

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (DDR)



Σύνταξη:

Ι. Χρυσάνθου – Κλάδος Ιατρικής Φυσικής – Γενικό Νοσοκομείο Λευκωσίας

Επίβλεψη:

Ν. Παπαδόπουλος – Κλάδος Ιατρικής Φυσικής – Γενικό Νοσοκομείο Λευκωσίας

Π.Α Καπλάνης – Κλάδος Ιατρικής Φυσικής – Γενικό Νοσοκομείο Λευκωσίας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πίνακας Συντομογραφιών	Error! Bookmark not defined.
Εισαγωγή	4
Πίνακας Ελέγχου Παραμέτρων Ψηφιακού Ακτινογραφικού Συστήματος (Digital Radiography Systems)	6
Έλεγχος γεωμετρίας δέσμης	6
Έλεγχος λυχνίας.....	9
Έλεγχος αυτόματης έκθεσης-AEC	22
Παράρτημα 1.....	25
Γραμμικοποίηση των δεδομένων μιας εικόνας (linearizing image data).....	25
Μέτρηση της ιδιότητας μεταφοράς σήματος (καμπύλη απόκρισης ανιχνευτή)-Signal Transfer Property (STP)	25
Παράρτημα 2.....	26
Όρια τιμών HVL αναστολής λειτουργίας σύμφωνα με το Report 162.....	26
Παράρτημα 3.....	27
Παραδείγματα MTF και NNPS.....	27
Παράρτημα 4.....	28
Ορισμός των επιτρεπόμενων αποκλίσεων της χαρακτηριστικής τιμής εικονοστοιχείου (pixel)-Επεξεργασία αποτελεσμάτων.....	Error! Bookmark not defined.
Ιστορικό Αναθεωρήσεων Πρωτοκόλλων.....	31

Πίνακας Συντομογραφιών

Συντομογραφία	Επεξήγηση
ΑΣ	Αξιολόγηση συστήματος
AEC	Automatic exposure control
CNR	Contrast to noise ratio
COV	Coefficient of variation
CR	Computed Radiography
DAK	Dose air kerma
DAP	Dose Area Product
DDI	Detector dose index
DDR	Digital Detector Radiography
DIN	Deutsches Institut fur Normung
EI	Exposure Index
ESD	Entrance surface dose
FID	Focus Image Detector
HCR	High Contrast Resolution
HVL	Half value layer
Kerma	Kinetic Energy Released per Mass
Ki	Incident air kerma
RQA	Radiation Quality with Aluminum Phantom
LCR	Low Contrast Detectability
MPV	Mean pixel value
MPV _{Al}	Mean pixel value of aluminum
MPV _{Bgr}	Mean pixel value of background
NNPS	Normalized noise power spectrum
MTF	Modulation transfer property
PACS	Picture Archiving Communication System
PMMA	Poly-methyl-methacrylate
ROI	Region of interest
SD	Standard deviation
SD _{Bgr}	Standard deviation of background
SD _{Al}	Standard deviation of Aluminum
SDNR	Signal-difference-to-noise ratio
SNR	Signal to noise ratio
STP	Signal Transfer Property

Εισαγωγή

Στο πρωτόκολλο αυτό περιγράφεται το πρόγραμμα ελέγχων ποιότητας και διαδικασιών διασφάλισης καλής λειτουργίας ψηφιακών ακτινογραφικών συστημάτων.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι όταν γίνεται επίκληση των ορίων του κατασκευαστή, η διενέργεια των ελέγχων θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με το εγχειρίδιο λειτουργίας του κατασκευαστή και με αποκλειστική χρήση των προσφερόμενων από τον κατασκευαστή ομοιωμάτων.

Τα όρια αποδοχής τα οποία αναφέρονται στο πρωτόκολλο ελέγχου ποιότητας του συστήματος αφορούν τα **όρια επιφυλακής** (remedial level). Όρια επιφυλακής σύμφωνα με την έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Radiation Protection N° 162) είναι τα όρια κατά τα οποία η απόδοση του συστήματος είναι σχεδόν ικανοποιητική χωρίς όμως να μειώνεται η κλινική του αποτελεσματικότητα ή ασφάλεια. Σε αυτή την περίπτωση, το σύστημα παραμένει σε κλινική χρήση αλλά απαιτείται να ξεκινήσει η διαδικασία αποκατάστασης (remedial action) της απόδοσης του συστήματος σε ικανοποιητικό βαθμό, από μηχανικό της προμηθεύτριας εταιρείας, εντός του χρονικού διαστήματος που προβλέπεται από το συμβόλαιο σύμβασης. Στο παρόν πρωτόκολλο δεν περιλαμβάνονται τα **όρια άμεσης δράσης** (suspension level), τα οποία παρουσιάζονται στην έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Radiation Protection N° 162) και σύμφωνα με τα κριτήρια που καθορίζει απαιτείται άμεσα αναστολή λειτουργίας της κλινική χρήσης του συστήματος μέχρι την αποκατάσταση της βλάβης από το μηχανικό της προμηθεύτριας εταιρείας.

Γενικές οδηγίες

Για τον έλεγχο ποιότητας λυχνίας και γεννήτριας απαιτούνται τα πιο κάτω:

1. Να αφαιρεθούν όλα τα φίλτρα από το πεδίο ακτινοβολήσης.
2. Να τοποθετηθεί ο ανιχνευτής (digital detector) μακριά από το πεδίο ακτινοβολίας ή να καλυφθεί με μόλυβδο για την προστασία του.
3. Εάν γίνει χρήση πολύμετρου (τύπου στερεάς κατάστασης) ο μετρητής ακτινοβολίας να τοποθετηθεί στην κατάλληλη θέση σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή ώστε να μειωθεί το φαινόμενο της πτέρνας (heel effect). Εάν γίνει χρήση θαλάμου ιονισμού να τοποθετηθεί σε ύψος (πχ 20 cm) ώστε να μειωθεί η σκεδαζόμενη ακτινοβολία.
4. Για έλεγχο του γινομένου δόσης-εμβαδού DAP (dose area product) είναι προτιμότερο το ακτινοβολούμενο πεδίο να έχει μικρό εμβαδό πχ. 15x15 cm² για τον περιορισμό του φαινομένου πτέρνας (heel effect) και για τη μείωση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας (DIN 6868-150, 2013)

5. Η παροχή της λυχνίας να μετρηθεί σε απόσταση 1 m από την πηγή. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να εφαρμοστεί ο νόμος του αντιστρόφου τετράγωνου της απόστασης και να γίνει αναγωγή στο ένα μέτρο.

Για τον έλεγχο του ψηφιακού ανιχνευτή (Digital Detector) απαιτείται:

1. Να αφαιρεθούν όλα τα φίλτρα από το πεδίο ακτινοβολίας.
2. Για την ακτινοβολήση να επιλεγεί ποιότητα δέσμης αναφοράς (πχ να ακολουθηθεί το πρωτόκολλο RQA5 = 70 kVp με απορροφητή 21mm Al).
3. Αν είναι εφικτό να αφαιρεθεί ο ανιχνευτής από το bucky και να τοποθετηθεί πάνω στο τραπέζι.
4. Αν το παραπάνω δεν είναι εφικτό, να αφαιρεθούν το αντιδιαχυτικό διάφραγμα (grid) και το τραπέζι από το πεδίο ακτινοβολίας.
5. Προτείνεται η απόσταση εστίας-ανιχνευτή (SID), να είναι μεγάλη (≥ 150 cm). Για την ελαχιστοποίηση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας να τοποθετηθεί στο πάτωμα φύλλο μολύβδου εφόσον ο ανιχνευτής τοποθετηθεί στο πάτωμα.
6. Να επιλεγεί μικρή εστία.
7. Οι μετρήσεις από αφορούν τον ψηφιακό ανιχνευτή πραγματοποιούνται σε μη επεξεργασμένες εικόνες (Raw images, for processing images κτλ. ανάλογα με τον κατασκευαστή).
8. Να καθοριστεί συγκεκριμένη τιμή δόση ακτινοβολίας στον ανιχνευτή (DAK = Detector Air KERMA), η οποία να εξασφαλίζει καλή ποιότητα εικόνας και διαγνωστικής αξία (π.χ. DAK αναφοράς = 3 μ Gy).
9. Συνήθως οι ψηφιακοί ανιχνευτές DDR παρουσιάζουν γραμμική απόκριση με τη δόση. Στην αντίθετη περίπτωση είναι απαραίτητα η γραμμικοποίηση των δεδομένων ([βλέπε παράρτημα σελ.23](#)). Η εικόνα μπορεί να γραμμικοποιηθεί εφαρμόζοντας την αντίθετη συνάρτηση της ιδιότητας μεταφοράς σήματος ([STP- βλέπε παράρτημα σελ.23](#))

Πίνακας Ελέγχου Παραμέτρων Ψηφιακού Ακτινογραφικού Συστήματος (Digital Radiography Systems)

Παράμετρος Ελέγχου	Σκοπός	Όργανα μετρήσεων και ομοιώματα	Στοιχεία Ελέγχου	Περιγραφή Ελέγχου	Αποδεκτά Όρια	Συχνότητα	Σχόλια
Έλεγχος γεωμετρίας δέσμης							
<p>-Έλεγχος ακρίβειας της ηλεκτρονικής ένδειξης της απόστασης εστίας-ανιχνευτή με τη μετρούμενη τιμή.</p> <p>(Measuring the accuracy of the focus-image receptor distance-FID).</p> <p>-Έλεγχος της ακρίβειας της ηλεκτρονικής ένδειξης του μεγέθους πεδίου με τη μετρούμενη τιμή.</p> <p>(Measuring the accuracy of the digitally indicated field size).</p>	<p>-Μέτρηση FID</p> <p>-Μέτρηση μεγέθους πεδίου ακτινοβολίας.</p> <p>Ελέγχεται η ορθότητα των ενδείξεων του συστήματος. Η εξασφάλιση των ορθών τιμών των ηλεκτρονικών ενδείξεων θα εξασφαλίσει και την ορθότητα των ελέγχων της παροχής της λυχνίας και της μέτρησης εμβαδού πεδίου ακτινοβολίας DAP.</p>	-Μετροταινία	FID:100cm (απόσταση εστίας-ανιχνευτή = 100 cm).	<p>Ηλεκτρονική ένδειξη απόστασης εστίας-ανιχνευτή.</p> <p>-Τοποθετείται η λυχνία σε απόσταση 100 cm από τον ανιχνευτή με τη βοήθεια της ενσωματωμένης μετροταινίας του συστήματος.</p> <p>-Συγκρίνεται η απόσταση αυτή με την ηλεκτρονική ένδειξη που αναγράφεται στο σύστημα.</p> <p>Ηλεκτρονική ένδειξη πεδίων.</p> <p>-Ανοίγονται τα διαφράγματα (πχ 25x25 cm²)</p> <p>-Με τη βοήθεια μετροταινίας συγκρίνεται το φωτεινό πεδίο και η</p>	<p>Ηλεκτρονική ένδειξη απόστασης εστίας-ανιχνευτή.</p> <p>Απόκλιση μεταξύ μετρούμενης και ονομαστικής τιμής: < 2 %</p> <p>Ηλεκτρονική ένδειξη πεδίων.</p> <p>Απόκλιση μεταξύ μετρούμενης και ονομαστικής τιμής: < 3 % (ανά άξονα)</p>	ΑΣ	<p>Πιθανές πηγές σφαλμάτων:</p> <p>-Η ηλεκτρονική ένδειξη του πεδίου ακτινοβολίας είναι εκτός λειτουργίας</p> <p>-Ο αλγόριθμος που υπολογίζει τις διαστάσεις του απεικονιζόμενου πεδίου απαιτεί βαθμονόμηση (δες τον έλεγχο του ηλεκτρονικού χάρακα απόστασης - test scaling errors).</p>

				ηλεκτρονική ένδειξη του συστήματος με τη μετρούμενη τιμή.			
<p>Σύμπτωση φωτεινού πεδίου, με πεδίο ακτινοβολήσης (Xray beam / light field alignment)</p> <p>Επικέντρωση φωτεινού πεδίου με πεδίο ακτινοβολήσης (Xray beam / light field centering).</p> <p>Καθετότητα δέσμης με τον υποδοχέα εικόνας/ανιχνευτή (bucky).</p> <p>Επικέντρωση δέσμης ακτίνων-X και υποδοχέα εικόνας/ανιχνευτή(...).</p>	-	<p>-Κατάλληλο ομοίωμα σύμπτωσης πεδίου (πχ.Prodigi,Digi 13 κτλ.)</p> <p>-Εξάρτημα καθετότητας δέσμης</p> <p>- Νόμισμα</p>	Σύμφωνα με τον κατασκευαστή του οργάνου/ομοιώματος.	<p>-Ανοίγονται τα διαφράγματα πλήρως και τοποθετείται το ομοίωμα πάνω στο τραπέζι και το εξάρτημα καθετότητας στο κέντρο του ομοιώματος. Κολλάται το νόμισμα στο κέντρο του ανιχνευτή στον υποδοχέα εικόνας (bucky).</p> <p>-Γίνεται επικέντρωση με τη βοήθεια του σταυρονήματος και κλείνονται τα διαφράγματα σε προεπιλεγμένο πεδίο (π.χ.26 x26cm).</p> <p>- Πραγματοποιείται έκθεση.</p> <p>- Καταγράφονται οι αποκλίσεις:</p> <p>α)Μεταξύ ορίων του φωτεινού</p>	<p>Σύμπτωση πεδίου με πεδίο ακτινοβολίας</p> <p>Το άθροισμα των αποκλίσεων σε κάθε διεύθυνση να είναι (απόλυτες τιμές):</p> <p>≤ 3 % του FID</p> <p>Το άθροισμα των αποκλίσεων και στις δυο διευθύνσεις (απόλυτες τιμές):</p> <p>≤ 4 % του FID</p> <p>Επικέντρωση φωτεινού πεδίου με πεδίο ακτινοβολήσης</p> <p>Το κέντρο του σταυρονήματος του πεδίου ακτινοβολίας με το κέντρο του φωτεινού πεδίου να είναι :</p> <p>≤ ± 1 % του FID.</p>	ΑΣ/Εξαμηνιαία	

				<p>πεδίου και πεδίου ακτινοβολίας.</p> <p>β) Των κέντρων φωτεινού πεδίου και πεδίου. ακτινοβόλησης</p> <p>γ) Της καθετότητα δέσμης ακτινοβολίας με τον ανιχνευτή.</p> <p>δ) Μεταξύ των κέντρων δέσμης ακτινοβολίας ανιχνευτή.</p>	<p>Καθετότητα</p> <p>Η λευκή μπίλια στο εξάρτημα καθετότητας να βρίσκεται εντός του μαύρου κύκλου.</p> <p>Η απόκλιση : $\leq 1.5^\circ$.</p> <p>Επικέντρωση δέσμης ακτίνων X με τον υποδοχέα εικόνας/ανιχνευτή</p> <p>Η απόκλιση των κέντρων πεδίου ακτινοβολίας ανιχνευτή: $\leq 2\%$ του FID</p>		
Έλεγχος του ηλεκτρονικού χάρακα της οθόνη εργασίας. (Scaling errors)	Ακρίβεια μέτρησης με ηλεκτρονικό χάρακα αντικειμένου γνωστού μήκους.	Αντικείμενο γνωστού μήκους ή κατάλληλο ομοίωμα (πχ. Prodigy, Digi13).	kV= 50-60 mAs= 3	-Τοποθετείται το ομοίωμα και ακτινοβολείται. -Επιλέγεται στο γνωστό μήκος στο ομοίωμα και μετράται με τον ηλεκτρονικό χάρακα του σταθμού επεξεργασίας.	Ακρίβεια στην μέτρηση αποστάσεων: $< 4\%$	ΑΣ/Ετήσια ή Υποψία προβλήματος	Ο έλεγχος μπορεί πραγματοποιηθεί ταυτόχρονα με τη σύμπτωση φωτεινού πεδίου και πεδίου ακτινοβολίας

1 Έλεγχος λυχνίας							
Μέτρηση ακρίβειας τάσης- kVp. (Measuring kVp accuracy).	Απόκλιση της μετρούμενης τιμής από την ονομαστική τιμή τάσης (kVp).	Πολύμετρο ακτινοβολίας (μετρητής στερεάς κατάστασης) ή Κιλοβολτόμετρο (kVp meter)	- Απόσταση λυχνίας-τραπέζι: 1m. -kVp= το εύρος τιμών από ελάχιστη-μέγιστη με βήμα 10kVp (πχ.40-140 kVp) -ms: μεγάλος χρόνος 50-100 -mA: σταθ. Προτεινόμενες τιμές κλινικά εφαρμοζόμενες (εύρος τιμών 200-400mA).	-Τοποθετείται ο μετρητής στο τραπέζι με διεύθυνση σύμφωνα με το εγχειρίδιο του κατασκευαστή. -Κλείνονται τα διαφράγματα αρκετά ώστε να μειωθεί η σκεδαζόμενη ακτινοβολία (πχ. 10x10 cm ²). - Πραγματοποιούνται εκθέσεις με μεταβολή της τάσης (ελάχιστη-μέγιστη τιμή με βήμα 10kVp), σταθερό ρεύμα και χρόνο. -Καταγράφονται οι μετρούμενες τιμές τάσεις. -Υπολογίζονται οι μεταβολές της μετρούμενης τάσης με την ονομαστική	Επί της εκατό απόκλιση μετρούμενης και ονομαστικής τιμής: kVp < 5 %	ΑΣ/Εξαμηνιαία	Στην περίπτωση που γίνεται χρήση πολύμετρου οι πιο κάτω έλεγχοι μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα: • Ακρίβεια και επαναληψιμότητα τάσης. • Ακρίβεια και επαναληψιμότητα χρόνου. • Παροχή και γραμμικότητα λυχνίας.
Επαναληψιμότητα της τάσης (kVp) με μεταβολή του ρεύματος mA	Απόκλιση από τη μέση τιμή.	Πολύμετρο ακτινοβολίας (μετρητής στερεάς κατάστασης) ή	-Απόσταση λυχνίας-τραπέζι: 1m 4 εκθέσεις kVp: σταθερή τιμή τάσης (πχ.80kVp)	- Για τη τοποθέτηση βλέπε σημείωση 1. -Πραγματοποιούνται 4 εκθέσεις . -Υπολογίζεται η μέση τιμή της τάσης και η επι	Επί της εκατό απόκλιση από τη μέση τιμή: < 5 %	ΑΣ/Εξαμηνιαία	

¹ Γεωμετρία (set-up) για τους ελέγχους της λυχνίας : Τοποθετείται ο μετρητής στερεάς κατάστασης στο τραπέζι (ή σε επίπεδη επιφάνεια) σε απόσταση 100cm από την εστία και με διεύθυνση σύμφωνα με το εγχειρίδιο του κατασκευαστή. Εξασφαλίζεται η καθετότητα της δέσμης κλείνονται τα διαφράγματα αρκετά ώστε να μειωθεί η σκεδαζόμενη ακτινοβολία (πχ. 10 x10 cm²).Στην περίπτωση που γίνεται χρήση θαλάμου ιονισμού να τοποθετηθεί σε απόσταση από το τραπέζι για να μειωθεί η σκεδαζόμενη ακτινοβολία.

Έλεγχος λυχνίας							
και σταθερά mAs. (Measuring kVp variation with mA).		Κιλοβολτόμετρο (kVp meter)	mAs: σταθερή τιμή (πχ.10-40mAs) Μεταβολή mA: 1. Ελάχιστα mA του κατασκευαστή 2. Μέγιστα mA του κατασκευαστή 3. Ελάχιστα κλινικά εφαρμοζόμενα mA 4. Μέγιστα κλινικά εφαρμοζόμενα (Π.χ. 25 mA, 200 mA, 630 mA και 800 mA)	της εκατό απόκλιση από αυτή.			
Μέτρηση ακρίβειας χρόνου. (Measuring time accuracy).	Απόκλιση της μετρούμενης τιμής χρόνου από την ονομαστική τιμή.	-Πολύμετρο ακτινοβολίας ή -Όργανο μέτρησης χρόνου έκθεσης	Προτεινόμενη απόσταση εστίας-μετρητή: 1m. 5 εκθέσεις kVp: σταθερή τιμή τάσης (πχ.80kVp) mAs: σταθ. (>1mAs) Χρόνοι έκθεσης: t >100 ms t = > 100 ms	-Για τη τοποθέτηση βλέπε σημείωση 1.-Να πραγματοποιηθούν 5 εκθέσεις -Καταγράφονται οι μετρούμενες τιμές και υπολογίζονται οι μεταβολές της μετρούμενης τιμής με την ονομαστική.	Απόκλιση μεταξύ μετρούμενης και ονομαστικής τιμής: t ≤100 : ± 5ms t >100ms: < ± 5%	ΑΣ/Εξαμηνιαία	
Μέτρηση επαναληψιμότητας χρόνου. (Measuring time repeatability).	Απόκλιση από τη μέση τιμή (%SD, τυπική απόκλιση).	-Πολύμετρο ακτινοβολίας ή -Όργανο μέτρησης χρόνου έκθεσης	Απόσταση λυχνίας-τραπέζι: 1m. 5 εκθέσεις kVp=σταθερή τιμή τάσης (πχ 80kVp) ms= σταθερή τιμή χρόνου (επιλέγεται μια τιμή χρόνου κλινικά εφαρμοζόμενη)	- Για τη τοποθέτηση βλέπε σημείωση 1. -Επιλέγεται σταθερή τιμή τάσης και χρόνου και πραγματοποιούνται 5 εκθέσεις. -Υπολογίζεται η τυπική απόκλιση (SD).	SD<±5%		
Έλεγχος της παροχής της λυχνίας (mGy/mAs) και απόκλιση από την τιμή αναφοράς.	-Αξιολόγηση της καταλληλότητας της παροχής. -Παρακολούθηση της σταθερότητας της παροχής.	-Πολύμετρο ακτινοβολίας ή -Κατάλληλο δοσίμετρο	Απόσταση λυχνίας-τραπέζι: 1m kVp: 80kVp ms: 50-100 (εύρος τιμών)	- Για τη τοποθέτηση βλέπε σημείωση 1. -Να μετρηθεί η παροχή ακτινοβολίας για σταθερή τιμή τάσης λυχνίας, με μεγάλο χρόνο έκθεσης και	Για τον έλεγχο αποδοχής στα 80 kVp στο 1m ≥25 μGy/mAs Όρια Ελέγχου Ρουτίνας:	ΑΣ/Εξαμηνιαία	

1 ^ο Έλεγχος λυχνίας							
(Measuring output and comparison with baseline)			mA: κλινικά εφαρμοζόμενες τιμές (200-400)	κλινικά εφαρμοζόμενες τιμές ρεύματος-mA.	% απόκλιση από την τιμή αναφοράς: $\pm 20\%$		
Έλεγχος της παροχής της λυχνίας με μεταβολή της τάσης. (Output variation with kV)	-Συνέπεια παροχής -Επιβεβαίωση της γραμμικότητας της παροχής με τη τάση. -Μέτρηση δόσης εισόδου ασθενή μέσω παροχής. (ESAK-entrance surface air kerma)	Πολύμετρο ακτινοβολίας. ή Κατάλληλο δοσίμετρο.	Απόσταση λυχνίας-τραπέζι: 1m Μεταβολή τάσης kVp: ελάχιστη κλινικά εφαρμοζόμενη τάση-μέγιστη εφαρμοζόμενη τάση με βήμα 10 kVp mAs=σταθερά (πχ 3mAs).	- Για τη τοποθέτηση βλέπε σημείωση 1. -Μετράται η δόση και υπολογίζεται η παροχή της λυχνίας (mGy/mAs). -Σχεδιάζεται η καμπύλη της τάσης στο τετράγωνο σε συνάρτηση με την παροχή (kV ² vs mGy/mAs). -Υπολογίζεται και καταγράφεται η γραμμικότητα μέσω του συντελεστή συσχέτισης R ² .	R ² >=0.99	ΑΣ/Εξαμηνιαία	
Γραμμικότητα παροχής με το ρεύμα (mA-linearity output). Έλεγχος της μεταβολής παροχής της λυχνίας με μεταβολή του ρεύματος- mA και (σταθερός χρόνος) (Measuring output variation with mA)	Απόκλιση μεταβολής της ονομαστικής τιμής του ρεύματος.	-Πολύμετρο ακτινοβολίας ή -Κατάλληλος μετρητής	Απόσταση λυχνίας-τραπέζι: 1m 4 εκθέσεις Τάση kVp: Σταθερή τιμή (πχ. 80kVp). Χρόνος (ms): Σταθερός (πχ.100 ms). Προτεινόμενα mA: 1. ελάχιστα mA του κατασκευαστή. 2. ελάχιστα κλινικά εφαρμοζόμενα mA. 3. μέγιστα κλινικά εφαρμοζόμενα mA και 4. μέγιστα mA του κατασκευαστή. (Π.χ. 25 mA, 200 mA, 630 mA και 800 mA)	- Γίνεται η τοποθέτηση του μετρητή (βλέπε σημείωση 1). -Πραγματοποιούνται 4 εκθέσεις. - Καταγράφεται η δόση. -Υπολογίζεται η παροχή (μGy/mAs) και καταγράφονται η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή. <u>Σημείωση:</u> Να πραγματοποιηθεί τουλάχιστον μία έκθεση με επιλογή μικρής εστίας.	(maxR-minR)/(maxR+min R) $\pm 15\%$	ΑΣ/Εξαμηνιαία	

1^ο Έλεγχος λυχνίας							
<p>Γραμμικότητα παροχής με mAs (Linearity output with mAs). Μέτρηση μεταβολής της παροχής ακτινοβολίας με το γινόμενο ρεύματος-χρόνου-mAs (σταθερά mA, μεταβαλλόμενα ms).</p> <p>(Measuring output variation with time-set mA.)</p>	<p>Απόκλιση λόγω μεταβολής της ονομαστικής τιμής του ρεύματος επί του χρόνου έκθεσης (mAs).</p>	<p>Πολύμετρο ακτινοβολίας ή Κατάλληλο δοσίμετρο.</p>	<p>Απόσταση λυχνίας-τραπέζι: 1m 4 εκθέσεις kVp: σταθερή τιμή τάσης (πχ. 80kVp) mA: σταθερή τιμή Προτεινόμενη τιμή: - 50 % του μέγιστου mA - Εναλλακτικά επιλογή κλινικού πρωτοκόλλου ενηλίκων, π.χ. mA=200-μικρή εστία (SF) ή mA =400 μεγάλη εστία (LF). - Μεταβαλλόμενος χρόνος ώστε να επιτευχθούν οι ακόλουθες τιμές mAs: -Μεγάλη εστία (πχ mA=400) 1. 5 mAs (παιδιατρικά πρωτόκολλα) 2. 10 mAs, 3. 40 mAs 4. 250 mAs -Μικρή εστία (πχ. 200 mA) 5. 2 mAs 6. 6 mAs 7. 20 mAs 8. 100 mAs</p>	<p>- Για τη τοποθέτηση βλέπε σημείωση 1. - Πραγματοποιούνται 4 εκθέσεις kVp=σταθ, mA=σταθ. και μεταβαλλόμενες τιμές χρόνου. - Υπολογίζεται η παροχή mGy/mAs. - Να υπολογιστεί η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή παροχής. - Ο έλεγχος να επαναληφθεί και για επιλογή μικρής εστίας.</p>	<p>maxR-minR)/(maxR+min R) < ± 10 %</p>	<p>ΑΣ/Εξαμηνιαία</p>	
<p>Μέτρηση πάχους υποδιπλασιασμού-HVL.</p>	<p>Μέτρηση HVL για όλο το εύρος τιμών τάσεων (έλεγχος αποδοχής)</p>	<p>Πολύμετρο ακτινοβολίας ή Κατάλληλο δοσίμετρο</p>	<p>Έλεγχος ρουτίνας kVp: 80kVp Έλεγχος αποδοχής Σε όλο το εύρος τάσεων:50-150 kV</p>	<p>-Για τη τοποθέτηση βλέπε σημείωση 1. -Για έλεγχο αποδοχής να μετρηθεί το HVL για όλες τις κλινικά</p>	<p>Για 80 kVp: HVL > 2.9 mm Al</p>	<p>ΑΣ/Εξαμηνιαία</p>	<p>Για σκοπούς δοσιμετρίας είναι καλό να μετρήσετε HVL σε όλες</p>

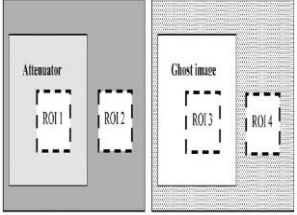
¹Έλεγχος λυχνίας							
(Measuring HVL)		Φίλτρα Al με διαφορετικά πάχη (εφόσον ο μετρητής δεν έχει τη δυνατότητα να μετρήσει την τιμή με μία έκθεση τότε απαιτείται η χρήση των φύλλων αλουμινίου)	mA: σταθερά, πχ.200 χρόνος : πχ. 100ms	εφαρμοζόμενες τάσεις λυχνίας με βήμα των 10 kVp. - -Για έλεγχο ρουτίνας να γίνει η μέτρηση μόνο για μία τιμή τάσης, πχ. kVp= 80	HVL> 2.9mm Al Για συστήματα εγκατεστημένα με CE >2012 HVL>2.5 mm Al για συστήματα με CE < 2012 Αναλυτικά τα όρια βλέπε παράρτημα σελ. 27		τις δέσμες ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται κλινικά (πιθανόν να περιλαμβάνουν πρόσθετα φίλτρα).
Έλεγχος μέτρησης γινομένου δόσης επιφάνειας. (Measuring Dose Area Product-DAP.)	Απόκλιση μετρούμενης από αναγραφόμενη τιμή.	Μετρητής DAP ή Ψηφιακό πολύμετρο ακτινοβολίας ή Κατάλληλο δοσίμετρο και όργανο για την μέτρηση του εμβαδόν της δέσμης ακτινοβολίας (lead ruler)	5 Εκθέσεις Εύρος τιμών τάσης kVp: 50-120 (με βήμα τάσης 10kVp) Προτεινόμενες τιμές: χρόνου έκθεσης :100 ms ή 200ms mA: 200 ή 400 Πεδίο:15x15 cm ²	-Το δοσίμετρο (στερεάς κατάστασης) τοποθετείται πάνω στο τραπέζι ή σε απόσταση 30cm από τη τραπέζι σε περίπτωση θαλάμου ιονισμού και επιλέγεται γνωστό πεδίο ακτινοβολίας. -Πραγματοποιούνται εκθέσεις με βήμα τάσης 10kVp -Υπολογίζεται η τιμή DAP (εμβαδόν επιφάνειας επι δόση) και συγκρίνεται με την αναγραφόμενη.	Απόκλιση μεταξύ της μετρούμενης/ υπολογιζόμενης τιμής και της αναγραφόμενης τιμής: < ± 20 %	ΑΣ/Εξαμηνιαία	

Έλεγχος ανιχνευτή/Ποιότητα εικόνας							
Δοσιμετρία (Detector air kerma DAK-dose air kerma))	Να προσδιοριστούν τα στοιχεία έκθεσης (mAs) για γνωστές δόσεις στον ανιχνευτή πχ. 1, 2.5, 5, 10, 40μGy (DAK, detector air kerma).	Δοσιόμετρο (στερεάς κατάστασης ή θάλαμος ιονισμού). - Κατάλληλος απορροφητής για δημιουργία δέσμης RQA5 (21mm Al-Αλουμινίου).	-Απόσταση Εστίας-δοσιμέτρου (FFD): >= 150 cm για να μειωθεί το φαινόμενο πτέρνας (heel effect). -Στοιχεία: Ποιότητα δέσμης RQA5.	-Ανοίγονται τα διαφράγματα και επιλέγεται πεδίο (16x16 cm ²), τοποθετείται το δοσιόμετρο (στερεάς κατάστασης) στο τραπέζι στο κέντρο του φωτεινού πεδίου (ο ανιχνευτής απομακρύνεται ή καλύπτεται με μόλυβδο για προστασία). -Τοποθετείται απορροφητής στην έξοδο της λυχνίας. -Πραγματοποιούνται εκθέσεις ώστε να προσδιοριστούν οι τιμές mAs που αντιστοιχούν σε εύρος δόσεων από 1 μGy έως 40 μGy. -Καταγράφονται τα mAs και ο δείκτης έκθεσης (EI).	-	ΑΣ	
Καμπύλη απόκρισης ανιχνευτή (Συσχέτιση δόσης ανιχνευτή με MPV)- βλέπε παράρτημα (Measuring system transfer properties-STP)	Να οριστεί η σχέση δόσης ανιχνευτή και τιμής εικονοστοιχείου (pixel value).	-Δοσιόμετρο (στερεάς κατάστασης) -Κατάλληλος απορροφητής για δημιουργία δέσμης RQA5. - Χρήση λογισμικού Image J (προαιρετική).	Απόσταση Εστίας-δοσιμέτρου (FFD): > =150 cm Ποιότητα δέσμης αναφοράς (RQA5). Πεδίο ακτινοβολίας: Να καλύπτει όλο τον ανιχνευτή. Δοσιόμετρο: Δίπλα στον ανιχνευτή.	- Τοποθετείται ο απορροφητής στη λυχνία. -Ο ανιχνευτής στο τραπέζι (εφόσον είναι φορητός) ή αφαιρείται το αντιδιαχυτικό διάφραγμα. -Το δοσιόμετρο τοποθετείται στο πλάι του ανιχνευτή, στην άκρη του πεδίου. -Πραγματοποιείται έκθεση για κάθε τιμή δόσης DAK και καταγράφεται ο δείκτης έκθεσης (Exposure Index-EI) - Επιλέγεται περιοχή ενδιαφέροντος (ROI) 10x10 cm ² και	R ² ≥ 0.99 (απλή σχέση)	ΑΣ/	-Στην περίπτωση που ο ανιχνευτής δεν είναι γραμμικός τα εικονοστοιχεία θα πρέπει να γραμμικοποιηθούν. <u>Διόρθωση δόσεων</u> -Να καταγραφεί η μεταβολή των δόσεων

Έλεγχος ανιχνευτή/Ποιότητα εικόνας							
			Κατάλληλα mAs ώστε να επιτευχθούν δόσεις με εύρος (DAK), από 1 έως 40 μGy .	καταγράφεται η μέση τιμή εικονοστοιχείου (mean pixel value) στο μέσο της εικόνας. - Σχεδιάζεται η γραφική παράσταση της μέσης τιμής του εικονοστοιχείου (MPV) σε συνάρτηση με τη δόση στον αέρα (mean pixel value-DAK) - Καταγράφεται η εξίσωση των δυο μεταβλητών και ο συντελεστής συσχέτισης (coefficient of regression - R^2). - Ελέγχονται ότι τα δεδομένα συσχετίζονται καλά με γνωστή μαθηματική σχέση (good fit to the data). - Να συσχετιστεί ο δείκτης έκθεσης με τη τιμή δόσης DAK.			στο κέντρο και στο πλάι του πεδίου και να υπολογιστεί ο παράγοντας διόρθωσης .
Έλεγχος ακρίβειας, αναπαραγωγιμότητας και επαναληψιμότητας του δείκτη έκθεσης- Exposure Index (EI)	Να ελεγχθεί η ακρίβεια των τιμών του δείκτη έκθεσης- EI Σταθερότητα των τιμών EI σε επανειλημμένες μετρήσεις.	Δοσίμετρο Απορροφητής για διαμόρφωση δέσμης RQA5.	Ποιότητα δέσμης αναφοράς (RQA5) Δόση Εισόδου: Αναφοράς-3 μGy	- Ακτινοβολείται ο ανιχνευτής σε δόση αναφοράς χωρίς τον δοσίμετρο στην εικόνα (π.χ. DAK = 3 μGy) - Επαναλαμβάνεται η έκθεση 4 φορές	Η τιμή EI να μην απέχει από DAK (σε μGy) $< \pm 20\%$ και Η τιμή EI να μην απέχει από	ΑΣ/Εξαμηνιαία	COV = 10%

Έλεγχος ανιχνευτή/Ποιότητα εικόνας							
					την τιμή αναφοράς κατά $< \pm 20$ % Κάθε τιμή EI να μην απέχει από την μέση τιμή $< \pm 5$ %		
Μέτρηση σκοτεινού θορύβου (Measuring dark noise)	Αξιολόγηση του ηλεκτρονικού θορύβου του συστήματος.	Φύλλο μολύβδου (Pb) πάχους 2 mm στο μέγεθος του ανιχνευτή. ή Ακτινοπροστατευτική ποδιά.	Διαφράγματα: Κλειστά Απουσία ανιχνευτή ή καλυμμένος με μολύβδο. kVp:40 mAs:1 Μη επεξεργασμένη εικόνα (raw data)	- Τα διαφράγματα τελείως κλειστά. -Πραγματοποιείται έκθεση (χωρίς ανιχνευτή ή προστατευμένος) καταγράφεται ο δείκτης έκθεσης. -Επιλέγεται περιοχή ενδιαφέροντος ROI, καταγράφεται η μέση τιμή των εικονοστοιχείων (MPV) και η τυπική απόκλιση.	Να μην υπάρχει προφανής ψευδένδειξη (artifact) Η απόκλιση των τιμών EI και MPV από τις αντίστοιχες τιμές αναφοράς: < 50 %	ΑΣ/Ετήσια	Η τιμή του σκοτεινού θορύβου να συμπεριληφθεί στην καμπύλη STP κατά τον έλεγχο αποδοχής.
Ομοιογένεια εικόνας (Measuring image uniformity).	Έλεγχος της ομοιογενούς απόκρισης του ανιχνευτή.	-Απορροφητής για διαμόρφωση δέσμης RQA5.	Ποιότητα δέσμης αναφοράς (RQA5) Δόση Εισόδου: Αναφοράς- 3 μ Gy Εικόνα: Μη επεξεργασμένη	-Πραγματοποιείται έκθεση σε δόση αναφοράς ή εναλλακτικά να γίνει αξιολόγηση της εικόνας που λήφθηκε για το STP (π.χ. DAK = 3 μ Gy) -Στη μη επεξεργασμένη εικόνα (raw image), λαμβάνονται 5 περιοχές	1) Να μην υπάρχει προφανής ψευδένδειξη (artifact) 2) Να μην υπάρχουν ελαττωματικά	ΑΣ/Εξαμηνιαία	-Στην περίπτωση ψευδοδομών ή υπέρβαση του ορίου πιθανόν να απαιτείται διόρθωση

Έλεγχος ανιχνευτή/Ποιότητα εικόνας						
			και γραμμικοποιημένη.	ενδιαφέροντος (5 ROIs) εμβαδού (2x2 cm ²): στο κέντρο της εικόνας και σε κάθε τεταρτημόριο. -Καταγράφεται η μέση τιμή εικονοστοιχείου MPV για κάθε ROI. -Υπολογίζεται η μέση τιμή των 5 ROI	εικονοστοιχεία (pixel defect) 3) Η απόκλιση της μέσης τιμής MPV από την τιμή MPV κάθε ROI: $\leq \pm 5 \%$.	από τον μηχανικό σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή: flat field correction. -Η ανάλυση της εικόνας μπορεί να γίνει με κατάλληλο λογισμικό (πχ.image J)
Μέτρηση εναπομείναν σήματος στην εικόνα (Ghosting). (Measuring percentage image ghosting).	Έλεγχος για αποτύπωση μιας προηγούμενης εικόνας επάνω στην τελευταία λαμβανόμενη εικόνα. (Image retention)	Φύλλο Pb πάχους 1 mm και μεγέθους 10 x 10 cm ² στον ανιχνευτή.	Ποιότητα δέσμης αναφοράς (RQA5). 3 εκθέσεις	- 1 ^η έκθεση: Λαμβάνεται εικόνα σκοτεινού θορύβου (όπως περιγράφεται στον αντίστοιχο έλεγχο) -2 ^η έκθεση: Ανοιχτά διαφράγματα και τοποθέτηση φύλλου Pb στον ανιχνευτή. Έκθεση με δόση αναφοράς. (π.χ. DAK = 3 μGy) -3 ^η λήψη: Λαμβάνεται ακόμη μία εικόνα σκοτεινού θορύβου. -Το ποσοστό εναπομείναν σήματος στην εικόνα δίνεται από την πιο κάτω σχέση:	Lag: $\leq 0,5 \%$	ΑΣ/ Υποψία προβλήματος στον ανιχνευτή και διεύρυνση του. Η ανάλυση μπορεί να γίνει με λογισμικό (image J)

Έλεγχος ανιχνευτή/Ποιότητα εικόνας							
				 $lag = \frac{mean(ROI4) - mean(ROI3)}{mean(ROI2) - Mean(ROI1)} \times 1$			
Έλεγχος κανονικοποιημένου φάσματος ισχύος θορύβου-NNPS Βλέπε παράρτημα (Measuring normalized noise power spectrum-NNPS)	Αξιολόγηση του θορύβου ανά χωρική συχνότητα (spatial frequency)	-	Ποιότητα δέσμης αναφοράς (RQA5) Δόση Εισόδου: Αναφοράς- 3 μGy Εικόνα: Μη επεξεργασμένη: for processing ή raw image.	-Να ακτινοβοληθεί ο ανιχνευτής σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή ή , ή στη δόση κατά τον έλεγχο αποδοχής του συστήματος. (DAK αναφοράς) (π.χ. DAK = 3 μGy ή 1 μGy). -Εναλλακτικά μπορεί να γίνει επεξεργασία των εικόνων που λήφθηκαν για το STP. -Με την βοήθεια εξειδικευμένου λογισμικού να σχεδιαστεί η καμπύλη NNPS.	Απόκλιση των τιμών NNPS σε 0.5 1p/mm και NNPS σε 2 1p/mm από τις αντίστοιχες τιμές αναφοράς: $\leq \pm 15 \%$	ΑΣ/ Υποψία προβλήματος στον ανιχνευτή και διεύρυνση του.	Για τον έλεγχο απαιτείται η επεξεργασία εικόνας 4000 εικονοστοιχείων (pixels). Πραγματοποιούνται 4-6 εκθέσεις διότι από κάθε εικόνα μόνο τα 12.5 cm είναι χρήσιμα.
Έλεγχος συνάρτησης μεταφοράς διαμόρφωσης (MTF). Βλέπε παράρτημα (Measuring Modulation Transfer Function-MTF).	Αξιολόγηση χωρικής διακριτικής ικανότητας υψηλής αντίθεσης ανά χωρική συχνότητα	Όργανο μέτρησης MTF (Edge test device-W) ή φύλλο Cu πάχους 1mm.	Επιλέγεται ποιότητα δέσμης αναφοράς (πχ. RQA5) Δόση εισόδου στον ανιχνευτή :3.2 φορές τη	-Τοποθετείται το εξάρτημα μέτρησης MTF πάνω στον ανιχνευτή με κλίση περίπου 2.5°. -Επιλέγεται κατάλληλο πεδίο σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή MTF.	Απόκλιση των τιμών MTF: Στο 50 %, και 10 %, MTF από τις αντίστοιχες	ΑΣ/Εξαμηνιαία	

Έλεγχος ανιχνευτή/Ποιότητα εικόνας							
	(spatial frequency).		δόση εισόδου αναφοράς DAK-(πχ. Για δόση αναφοράς 3μGy να ακτινοβοληθεί περίπου 10 μGy). Εικόνα: Μη επεξεργασμένη: for processing ή raw image.	- Ακτινοβολείται ο ανιχνευτής και με της βοήθεια εξειδικευμένου λογισμικού σχεδιάζεται η καμπύλη MTF.	τιμές αναφοράς: $\leq \pm 0.2$ 1p/mm		
Έλεγχος διακριτικής ικανότητας χαμηλής αντίθεσης. (Measuring low contrast resolution-LCR).	Αξιολόγηση της διακριτικής ικανότητας χαμηλής αντίθεσης του Συστήματος.	Κατάλληλο ομοίωμα ελέγχου διακριτικής ικανότητας χαμηλής αντίθεσης.	Δόση Εισόδου: Αναφοράς- 3 μGy	-Τοποθετείται το ομοίωμα ελέγχου στο τραπέζι (πχ DIGI 13 ή Primus L). -Πραγματοποιείται έκθεση του ανιχνευτή σε δόση αναφοράς (π.χ. DAK = 3 μGy)	LCR: ≥ 2.8 % αντίθεση	ΑΣ/Εξαμηνιαία	DIGI 13: 0.8%, 1.2%, 2.0%, 2.8% 4.0%, 5.6%
Έλεγχος χωρικής διακριτικής ικανότητας υψηλής αντίθεσης. (Measuring high contrast spatial resolution-HCSR). <i>Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμο το εξάρτημα για έλεγχο MTF.</i>	Αξιολόγηση της χωρικής διακριτικής ικανότητας υψηλής αντίθεσης του Συστήματος.	Εξάρτημα ελέγχου διακριτικής ικανότητας υψηλής αντίθεσης (πχ Huttner test object).	-Ποιότητα δέσμης αναφοράς (RQA5) ή με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή -Εξάρτημα στον ανιχνευτή υπο γωνία 45° Δόση Εισόδου: Αναφοράς- πχ. 3 μGy.	-Το εξάρτημα (bar pattern 0,5-5 LP/mm) τοποθετείται στον ανιχνευτή (αν δεν είναι φορητός ο ανιχνευτής τότε το εξάρτημα το τοποθετείται στο τραπέζι υπό γωνία 45° ως προς το αντιδιαχυτικό διάφραγμα. -Ακτινοβολείται ο ανιχνευτής σε δόση αναφοράς. (π.χ. DAK = 3 μGy).	HCSR: ≥ 80 % της συχνότητας Nyquist	ΑΣ/Εξαμηνιαία	Αν το Pixel pitch $\Delta p = 0.125$ mm $2\Delta p = 0.250$ mm Τότε, η συχνότητα Nyquist υπολογίζεται από την σχέση: $1/0.250 = 4$ lp/mm

Έλεγχος ανιχνευτή/Ποιότητα εικόνας							
							Το 80% της συχνότητας Nyquist = 3.2 Lp/mm
<p>Έλεγχοι παραμέτρων ποιότητας εικόνας με μία έκθεση (έλεγχος συνέπειας):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Χωρική Διακριτική ικανότητα υψηλής αντίθεσης. -Διακριτική ικανότητα χαμηλής αντίθεσης. -Αξιολόγηση ομοιογένειας. -Αντίθεση εικόνας βήμα αμαύρωσης- step wedge. 	Αξιολόγηση της ποιότητας εικόνας με μια έκθεση.	Κατάλληλο ομοίωμα τύπου πχ Prodigy, Digi 13	<ul style="list-style-type: none"> -Κατάλληλο ομοίωμα (πχ Prodigy, Digi 13) -Απορροφητής 25mm Al/ 70 kV 25mm Al +1mm Cu/ 100kV ή 38mm Al 	<ul style="list-style-type: none"> -Τοποθετείται το ομοίωμα ελέγχου στο τραπέζι (πχ DIGI 13 ή Primus L) και ο απορροφητής στη λυχνία. -Πραγματοποιούνται 4 εκθέσεις με AEC για μικρή και μεγάλη εστία (25 mm Al/ 70 kV 25mm Al +1mm Cu/ 100kV ή 38mm Al). -Καταγράφονται και αξιολογούνται τα πιο κάτω: <ul style="list-style-type: none"> • Υψηλής αντίθεσης διακριτική ικανότητα: αριθμός γραμμών (lp/mm). • Χαμηλής αντίθεσης διακριτική ικανότητα: αριθμός κύκλων χαμηλής αντίθεσης. • Οι μέσες τιμές των εικονοστοιχείων (MPV) στα 4 διαφορετικά τετράγωνα (με δημιουργία περιοχών ενδιαφέροντος) • Αντίθεση εικόνας βήμα αμαύρωσης- step wedge. 	<p>Σε δόση αναφοράς (π.χ. DAK = 3 μGy)</p> <p>HCSR: ≥ 2.4 lp/mm</p> <p>LCR: ≤ 2.8 %</p> <p>Για τον έλεγχο Αντίθεση εικόνας βήμα αμαύρωσης - step wedge.</p> <p>Η μέση τιμή του εικονοστοιχείου πίσω από το 1mm Cu πρέπει να είναι μικρότερη από την</p>	ΑΣ/Εξαμηνιαία	

Έλεγχος ανιχνευτή/Ποιότητα εικόνας							
					τιμή του εικονοστοιχείου P_{+1} και μεγαλύτερη από την τιμή του εικονοστοιχείου P_{-1} . Αναλυτικά για τους υπολογισμούς βλέπε παράρτημα.		

Έλεγχος αυτόματης έκθεσης-AEC

Ο έλεγχος του AEC μπορεί να πραγματοποιηθεί εφαρμόζοντας δύο διαφορετικές γεωμετρίες (για εικόνες [βλέπε παράρτημα](#)), και στις δυο περιπτώσεις θα πρέπει η διάταξη να είναι επαναλήψιμη και ο μετρητής να είναι τοποθετημένος με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται ο αυτόματος έλεγχος έκθεσης. Για φορητούς ανιχνευτές οι μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν εντός υποδοχέα εικόνας (bucky) στον ανιχνευτή εικόνας.

Στο παρόν πρωτόκολλο έχει επιλεγεί για τους ελέγχους η γεωμετρία χωρίς σκέδαση με ομοίωμα αλουμινίου και μετρητή στερεάς κατάστασης.

α) **Γεωμετρία σκέδασης:** Η γεωμετρία αυτή θα πρέπει να είναι όσο πιο κοντά στην κλινική πραγματικότητα επομένως θα πρέπει να επιλεγεί κλινική απόσταση (focal detector distance-FFD), ο σκεδαστής PMMA ή ομοίωμα νερού πάνω στο τραπέζι, το αντιδιαχτυτικό διάφραγμα εντός δέσμης (η επιλογή απόστασης αντιδιαχτυτικού διαφράγματος να είναι η κλινική), το δοσίμετρο ιδανικά τοποθετείται πάνω στον ανιχνευτή εικόνας και επιλέγεται κατά την έκθεση μεγάλο πεδίο.

β) **Γεωμετρία χωρίς σκέδαση** (η συγκεκριμένη διάταξη διευκολύνει τη σύγκριση τιμών με μετρήσεις των κατασκευαστών): Το ομοίωμα αλουμινίου μπαίνει στην έξοδο της λυχνίας, αφαιρείται ιδανικά το αντιδιαχτυτικό διάφραγμα (αν δεν είναι εφικτό γίνεται χρήση του παράγοντα διόρθωσης) και το δοσίμετρο-θάλαμος ιονισμού τοποθετείται στον αέρα στο κέντρο της δέσμης, σε αυτή την περίπτωση γίνεται διόρθωση λόγω απόστασης. Για την έκθεση επιλέγεται μικρό πεδίο. Στην περίπτωση όπου το δοσίμετρο είναι στερεάς κατάστασης τότε τοποθετείται πάνω στον ανιχνευτή εικόνας.

Έλεγχος AEC- αυτόματη διακοπή έκθεσης ακτινοβολίας. (Measuring AEC stopping radiation)	Έλεγχος λειτουργίας χρονοδιακόπτη για διακοπή έκθεσης ακτινοβολίας	-	Κλειστά διαφράγματα mA: χαμηλή τιμή kVp: χαμηλή τιμή	-Να κλείσουν τελείως τα διαφράγματα και να επιλεγεί χαμηλή τάση λυχνίας και ρεύματος με σκοπό την μη ενεργοποίηση του χρονοδιακόπτη.	Τερματισμός έκθεσης ακτινοβολίας και προειδοποίηση του συστήματος	Αποδοχή/Εξαμηνιαία	Το σύστημα AEC δεν θα λάβει δόση κατωφλίου και δεν θα ενεργοποιηθεί ο χρονοδιακόπτης για τερματισμό της έκθεσης πριν τον προβλεπόμενο χρόνο (threshold signal exposure interlock).
Έλεγχος επαναληψιμότητας μεταξύ των θαλάμων AEC. (Measuring consistency between AEC chambers).	Απόκλιση από τη μέση τιμή.	Απορροφητής 21mm Al στην έξοδο της λυχνίας. Δοσίμετρο στον ανιχνευτή	Τοποθετείται το δοσίμετρο στον ανιχνευτή πίσω από το αντιδιαχτυτικό διάφραγμα	-Τοποθετείται ο μετρητής στον υποδοχέα -Πραγματοποιούνται 6 εκθέσεις και χρησιμοποιούνται όλοι οι συνδυασμοί των θαλάμων AEC ως εξής:	Απόκλιση από τη μέση τιμή: DAK: $\leq 20\%$ Απόκλιση από τη μέση τιμή: EI: $\leq 20\%$	Αποδοχή/Εξαμηνιαία	

			(grid) ² σε κατάλληλη θέση ώστε να μην επηρεαστεί η λειτουργία του AEC. Εκθέσεις 6 kVp=70 και απορροφητής στην έξοδο λυχνίας.	<ul style="list-style-type: none"> • Κάθε θάλαμος ξεχωριστά • Αριστερός και δεξιός θάλαμος • Όλοι οι θάλαμοι 			
Έλεγχος του AEC για μεταβαλλόμενες τιμές τάσης (kVp.) (AEC at different kVp)	Έλεγχος απόκλισης από τις τιμές αναφοράς των kVp βαθμονόμησης .	-Απορροφητής π.χ. 21mm Al στην έξοδο της λυχνίας. -Δοσίμετρο	-Δοσίμετρο στον ανιχνευτή και πίσω από το αντιδιαχτυτικό διάφραγμα (grid) ² σε κατάλληλη θέση ώστε να μην επηρεαστεί η λειτουργία του AEC -Επιλέγεται κεντρικός θάλαμος και μεγάλη εστία πριν την πραγματοποίηση της έκθεσης. -Μεταβολή τάσης : 60kV με βήμα 20kV ώστε να καλυφθούν όλες οι κλινικές τιμές.	-Τοποθετείται το δοσίμετρο στον υποδοχέα και ο απορροφητής στη λυχνία. -Πραγματοποιούνται εκθέσεις για διαφορετικές τιμές τάσης kVp -Καταγράφονται οι δόσεις, ο δείκτης έκθεσης και τα mAs. Οι παραπάνω τιμές αποτελούν τις τιμές αναφοράς.	Απόκλιση από την τιμή αναφοράς στον έλεγχο αποδοχής: DAK: ≤ 20 % Απόκλιση από την τιμή αναφοράς στον έλεγχο αποδοχής: EI: < 20 %	Αποδοχή/Εξαμηνιαία	
Έλεγχος μεταβολής του AEC με το πάχος του απορροφητή.	Μεταβολή της έκθεσης με το πάχος απορρόφησης.	-Απορροφητές με διαφορά πάχη Προτεινόμενα πάχη:	-Δοσίμετρο στον ανιχνευτή και πίσω από το αντιδιαχτυτικό διάφραγμα (grid), σε κατάλληλη θέση ώστε να μην επηρεαστεί η λειτουργία του AEC .	-Τοποθετείται το δοσίμετρο πάνω στο ανιχνευτή και πίσω από το grid ² . -Επιλέγονται και οι τρεις θάλαμοι AEC.	Απόκλιση από τη μέση τιμή: DAK: ≤ 20 %	Αποδοχή/Εξαμηνιαία	

² Εφόσον είναι δυνατή η επιλογή αφαίρεσης του αντιδιαχτυτικού διαφράγματος ιδανικά αφαιρείται, στην αντίθετη περίπτωση γίνεται διόρθωση μέσω του παράγοντα διόρθωσης αντιδιαχτυτικού διαφράγματος (antiscatter grid)

(Measuring AEC variation with thickness)		21mm Al 25 mm Al 25 mmAl +1mm Cu -Δοσίμετρο	Τάση σταθερή: πχ. kVp=70 Προτεινόμενα πάχη -21mm Al -25mm Al -25mmAl +1mm Cu	-Πραγματοποιούνται 3 εκθέσεις στα 70 kVp με διαφορετικού πάχους απορροφητές και γίνεται μέτρηση της δόσης στον ανιχνευτή. - Καταγράφονται οι δόσεις, ο δείκτης έκθεσης και τα mAs. Οι παραπάνω τιμές αποτελούν τις τιμές αναφοράς.			
--	--	---	--	---	--	--	--

Παράρτημα 1

Γραμμικοποίηση των δεδομένων μιας εικόνας (linearizing image data)

Για την αντικειμενική αξιολόγηση της ψηφιακής εικόνας είναι απαραίτητη η μέτρηση της συνάρτησης ιδιότητας μεταφοράς σήματος (Signal Transfer Property -STP), η οποία συνδέει μια εξωτερική παράμετρο, (συνήθως τη τιμή ενός εικονοστοιχείου-Pixel value) με τη δόση του ανιχνευτή στον αέρα (dose air kerma-DAK). Η απόκριση του συστήματος πρέπει να είναι γραμμική ή να μπορεί να γίνει γραμμική ώστε να αναπαράγει αποτελέσματα αξιόπιστα για ποσοτικές αναλύσεις μετρήσεων.

Μια εικόνα μπορεί να γραμμικοποιηθεί εφαρμόζοντας την αντίστροφη συνάρτηση STP. Για συστήματα με γραμμική, λογαριθμική, εκθετική απόκριση οι τιμές των STP και αντίστοιχα οι αντίστροφες τιμές δίνονται από τις εξισώσεις (1,2,3):

$$PV_{in} = a + bK \Leftrightarrow K = \left(\frac{PV-a}{b}\right) \quad (1)$$

$$PV_{log} = a \ln(K) \Leftrightarrow K = \exp\left(\frac{PV-a}{b}\right) \quad (2)$$

$$PV_{power} = aK^b + c \Leftrightarrow K = \left(\frac{PV-c}{a}\right)^{1/b} \quad (3)$$

Όπου οι a, b, c είναι σταθερές, το PV είναι η τιμή του εικονοστοιχείου (Pixel Value) και K είναι η δόση του ανιχνευτή στον αέρα (detector air kerma, μGy).

Μέτρηση της ιδιότητας μεταφοράς σήματος (καμπύλη απόκρισης ανιχνευτή)-Signal Transfer Property (STP)

- Η τιμή του εικονοστοιχείου (PV) λαμβάνεται από μη επεξεργασμένες εικόνες τις οποίες τις συναντάμε με το όνομα “RAW”, “For Processing” ή “Flat Field”.
- Ο συντελεστής συσχέτισης (coefficient of correlation, R^2) του STP θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από την τιμή 0.99. Βέβαια σε περίπτωση ποιοτικού ελέγχου ρουτίνας η τιμή 0.98 θεωρείται ικανοποιητική. Τιμές κάτω από αυτή θα αυξήσουν την αβεβαιότητα των μετρήσεων σε σχέση με τη γραμμικοποίηση των δεδομένων της εικόνας.
- Να αποφεύγεται η χρήση επεξεργασμένων εικόνων διότι κάποιιοι έλεγχοι δεν θα οδηγήσουν σε λογικό αποτέλεσμα.

Παράρτημα 2

Όρια τιμών HVL αναστολής λειτουργίας σύμφωνα με το Report 162

Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τα πιο κάτω όρια βλέπε το Report 162 Radiation Protection

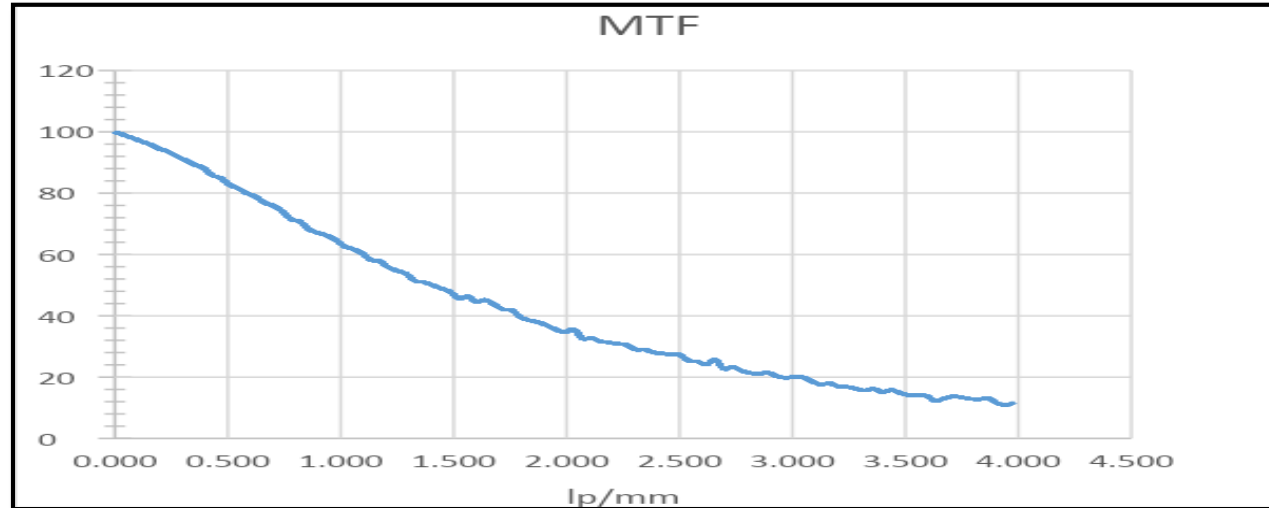
Τιμή τάσης (kVp)	Ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή 1 ^{οο} HVL
50	1.8
60	2.2
70	2.5
80	2.9
90	3.2
100	3.6
110	3.9
120	4.3
130	4.7
140	5.0
150	5.4

Πίνακας 1: Όρια τιμών HVL αναστολής λειτουργίας για συστήματα με σήμανση CE μετά το 2012

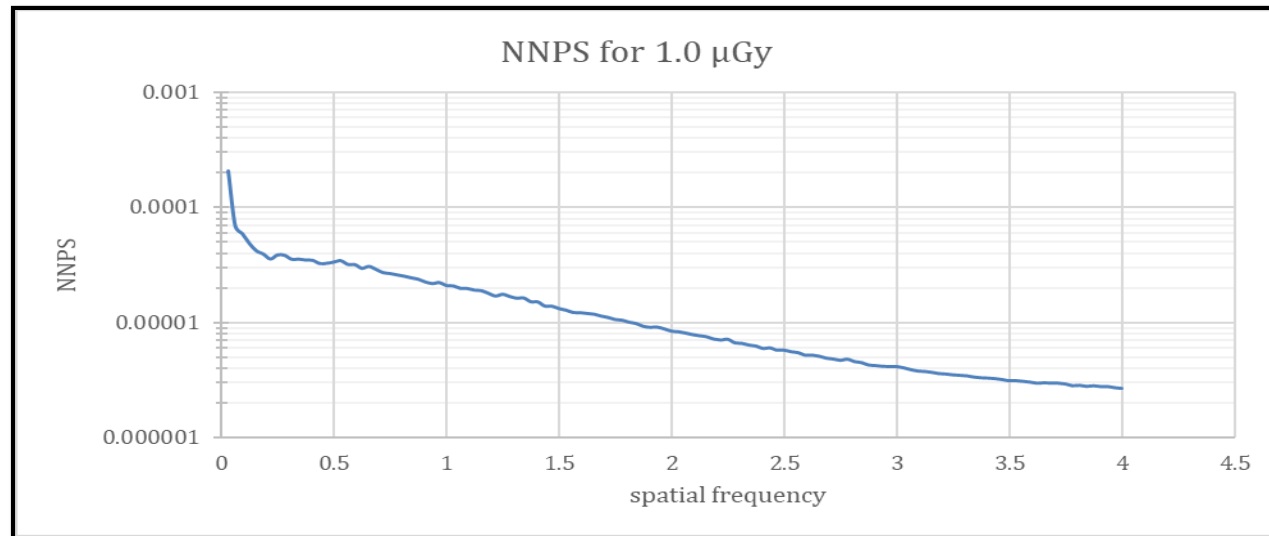
Τιμή τάσης (kVp)	Ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή 1 ^{οο} HVL
50	1.5
60	1.8
70	2.1
80	2.3
90	2.5
100	2.7
110	3.0
120	3.2
130	3.5
140	3.8
150	4.1

Πίνακας 2 Όρια τιμών HVL αναστολής λειτουργίας για συστήματα με σήμανση CE πριν το 2012

Παράρτημα 3
Παραδείγματα MTF και NNPS



Γραφική Παράσταση 1. Για 63% : 1,0 lp / mm, 36%: 2,0 lp / mm 20% : 3,0 lp / mm



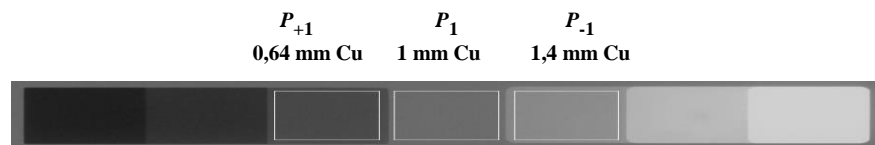
Γραφική Παράσταση 2. 3.348E-05 : 0,5 lp / mm 8.448E-06 : 2,0 lp / mm

Παράρτημα 4

Έλεγχος αντίθεσης εικόνας (βήμα αμαύρωσης- step wedge).

Στον έλεγχο αποδοχής μετά από έκθεση του ομοιώματος (τύπου DIGI13) λαμβάνονται τρεις περιοχές ενδιαφέροντος (ROI), μετρούνται και καταγράφονται αντίστοιχα οι τιμές των εικονοστοιχείων (MPV) για τις περιοχές, 0,64mm, 1mm και 1.4mm Cu. Κατόπιν υπολογίζονται οι τιμές P_{+1} και P_{-1} , οι τιμές αυτές αποτελούν τις τιμές αναφοράς.

- 0.64mm ($P_{Dose+step} = P_{+1}$, η τιμή των εικονοστοιχείων MPV του ROI 1, step+1),
- 1mm ($P_{ref} = P_1$, MPV του ROI- αναφοράς (reference), step 1)
- 1.4 mm Cu ($P_{Dose-step} = P_{-1}$ τιμή των εικονοστοιχείων MPV του του ROI 2, step -1).



ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

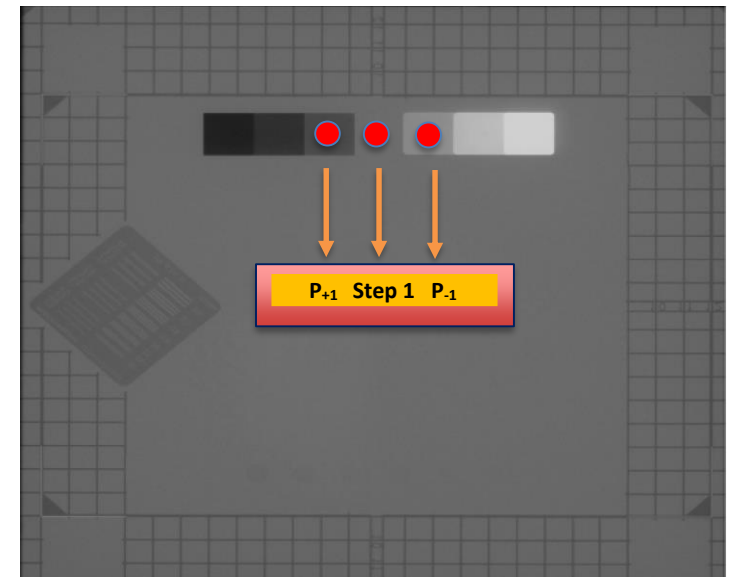
$P_{\square} \square P_{Refer} \square factor \square \square (P_{Dose \square Step} \square P_{Refer})$. Για τάση 70kV: ο παράγοντας (factor) είναι 0.45 (1)

$P_{\square} \square P_{Refer} \square factor \square \square (P_{Dose \square Step} \square P_{Refer})$. Για τάση 100kV ο παράγοντας (factor) είναι 0.7 (2)

Ή πιο απλά για 70 και 100 kV αντίστοιχα εφαρμόζονται οι πιο κάτω τύποι

	70 kV	100 kV
P_{min}	$P_{+1} = P_1 + 0.45 \times (P_{1.4} - P_1)$	$P_{+1} = P_1 + 0.7 \times (P_{1.4} - P_1)$
P_{max}	$P_{-1} = P_1 + 0.45 \times (P_{0.64} - P_1)$	$P_{-1} = P_1 + 0.7 \times (P_{0.64} - P_1)$
$P_1 \square$ Η τιμή εικονοστοιχείου στο step 1 mm Cu (Τιμή αναφοράς-Reference value)		
$P_{0,64} \square$ Η τιμή εικονοστοιχείου στο step 0,64 mm Cu		
$P_{1,4} \square$ Η τιμή εικονοστοιχείου στο step 1,4 mm Cu		

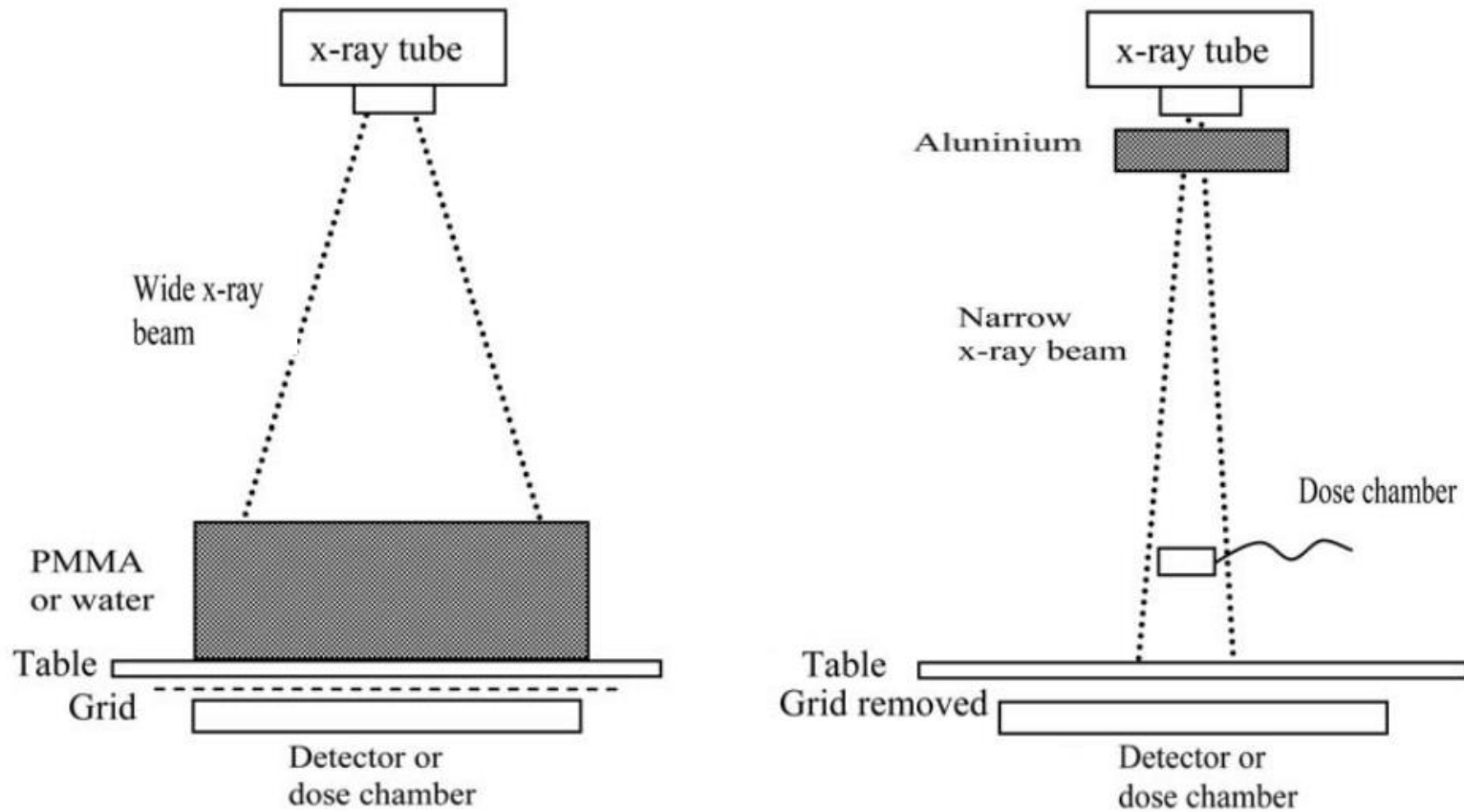
Για τον έλεγχο ρουτίνας μετράται **μόνο η μέση τιμή του εικονοστοιχείου στο step του 1mm Cu** και συγκρίνεται η τιμή αυτή με τις τιμές P_{+1}, P_{-1} που έχουν προκύψει από τον έλεγχο αναφοράς. Η τιμή της μέτρησης πρέπει να είναι μικρότερη από την τιμή P_{+1} και μεγαλύτερη από την τιμή P_{-1} .



Εικόνα 1 Αναπαράσταση του ομοιώματος αξιολόγησης εικόνας και ο σχεδιασμός των 3 περιοχών ενδιαφέροντος

Παράρτημα 4

Γεωμετρία δέσμης για τους ελέγχους αυτόματης έκθεσης AEC



Εικόνα 2 Η αριστερή εικόνα αναπαριστά τη γεωμετρία με σκέδαση όπου επιλέγεται: ευρεία δέσμη, ομοίωμα νερού ή PMMA πάνω στο τραπέζι, ύπαρξη αντιδιαχτυτικού διαφράγματος και το ο θάλαμος ιονισμού ή ο ανιχνευτής στερεάς κατάστασης τοποθετείται κάτω από το τραπέζι, πίσω το αντιδιαχτυτικό διάφραγμα στον ανιχνευτή εικόνας. Η δεξιά εικόνα αναπαριστά τη γεωμετρία χωρίς σκέδαση όπου: επιλέγεται μικρό πεδίο, αφαιρείται το αντιδιαχτυτικό διάφραγμα και το ομοίωμα αλουμινίου στην έξοδο της λυχνίας. Ο θάλαμος ιονισμού τοποθετείται είτε σε απόσταση από το τραπέζι είτε κάτω από το τραπέζι πάνω στον ανιχνευτή εικόνας. Στην περίπτωση μετρητή στερεάς κατάστασης τοποθετείται κάτω από το τραπέζι και πάνω στον ανιχνευτή εικόνας.

Πρωτόκολλα αναφοράς (Βιβλιογραφία)

1. ΕΕΑΕ. (2019). Κατευθυντήριες οδηγίες για τα πρωτόκολλα περιοδικών ελέγχων ποιότητας συστημάτων διαγνωστικής ακτινολογίας και οδοντιατρικής ακτινολογίας. Ανακτήθηκε από <https://doi.org/KA-ΕΕΑΕ-KO-112019-01>.
2. ANSM. (2016). Decision du 21 novembre 2016 fixant les modalités du contrôle de qualité de certaines installations rodiodiagnostic. Retrieved from <https://ansm.sante.fr/documents/referance/maintenance-et-contrôle-qualité-des-dispositifs-médicaux/contrôle-des-installations-de-médecine-nucléaire-radiologie-dentaire-radiodiagnostic-radiothérapie-externe-scanographie-ostéodensitométrie>.
3. DIN. (2013). DIN 6868-150 Sicherung der Bildqualität in röntgendiagnostischen Betrieben - Teil 150: Abnahmeprüfung nach RoV an medizinischen Röntgeneinrichtungen für Aufnahme und Durchleuchtung. <https://doi.org/ICS 37.040.25;11.040.50>
4. EU. (2012). Radiation Protection 162 Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy. <https://doi.org/10.2768/22561>.
5. IPEM. (1995). IPEM Report 32, Part I : Measurement of the performance characteristics of diagnostic X-ray systems used in medicine: X-ray tubes and generators (2nd ed.).
6. IPEM. (2005). IPEM Report 91 : Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems (1st ed.).
7. IPEM. (2010). IPEM Report 32, Part VII : Measurements of the Performance Characteristics of Diagnostic X-Ray Systems: Digital Imaging Systems (1st ed.).

Ιστορικό Αναθεωρήσεων Πρωτοκόλλων

Έκδοση	Ημερομηνία	Σημεία αναθεώρησης	Έγκριση από:	Υπογραφή
1η	06/2021	Αρχική έκδοση		