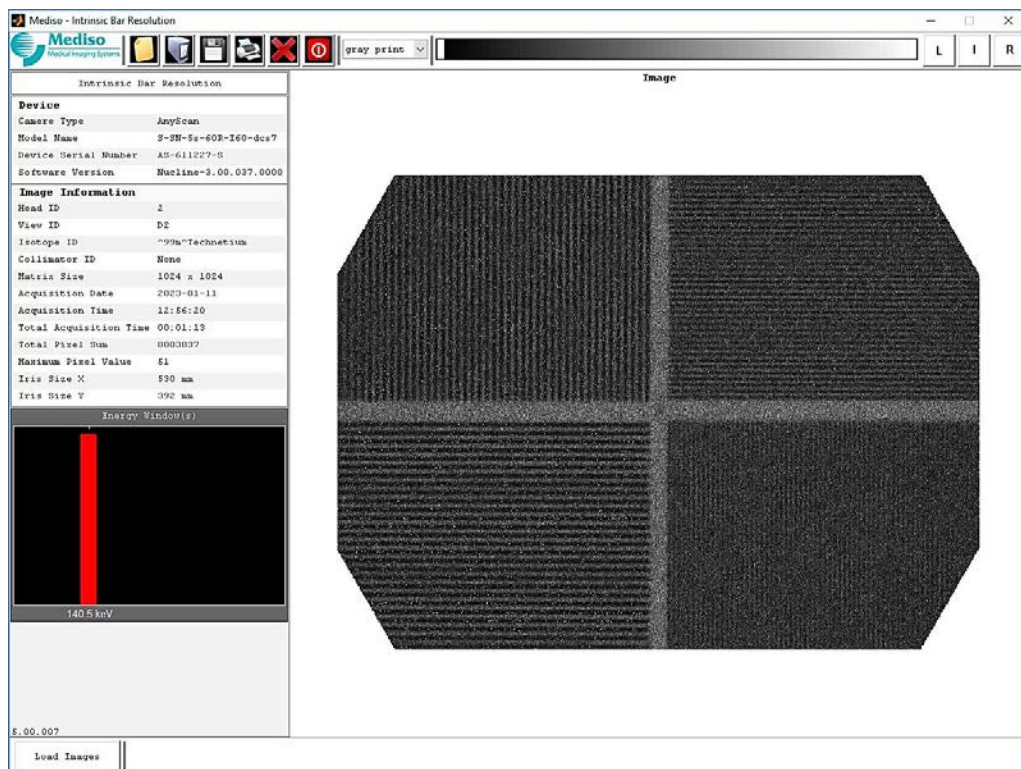


Ανίχνευτής 2:

Matrix Size: 512*512:



Matrix Size: 1024*1024:



Έλεγχος μέγιστου ρυθμού κρούσεων

Ανιχνευτής 1:

Μέγιστος Ρυθμός Κρούσεων: 585.000 cps

Ανιχνευτής 2:

Μέγιστος Ρυθμός Κρούσεων: 580.100 cps

Έλεγχος χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή

Ανιχνευτής 1- κατευθυντήρες LEGP :

FWHM: 9,33 mm

FWTM: 16,26 mm

Ανιχνευτής 2- κατευθυντήρες LEGP :

FWHM: 9,37 mm

FWTM: 16,09 mm

Έλεγχος ολόσωμης χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή

Ανιχνευτής 1- κατευθυντήρες LEGP :

FWHM: 9,5 mm

FWTM: 17,2 mm

Ανιχνευτής 2- κατευθυντήρες LEGP :

FWHM: 9,4 mm

FWTM: 17,1 mm

Έλεγχος ευαισθησίας συστήματος

Ανιχνευτής 1- κατευθυντήρες LEGP : 244 cpm/ μ Ci

Ανιχνευτής 2- κατευθυντήρες LEGP : 249 cpm/ μ Ci

Έλεγχος του κέντρου περιστροφής.

Διαμόρφωση ανιχνευτών: 90⁰

Μέγιστη απόκλιση (X & Y): 0,26 mm

Offset: 0,03 pixel

Διαμόρφωση ανιχνευτών: 102^0

Μέγιστη απόκλιση (X & Y): 0,46 mm

Offset: 0,01 pixel

Διαμόρφωση ανιχνευτών: 180^0

Μέγιστη απόκλιση (X & Y): 0,13 mm

Offset: 0,01 pixel

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην λογική εξασφάλισης επαναληψιμότητας και εξοικονόμησης χρόνου, δημιουργήθηκε ένας οδηγός διενέργειας ποιοτικού ελέγχου συστημάτων γ-camera. Σε όλους τους επιμέρους ελέγχους, συμπεριλήφθηκε φωτογραφικό και βιντεοληπτικό υλικό που ελήφθη κατά την διενέργεια των ελέγχων αυτών σε λειτουργικό κλινικό σύστημα γ-camera.

Συγκριτικά με άλλους οδηγούς ποιοτικού ελέγχου, η προσθήκη οπτικοακουστικού υλικού διασφαλίζει σε μεγαλύτερο βαθμό ότι για κάθε έλεγχο θα ακολουθούνται συγκεκριμένες και σταθερές παράμετροι για το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Επιπλέον, για τους ελέγχους που απαιτείται η χρήση phantom ή/και άλλου βοηθητικού εξοπλισμού - υποδοχείς πηγής, μέσα στήριξης), το παρεχόμενο οπτικοακουστικό υλικό προσφέρει πολύτιμη βοήθεια στην σωστή τοποθέτηση του σχετικού εξοπλισμού, εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο και αποφεύγοντας τυχόν διαφοροποιήσεις στην εκτέλεση του κάθε ελέγχου σε σχέση με τους αντίστοιχους προγενέστερους.

Έλεγχος εσωτερικής ομοιογένειας. Αν και ο έλεγχος αυτός είναι κοινός και εκτελείται σε καθημερινή βάση, η προσθήκη φωτογραφιών των ρυθμίσεων του πρωτοκόλλου και της σωστής τοποθέτησης ανιχνευτών- πηγής στα σχετικά βήματα, ενδέχεται να είναι πολύ χρήσιμη για νέους ή σχετικά άπειρους χρήστες.

Ποσοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας. Ο έλεγχος αυτός προϋποθέτει την τοποθέτηση του linearity phantom πάνω στις επιφάνειες των ανιχνευτών χωρίς εγκατεστημένους κατευθυντήρες. Για τον λόγο αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την τοποθέτηση του phantom, προς αποφυγή πρόκλησης βλάβης στους κρυστάλλους και στις επαφές σύνδεσης των κατευθυντήρων. Η προσθήκη βιντεοληπτικού υλικού της κάλυψης των επαφών σύνδεσης και της σωστής τοποθέτησης του phantom, συντελεί στην αποφυγή κοστοβόρων βλαβών στις ανιχνευτικές κεφαλές, αλλά και στην αποφυγή τραυματισμών λόγω τυχόν ελλειπών ασφαλίσης του phantom πάνω στις κεφαλές. Η προσθήκη στιγμιότυπων από τις σχετικές ρυθμίσεις, το Detector View και την οθόνη αποτελεσμάτων, επιβεβαιώνουν στον χρήστη ότι σε κάθε βήμα εκτελεί σωστά τον έλεγχο. Έτσι εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος, καθώς συνολικά ο έλεγχος αυτός είναι αρκετά χρονοβόρος.

Ποιοτικός έλεγχος εσωτερικής χωρικής διακριτικής ικανότητας και γραμμικότητας. Στον έλεγχο αυτό απαιτείται η στερέωση της σημειακής πηγής σε ύψος 2 μέτρων από την επιφάνεια του ανιχνευτή προς μέτρηση. Η προσθήκη εικόνων της θεωρητικής και πειραματικής διάταξης για την στερέωση της πηγής και την τοποθέτηση του phantom, είναι πολύ χρήσιμος οδηγός κυρίως για την περίπτωση που η βάση στήριξης της πηγής θα πρέπει να δημιουργηθεί επιτόπου με υλικά του τμήματος. Επιπλέον, εφόσον ο έλεγχος είναι οπτικός, η προσθήκη του στιγμιότυπου αποτελέσματος προσφέρει στον νέο ή άπειρο χρήστη επιβεβαίωση για το αποτέλεσμα του ελέγχου που εκτελεί.

Έλεγχος μέγιστου ρυθμού κρούσεων. Στον έλεγχο αυτό, η πηγή θα πρέπει να μετακινείται αργά και σταθερά προς τον ανιχνευτή από μέλος του προσωπικού του εργαστηρίου. Ασταθής μετακίνηση της πηγής (πιο αργή/πιο γρήγορη ή με μεταβαλλόμενο ρυθμό κίνησης) ενδεχομένως να οδηγήσει σε εσφαλμένα ή μη επαναλήψιμα αποτελέσματα. Το παρεχόμενο οπτικοακουστικό υλικό σε αυτόν τον έλεγχο, αποτελεί πολύ χρήσιμη καθοδήγηση για την σωστή εκτέλεση του ελέγχου.

Έλεγχοι χωρικής και ολόσωμης χωρικής διακριτικής ικανότητας συστήματος με γραμμική πηγή. Και στους δυο αυτούς ελέγχους, γίνεται χρήση τριχοειδών σωληνάρων ως γραμμικών πηγών. Το σχετικό βιντεοληπτικό υλικό με την πλήρωση των σωληνάρων με ραδιοφάρμακο καθώς και οι εικόνες με την σωστή τοποθέτηση του σχετικού υποδοχέα, αποτελούν χρήσιμο βοήθημα για την εκπαίδευση και εξοικείωση με τον έλεγχο αυτό.

Συμπερασματικά, η ύπαρξη οδηγού ποιοτικού ελέγχου γ-camera με οπτικοακουστικό υλικό, αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο εκμάθησης και εξοικείωσης της όλης διαδικασίας, καθοδηγώντας πληρέστερα τον χρήστη συγκριτικά με αντίστοιχους οδηγούς χωρίς οπτικό υλικό. Η πληρέστερη καθοδήγηση διασφαλίζει στον μέγιστο βαθμό την επαναληψιμότητα των ελέγχων και την εξοικονόμηση χρόνου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Leslie WD. Nuclear Medicine. CRC Press; 2003.
2. IAEA HumAn HEAlth SErIES no. 6 Quality Assurance for SPECT Systems [Internet]. Available from: <http://www.iaea.org/Publications/index.html>
3. ΕΝΩΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΕΦΙΕ) ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ γ-CAMERA.
4. Service Calibration Manual AnyScan SPECT Modality 02464-D Approval of the current version of the document Name Role or Function Signature and Date X Erik HORVÁTH.