

Copyright

All rights reserved. Except in those cases expressly determined by law, no part of this text may be multiplied, saved in an automated data file or made public in any way whatsoever without the express prior written consent of the Belgian Association of Hospital Physicists.

Inhoud

Copyright.....	2
Belgisch Protocol voor Jaarlijkse Kwaliteitscontrole van	4
X - stralenapparatuur: Deel: Systemen voor fluoroscopie	4
1. Introductie	4
2. Definities en meetomstandigheden	6
1. Buisspanning	7
i) Nauwkeurigheid	7
ii) Reproduceerbaarheid.....	7
2. Halfwaardedikte (HWD)	8
3. Timer	9
4. Overeenkomst van nuttig beeldoppervlak en RX-veld	10
5. Orthogonaliteit tussen x-stralenbundel en beeldreceptor	10
6. Patiënten-intreedosistempo in fluoroscopie en ciné voor frequent gebruikte klinische programma's.....	11
7. Maximaal dosistempo in fluoroscopie	13
8. Intreedosistempo op de beeldreceptor	14
9. Verificatie van de dosisaanduidingen.....	15
10. Karakteristieke curve.....	16
11. Laag en hoog contrastresolutie van het systeem	17
12. Laag contrastresolutie van de beeldreceptor	18
13. Hoog contrastresolutie van de beeldreceptor	19
14. Globale evaluatie van de beeldkwaliteit.....	20
15. Globale kwaliteit van de digitale beeldreceptor (optioneel)	20
16. Beeldreceptor lag (optioneel)	21

Belgisch Protocol voor Jaarlijkse Kwaliteitscontrole van X - stralenapparatuur: Deel: Systemen voor fluoroscopie

1. Introductie

Systemen voor fluoroscopie komen niet alleen voor op de radiologie afdeling maar bv ook in het operatiekwartier. Het kunnen eenvoudige systemen zijn voor beperkte toepassingen maar ook hele complexe systemen voor bv. angiografie of hartkatheterisaties. Vooral bij de complexe interventionele procedures speelt de staat en de afregeling van het toestel een grote rol. De interventionele procedures zijn dermate gesofisticeerd of ambitieus dat ze, zeker bij zwaardere patiënten, vaak gepaard gaan met lange exposietijden en een reële kans op deterministische effecten van straling ter hoogte van de huid. Recent wordt er tevens meer aandacht gevraagd voor de ooglensdosisen omdat er meer 'detriment' wordt vastgesteld dan men totnogtoe aannam. Het verhoogt de noodzaak om de voorgeprogrammeerde procedures goed te onderzoeken. Justificatie van deze onderzoeken vereist dat niet alleen het toestel maar ook de afregeling volgens de normen is. De link tussen dosis aan patiënt en stralingsbelasting voor de operator is een extra motivatie om dit deel van onze testen ten gronde door te voeren.

Elk fluoroscopie systeem moet in zijn context geplaatst worden. Een goede interactie met het personeel op de zalen moet ervoor zorgen dat we weten hoe het systeem gebruikt wordt. De lijst van de klinisch gebruikte programma's wordt in overleg met het personeel in de zaal opgesteld.

Toestellen voor fluoroscopie kan men onderverdelen volgens functie en volgens geometrie:

- **Volgens functie**
 1. Radiografie/Fluoroscopie systemen met beweegbare tafel voor barium studies, jodium contrast studies, klassieke opnamen waarbij positionering gebeurt dmv fluoroscopie
 2. Mobiele beeldversterker of flat panel beeldreceptor met C-boog voor bv. operatiekwartier
 3. C-boog voor vasculaire diagnostische en therapeutische onderzoeken
 4. Angiografiesysteem voor cardiologische toepassingen (C-boog die soms uitgerust is met Bi-plane beeldreceptor en RX buis)
 5. Systeem voor specifieke toepassingen, zoals Lithotripsie, Urologie, etc.
- **Volgens geometrie**
 - C-boog
 - Tafel met RX-buis onder de tafel en beeldreceptor boven de tafel
 - Tafel met RX-buis boven de tafel en beeldreceptor onder de tafel

Bij verschillende systemen kan men de bundelkwaliteit of het dosisniveau ter hoogte van de beeldreceptor niet manueel instellen. Enige creativiteit is soms vereist om bepaalde testobjecten te kunnen beeldvormen met de buisspanning die in het protocol weergegeven is. De testen in onderhavig protocol mogen waar mogelijk en zinvol doorgevoerd worden in radiografie mode (bv. de nauwkeurigheid van de buisspanning). Een typische opstelling voor bv het meten van dosis of buisspanning is de laterale richting. Er zit dan geen tafel in de bundel en de aanwezige tafel kan gebruikt worden om de testobjecten vast op te stellen. .

Deze tekst is bedoeld als een tekst die standalone moet kunnen toegepast worden en die volledig is mbt tot de vergelijking van een fluoroscopie systeem met de geldende normen. Deze tekst is geen handleiding over optimalisatie van een systeem, wat nochtans een erg belangrijke taak is van een medical physics expert (MPE).

Een systeem voor fluoroscopie moet minstens voldoen aan de volgende eisen:

- Het systeem moet ofwel een beeldversterker omvatten of een digitale beeldreceptor. Directe fluoroscopie is verboden.
- Elk systeem moet een dosisaanduiding hebben, cfr het KB van 21 juli 2001
- Elke systeem moet na 5 minuten scopie een geluidssignaal geven
- Elk systeem moet een automatische controle hebben van de exposie, behoudens voor heel specifieke toepassingen.
-

Indien het fluoroscopie systeem voor interventionele radiologie of hartkatheterisatie wordt gebuikt, moeten alle systemen aangekocht na 2012 beschikken over:

- aangepaste filtratie,
- wegneembaar rooster,
- mogelijkheid tot gepulste scopie en verschillende dosisniveaus
- DSA, roadmap en Last Image Hold

Bij alle nieuwe fluoroscopiesystemen (aangekocht na 2012) moet de collimator de vorm hebben van de beeldreceptor.

Aan de fabrikanten wordt gevraagd om een 'physics mode' te voorzien, conform de voorstellen van MITA. Deze mode maakt o.a. manuele instellingen mogelijk, geeft toegang tot de ruwe ('for processing') data, stockeert alle dosisdata in een bereikbare file en voorziet de mogelijkheid om een calibratiefactor op te slaan.

De fysicus heeft verschillende meettoestellen en testobjecten nodig om de testen door te voeren. Dit omvat een dosimeter die toelaat om incident dosissen (ie. een meting die de backscatter omvat) en entrance air kerma op de beeldreceptor (ie. een meting met Cu filter) te meten. Het visualiseren van de dosispulsen als een functie van de tijd is aangewezen.

We verwelkomen alle opmerkingen die ons werkprotocol verder kunnen versterken, zodat wij actief kunnen meewerken aan 'good clinical practice' wat de technische uitvoering van RX onderzoeken betreft in de meest kritische zalen in onze ziekenhuizen.

De werkgroep radiologie van de BHPA
12 oktober 2012

Opdat commentaren op deze tekst zouden besproken worden in onze werkgroepvergaderingen, dienen ze gestuurd te worden naar prof. Hilde Bosmans, UZ Leuven, dienst radiologie, hilde.bosmans@uzleuven.be, met vermelding van 'BHPA protocol fluoroscopie'

2. Definities en meetomstandigheden

Referentie meetpunten voor dosistempo

De afstand buis – beeldreceptor moet minimaal zijn.

Het referentiepunt ligt 25 cm boven de tafel (configuratie buis boven de tafel en de buis zo dicht mogelijk bij de tafel) of op 30cm afstand van het beeldreceptor oppervlak (C-boog configuratie).

Bij een C-boog voor angiografische toepassingen of hartkatheterisatie wordt de configuratie getest die het meest frequent gebruikt wordt (meestal buis onder de tafel). Bij andere C-bogen, bv in het operatiekwartier, waar de C-boog in combinatie met verschillende tafels wordt gebruikt, wordt eventueel een opstelling gebruikt waarbij er geen tafel geplaatst wordt tussen buis en beeldreceptor. Het verslag van de metingen moet steeds de aanwezigheid of afwezigheid van de tafel in de meetopstelling vermelden.

Voor een C-boog met een bron-beeldreceptor afstand kleiner dan 45 cm wordt het dosistempo gemeten op de minimale bron-huid afstand.

Op sommige systemen bestaat er naast een fluoroscopie mode ook een grafie en ciné run mode. Alle modi die klinisch gebruikt worden moeten getest worden.

Uitleescondities in de zaal

Bestudeer de omgevingslichtcondities ter hoogte van de monitor vanwaarop de uitlezing gebeurt. Lees uit in klinische omstandigheden.

Indien de uitleescondities niet acceptabel zijn, dan wordt dat besproken met de verantwoordelijke. Een protocol over monitoren, lichtkasten en omgevingslicht zal later ontwikkeld worden.

1. **Buisspanning**

i) **Nauwkeurigheid**

1. Doel van de meting

Controleert of de gemeten buisspanning overeenkomt met de aangeduide waarde op het bedieningspaneel. Indien de buis reeds getest werd als onderdeel van de teletafel, dan wordt deze test slechts doorgevoerd voor één buisspanningswaarde. De buisspanning wordt gemeten zonder tafel tussen focus en meettoestel indien zo'n opstelling kan gerealiseerd worden.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	kV meter
<i>Meetomstandigheden</i>	De kV meter wordt opgesteld volgens de instructies van de fabrikant.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Afwijking < 10%.

3. Meetprocedure

- De kV meter wordt centraal in de bundel geplaatst. Het lichtvisier of fluoroscopie kan als hulpmiddel gebruikt worden.
- Minstens 3 buisspanningen worden ingesteld (idealiter in stappen van 10kV tussen 60kV en 120kV). Indien de kV niet manueel kan ingesteld worden, wordt die gevarieerd door meer plexiplaten en of lood of koper in het röntgenveld te plaatsen tussen dosiemter en detector.

4. Berekeningen

De procentuele afwijking moet lager zijn dan 10%:

$$\text{Afwijking}(\%) = \left| \frac{\text{Gemeten Buisspanning (kV)} - \text{Ingestelde Buisspanning (kV)}}{\text{Ingestelde Buisspanning (kV)}} \right| * 100$$

ii) **Reproduceerbaarheid**

1. Doel van de meting

Controleert of buisspanning reproduceerbaar is (mag ook getest worden in grafie mode)

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	kV meter
<i>Meetomstandigheden</i>	De kV meter wordt opgesteld volgens de instructies van de fabrikant.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Reproduceerbaarheid: Afwijking <5%.

3. Meetprocedure

- De kV meter wordt centraal in de bundel geplaatst. Het lichtvisier of fluoroscopie kan als hulpmiddel gebruikt worden.
- De buisspanning wordt ingesteld op een specifieke, klinisch veel gebruikte spanning en er worden 4 metingen doorgevoerd.

4. Berekeningen

De relatieve afwijking wordt als volgt berekend voor de 4 metingen:

$$\text{Afwijking} = \left| \frac{\text{Gemeten buisspanning (kV)} - \text{Gemiddelde buisspanning (kV)}}{\text{Gemiddelde buisspanning (kV)}} \right| * 100$$

De maximale afwijking wordt dan berekend en moet kleiner zijn dan 5%.

2. Halfwaardedikte (HWD)

1. Doel van de meting

De halfwaardedikte van de X-stralenbundel wordt bepaald (tenzij dit reeds getest werd als onderdeel van de teletafel). Alle aanwezige filters worden genoteerd en hun gebruik in frequent gebruikte programma's wordt gedocumenteerd.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter Aluminium plaatjes van 1 mm dikte met statief of gevalideerde automatische filtratiebepaling.
<i>Meetomstandigheden</i>	Maak een opstelling zodat een buisspanning zo dicht mogelijk bij 80kV bereikt wordt en met minimale filtratie (bv zonder koperfilter en indien mogelijk zonder tafel tussen de buis en de dosimeter).
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	De totale filtratie moet groter zijn dan 2.5mm Al equivalent.

3. Meetprocedure

- Maak een meetopstelling zodat u Al plaatjes kunt schuiven tussen focus en dosimeter bij vaste exposie settings.
- De kV en mA worden vast ingesteld. Er worden opeenvolgende metingen gedaan met steeds meer Al in de bundel (tussen focus en dosimeter). Indien de kV niet kan vastgezet worden, bepaalt men eerst met welke hoeveelheid Al plaatjes een buisspanning zo dicht mogelijk bij 80kV veroorzaakt wordt. In opeenvolgende metingen wordt de totale hoeveelheid Al plaatjes niet veranderd, maar verandert men wel de plaats waar ze in de bundel geplaatst worden: tussen focus en dosimeter of tussen dosimeter en beeldreceptor. De kV op de display en mA mag niet wijzigen. De Al plaatjes moeten de meetcel volledig afdekken. Er wordt een reeks metingen doorgevoerd met steeds meer Al tussen focus en dosimeter.

- De halfwaardedikte wordt berekend.
- Automatische metingen van HVL zijn toegelaten mits validatie.

4. Berekeningen

De totale filtratie moet groter zijn dan 2.5mm Al equivalent

Tabel 1. Overzicht van HVL waarden die een totale filtratie van 2.5mm Al garanderen.

Deze tabel veronderstelt een anode hoek van 14° en W-anode.

		Rimpel						
		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
kV	30	0.94						
	40	1.37						
	50	1.74						
	60	2.08	2.03	1.99	1.94	1.90	1.85	1.81
	70	2.41	2.36	2.30	2.25	2.20	2.15	2.10
	80	2.78	2.71	2.63	2.57	2.51	2.45	2.40
	90	3.17	3.09	3.00	2.92	2.84	2.77	2.71
	100	3.58						
	110	4.00						
	120	4.42						
	130	4.84						
	140	5.27						
	150	5.70						

Tabel 2. Overzicht van HVL waarden die een totale filtratie van 2.5mm Al garanderen bij een rimpel van 0% en 80kV

Anode Hoek	6°	10°	14°	18°	22°
HVL (mm Al)	3,44	3,01	2,78	2,63	2,53

3. Timer

1. Doel van de meting

De gebruiker moet verwittigd worden bij langdurige exposie van de patiënten. Er moet nagegaan worden of er een akoestisch signaal automatisch afgaat bij een gecumuleerde scopietijd van maximum 5 minuten.

2. Meetprocedure

Voldoende scopie toedienen en verifiëren of er een akoestisch signaal ontstaat.

4. Overeenkomst van nuttig beeldoppervlak en RX-veld

1. Doel van de meting

Controleert of het nuttig beeldoppervlak overeenkomt met de grootte van het röntgenveld

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Meetapparatuur om röntgenveld te meten
<i>Meetomstandigheden</i>	
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	<p>Bij vierkante collimatoren en een ronde beeldreceptor, moet het veld zodanig gecollimeerd worden dat de (primaire) collimatoren zichtbaar zijn op het beeld. De verhouding van de oppervlakte van het bestraalde veld tot de oppervlakte van het gevisualiseerde beeld is < 1.30.</p> <p>Bij systemen met cirkelvormige beeldreceptor is de verhouding van de oppervlakte van het bestraalde veld tot oppervlakte van het gevisualiseerde beeld:</p> <p>< 1.15 voor veldgrootten met binnendiameter $> 24\text{cm}$; < 1.20 voor veldgrootten met binnendiameter tussen 18 en 24cm; < 1.30 voor veldgrootten met binnendiameter $< 18\text{cm}$.</p> <p>Bij systemen met rechthoekige beeldreceptor is de verhouding van de oppervlakte van het bestraalde veld tot oppervlakte van het gevisualiseerde beeld < 1.15.</p>

3. Meetprocedure

- Voor deze test meet men de oppervlakte van het stralingsveld voor alle mogelijke uitvergrotingsmogelijkheden.
- Men bepaalt voor dezelfde opnamen de oppervlakte van het afgebeelde veld op de monitor.

4. Berekeningen:

- De afwijking moet voldoen aan de normen

5. Orthogonaliteit tussen x-stralenbundel en beeldreceptor

1. Doel van de meting

Verificatie van de bundelgeometrie: is de x-stralenbundel verticaal bij een verticale positie van de buis?

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Testobject met 2 merkpunten, op verschillende afstand van de x-stralenbuis, die bij correcte geometrie van de x-stralenbundel op mekaar worden afgebeeld.
<i>Meetomstandigheden</i>	Buis op ongeveer 1m afstand van het test object of volgens handleiding van het testobject.
<i>Normen</i>	De hoek tussen de centrale as van de x-stralenbundel en het beeldvlak moet $90^{\circ} \pm 1.5^{\circ}$ bedragen

3. Meetprocedure

De buis wordt loodrecht op het testobject geplaatst met de merkpunten in het centrum van het x-stralenveld (volgens de handleiding van het testobject).
Maak een opname volgens de handleiding van het testobject.

4. Berekeningen

Vergelijk de positie van de projecties van beide merkpunten, volgens de handleiding van het testobject, en vergelijk met de norm.

6. Patiënten-intreedosistempo in fluoroscopie en ciné voor frequent gebruikte klinische programma's

1. Doel van de meting

- Definieer en beschrijf de 5 meest gebruikte klinische programma's (in termen van naamgeving op het systeem, uitvergroting, frame rate, dosisniveau,...),
- Voor de top 5 van de meest gebruikte klinische programma's (fluoro en ciné) wordt er gecontroleerd of het dosisniveau niet te hoog is. Deze dosisniveaus worden vergeleken met dosisniveaus op andere systemen met dezelfde typische toepassingen. In het bijzonder wordt er getest voor pediatrische modes, vasculaire modes en het boostprogramma. Typische waarden zullen later bijgevoegd worden.
- Verificatie van de dosis voor verschillende pulse rate, voor verschillende dosisniveaus, voor verschillende filters en verschillende veldgrootten.
- Vergelijking met dosiswaarden bij vorige test

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter 20 cm PMMA
<i>Meetomstandigheden</i>	Dosimeter tussen buis en attenuerend materiaal
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Bij fluoroscopie is het intreedosistempo zonder uitvergroting en backscatter inbegrepen $< 30\text{mGy/min}$. Bij ciné (geen cardio) is de intreedosistempo bij de grootste veldgrootte en inclusief backscatter $< 2\text{mGy/frame}$. Voor ciné op cardio systemen is de intreedosistempo bij de grootste veldgrootte en inclusief backscatter

< 0.2mGy/frame bij 15 frames/s. De operator wordt geïnformeerd over alle programma's met patiënt-intreedosistempo's > 3mGy/s

3. Meetprocedure

- Maak opnamen van 20cm PMMA.
- Werk indien mogelijk zonder tafel in de bundel en documenteer de geometrie van de opstelling. Opeenvolgende jaarlijkse testen moeten met dezelfde opstelling gebeuren.
- Bereken de ingangsdosissen die in het referentiepunt zouden bekomen worden. Includeer de backscatter in deze dosismeting (eventueel via backscatter factoren, zie Tabel 3).
- Meet de PMMA intreedosis voor 5 frequent gebruikte klinische programma's en alle aangegeven exposie modes (pulse rate, uitvergroting, dosisniveaus, filters, veldgrootten)
- Rapporteer het dosistempo per frame en per minuut.

Tabel 3: Backscatter factoren volgens de ICRU

Table 4. Backscatter factors for water, ICRU tissue and PMMA for some spectral beams typical in diagnostic radiology and for three field sizes and FSD of 100 cm.

Tube voltage (kV)	Filter	HVL (mm Al)	Mean energy (keV)	Field: 10 × 10 cm ²			Field: 20 × 20 cm ²			Field: 25 × 25 cm ²		
				BSF water	BSF ICRU tissue	BSF PMMA	BSF water	BSF ICRU tissue	BSF PMMA	BSF water	BSF ICRU tissue	BSF PMMA
50	2.5 mm Al	1.74	32.0	1.24	1.25	1.33	1.26	1.27	1.36	1.26	1.28	1.36
60	2.5 mm Al	2.08	35.8	1.28	1.28	1.36	1.31	1.32	1.41	1.31	1.32	1.42
70	2.5 mm Al	2.41	39.3	1.30	1.31	1.39	1.34	1.36	1.45	1.35	1.36	1.46
70	3.0 mm Al	2.64	40.0	1.32	1.32	1.40	1.36	1.37	1.47	1.36	1.38	1.48
70	3.0 mm Al + 0.1 mm Cu	3.96	44.0	1.38	1.39	1.48	1.45	1.47	1.58	1.46	1.47	1.59
80	2.5 mm Al	2.78	42.9	1.32	1.33	1.41	1.37	1.39	1.48	1.38	1.39	1.50
80	3.0 mm Al	3.04	43.7	1.34	1.34	1.42	1.39	1.40	1.51	1.40	1.41	1.52
80	3.0 mm Al + 0.1 mm Cu	4.55	48.2	1.40	1.40	1.49	1.48	1.50	1.61	1.49	1.51	1.63
90	2.5 mm Al	3.17	46.3	1.34	1.34	1.43	1.40	1.41	1.51	1.41	1.42	1.53
90	3.0 mm Al	3.45	47.0	1.35	1.36	1.44	1.42	1.43	1.53	1.42	1.44	1.55
90	3.0 mm Al + 0.1 mm Cu	5.12	51.7	1.41	1.41	1.50	1.50	1.51	1.62	1.51	1.53	1.65
100	2.5 mm Al	3.24	48.1	1.34	1.34	1.42	1.40	1.41	1.51	1.41	1.42	1.53
100	3.0 mm Al	3.88	50.0	1.36	1.37	1.45	1.44	1.45	1.55	1.45	1.46	1.57
100	3.0 mm Al + 0.1 mm Cu	5.65	54.8	1.41	1.42	1.50	1.51	1.53	1.64	1.53	1.55	1.66
110	2.5 mm Al	3.59	50.8	1.35	1.35	1.43	1.42	1.43	1.53	1.43	1.44	1.55
120	3.0 mm Al	4.73	55.4	1.37	1.38	1.46	1.46	1.48	1.58	1.48	1.49	1.60
120	3.0 mm Al + 0.1 mm Cu	6.62	60.1	1.41	1.42	1.50	1.53	1.54	1.64	1.54	1.56	1.67
130	2.5 mm Al	4.32	55.6	1.36	1.36	1.44	1.44	1.45	1.55	1.45	1.47	1.57
150	2.5 mm Al	4.79	59.1	1.36	1.36	1.44	1.45	1.46	1.55	1.46	1.48	1.58
150	3.0 mm Al	6.80	64.9	1.39	1.39	1.47	1.50	1.51	1.61	1.52	1.53	1.63
150	3.0 mm Al + 0.1 mm Cu	8.50	69.2	1.40	1.41	1.48	1.53	1.54	1.64	1.55	1.57	1.67

N Petoussi-Henss, M Zankl, G Drexler, W Panzer and D Regulla. Calculation of backscatter factors for diagnostic radiology using Monte Carlo methods.

Phys. Med. Biol. 43 (1998) 2237–2250

4. Berekeningen

- Vergelijk de dosiswaarden met de norm
- Controleer de intreedosissen bij verschillende instellingen:
 - Dosismodes (laag, medium en hoog)
 - Pulse rates (bij acceptatie test)

- Filtraties (bij acceptatie test)
 - Veldgrootten
- en verifieer of de dosisniveaus logisch voorgeprogrammeerd zijn
- Rapporteer eventuele onverwachte keuzes aan exposie settings
 - Vergelijk met de meetwaarden van de vorige test en rapporteer afwijkingen van meer dan 20%

7. Maximaal dosistempo in fluoroscopie

1. Doel van de meting

Controleren of het maximum dosistempo voor fluoroscopie (niet voor ciné beeldvorming) binnen de norm is. Deze test wordt minstens doorgevoerd bij de acceptatietest van het toestel. De maximaal gemeten dosis wordt vermeld in elk verslag.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter Lood lappen, PMMA platen en eventueel ander materiaal tot de dosis maximaal is (niet verder verhoogt bij toevoegen van extra attenuerend materiaal)
<i>Meetomstandigheden</i>	Dosimeter tussen buis en attenuerend materiaal
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Bij fluoroscopie moet het dosistempo in het referentiepunt (zonder backscatter) lager zijn dan $88 \frac{mGy}{min}$ (norm gecopieerd van de FDA). Deze waarde veronderstelt geen tafel tussen buis en PMMA, maar zal ook toegepast worden bij een buis onder vaste tafel configuratie. Voor de hoge dosis optie mag deze limiet overschreden worden op voorwaarde dat steeds een manuele activatie vereist is en er een continu geluidssignaal hoorbaar is dat aangeeft dat het hoge dosis programma gebruikt wordt. Bij de hoge dosis optie mag het dosistempo niet groter zijn dan 176 mGy/min.

3. Meetprocedure

- De loodlappen, PMMA platen en eventueel extra attenuerend materiaal worden op de tafel gelegd. Indien er geen vaste tafel bij het toestel hoort, mag zonder tafel gewerkt worden. Opeenvolgende jaarlijkse testen moeten met dezelfde opstelling gebeuren.
- De hoogste dosismode wordt ingesteld (uitvergroting, (extra) hoge dosis mode, programma voor zware patient, ...)

4. Berekeningen

- Het gemeten dosistempo wordt omgerekend naar het dosistempo in het referentiepunt. Deze dosis wordt vergeleken met de norm

8. Intrededosis tempo op de beeldreceptor

1. Doel van de meting

Controleren of de intrededosis op de beeldreceptor aanvaardbaar is voor de top 5 van de meest gebruikte klinische programma's (fluoro en ciné).

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter. Cu-filters worden bevestigd aan de buis (voor attenuatie en verharden van de bundel) zodat er minimale stroostraling is ter hoogte van de beeldreceptor.
<i>Meetomstandigheden</i>	Opstelling dosimeter volgens instructies van de fabrikant. De dosimeter moet geëigend zijn voor metingen in een laag dosisregime en met Cu filter.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Dosissen moeten voldoen aan de norm, zie Tabel 4.

3. Meetprocedure

- De dosimeter wordt zo gepositioneerd dat de AEC cellen niet beïnvloed worden.
- Een plaat van 2 mm Cu wordt geplaatst op de buisuitgang.
- Voer de meting uit voor de grootste veldgrootte op de beeldreceptor.

4. Berekeningen

- Registreer de dosissen en vergelijk met onderstaande tabel

Tabel 4. Air kerma rate ter hoogte van de beeldreceptor voor verschillende applicaties (typische waarden en limieten)

Air Kerma rate op de beeldreceptor	Typische waarden (rooster uit)	Limiet RP162 (rooster uit)	Afgeleide waarden bij configuratie met rooster (preliminaire norm)
Fluoroscopie (voor positioneren, etc.)	0.2 – 0.8 μ Gy/s	< 1 μ Gy/s	< 2 μ Gy/s
Cardiale acquisities	0.1 – 0.2 μ Gy/frame	< 0.5 μ Gy/frame	< 1 μ Gy/frame
Barium acquisities, geen subtractie, onderzoeken met jodium contrast	0.4 – 0.8 μ Gy/frame		
DSA	0.8 – 2 μ Gy/frame		

9. Verificatie van de dosisaanduidingen

1. Doel van de meting

Verificatie van de dosisaanduidingen weergegeven op het systeem: DAP, dosis in het referentiepunt, DAP in de DICOM header, DAP in MPPS of op printouts, etc. Met andere woorden, verifiërende dosismetingen worden doorgevoerd voor alle dosisaanduidingen die mogelijks gebruikt worden in de praktijk van arts, beeldvormer of medisch fysicus.

Opmeten van correctiefactor tussen aangeduide en werkelijk gemeten waarde.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter en systeem om de grootte van de bestraalde oppervlakte te meten; alternatief: een aparte DAP meter die gekalibreerd werd voor intredende straling. PMMA platen
<i>Meetomstandigheden</i>	Opstelling dosimeter volgens instructies van de fabrikant. Opnames: 60 tot 100 kV met intervallen van ± 10 kV.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Elke dosisindicatie moet binnen de 20% liggen met de gemeten waarden.

3. Meetprocedure

- In de handleiding wordt de juiste betekenis van de dosisindicatie opgezocht en er wordt een overeenkomstige opstelling gemaakt.
- De verificatie van de DAP meter calibratie wordt doorgevoerd zonder de tafel in de bundel. Bij systemen met buis onder een vaste tafel, kan hiervan afgeweken worden. Dit wordt dan expliciet vermeld in het verslag. Eventueel kan een default waarde genruikt worden voor de attenuatie van de tafel.
- Maak het produkt van de gemeten dosis in een punt in de bundel en de bestraalde oppervlakte in hetzelfde punt. Dit produkt wordt vergeleken met de aanduiding op de DAP meter.
- Voor andere dosis indicaties: zie handleiding betreffende hun betekenis of definitie

4. Berekeningen

- Bereken de correctiefactor:

$$\text{Correctiefactor} = \text{gemeten dosiswaarde} / \text{aangeduide dosiswaarde}$$

- De metingen worden herhaald bij verschillende buisspanningen
- In elk geval wordt er in het rapport aangegeven onder welke omstandigheden de dosisindicaties geverifieerd werden (tafel wel of niet in de bundel)

10. **Karakteristieke curve**

1. Doel van de meting

Verifiëren of de voorgeprogrammeerde kV-mA curves voor verschillende dikten van PMMA logisch staan afgeregeld.

Deze test moet toelaten om verschillende adviezen te kunnen leveren met betrekking tot de afregeling van toestellen.

Bij acceptatie van het toestel worden alle klinische frequent gebruikte modes geverifieerd.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter DAP meter Een totale dikte van 25cm PMMA platen (minimaal 25cmx25cm, voldoende groot om de AEC te bedekken)
<i>Meetomstandigheden</i>	De PMMA platen worden in stappen van 5 cm op de tafel geplaatst. Kies een frequent gebruikt klinisch fluoroscopie programma (bij acceptatie: alle frequent gebruikte klinische programma's) en maak een relevante klinische opstelling.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Alle werkingsmodes moeten een logische keuze van bundelkwaliteit en dosisniveau hebben.

3. Meetprocedure

- De platen worden achtereenvolgens op de tafel gelegd.
- Indien er geen vaste tafel bij het toestel hoort, mag zonder tafel gewerkt worden. Opeenvolgende jaarlijkse testen moeten met dezelfde opstelling gebeuren.
- Meet de intreedosiswaarden in fluoroscopie en cinégraphie mode voor de verschillende dikten van het fantoom gaande van 10 cm tot 25 cm in stappen van 5 cm. Noteer kV, mA en ingangsdosistempo voor de verschillende dikten en programma's.

4. Berekeningen

- De combinaties kV-mA moeten logisch zijn (good clinical practice vertegenwoordigen).

11. Laag en hoog contrastresolutie van het systeem

1. Doel van de meting

Laag en hoog contrast resolutie van het gehele systeem, mibv bundelkwaliteit, strooistralen, geometrie en de meest gebruikte klinische werkingsmodus, worden geverifieerd. Deze test verifieert laag en hoog contrast aan de hand van een testobject dat laag en hoog contrast invoegsels bevat (bv TOR FG18) geïncorporeerd in materiaal dat een standaard patiënt simuleert (bv 20cm PMMA).

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Testobject met laag en hoog contrast invoegsels, 20cm PMMA voor algemene toepassingen en 5cm PMMA voor toestellen met focus - beeldreceptor afstand kleiner dan 50cm.
<i>Meetomstandigheden</i>	De meetopstelling is als volgt: buis – testobject-PMMA - beeldreceptor. De test wordt uitgevoerd met het klinisch meest gebruikte fluoroscopie en ciné programma. Opname met automatische exposie.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	<i>(De volgende limieten worden nog verder geverifieerd.)</i> Voor fluoroscopie moet de laag contrastresolutie beter zijn dan 3.9% (8 contrastobjecten in TOR FG18 fantoom) en de hoog contrast resolutie wordt genoteerd en vergeleken met de beeldreceptorresolutie (paragraaf 14) voor verdere interpretatie. Voor ciné moet de contrastresolutie beter zijn dan 2.70% (10 contrastobjecten in TOR fantoom) en de hoog contrast resolutie wordt genoteerd en vergeleken met de beeldreceptorresolutie (paragraaf 14) voor verdere interpretatie. Deze waarden veronderstellen geen tafel tussen buis en beeldreceptor, maar zullen ook toegepast worden bij een buis onder vaste tafel configuratie.

3. Meetprocedure

- Maak de volgende meetopstelling: buis – testobject - PMMA – beeldreceptor. Indien er geen vaste tafel bij het toestel hoort, mag zonder tafel gewerkt worden.
- Maak een fluoroscopie en cine reeks met de meest gebruikte klinische modus.
- Bestudeer de omgevingslichtcondities ter hoogte van de monitor vanwaarop de uitlezing gebeurt. Lees uit in klinische omstandigheden.
- Meet de laag en hoog contrast resolutie

4. Berekeningen

- Vergelijk met de normen (laag contrast)
- Vergelijk met de resultaten van de beeldreceptorresolutie voor hoog contrast.

12. **Laag contrastresolutie van de beeldreceptor**

1. Doel van de meting

Verificatie van de contrast resolutie van de beeldreceptor onder gestandaardiseerde, strooistralenvrije omstandigheden. Vergelijken van deze waarden met het systeem contrast (paragraaf 13).

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Cu filter volgens gestandaardiseerde condities in handleiding van het testobject TOR-FG18 testobject of equivalent.
<i>Meetomstandigheden</i>	De test wordt uitgevoerd in cinégrafie en scopie mode. De buisspanning moet tussen 60 en 80kV liggen volgens handleiding van het testobject. Eventueel wordt er met een ander programma gewerkt indien niet binnen dit spanningsbereik kan gewerkt worden. Het testobject wordt op de beeldreceptor gelegd; de Cu wordt aan de buis gehangen (strooistralenvrije conditie ter hoogte van de beeldreceptor). Opname met automatische exposie.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Voor fluoroscopie moet de laag contrastresolutie beter zijn dan 3.9% (8 contrastobjecten in TOR FG18 fantoom) Voor ciné moet de contrastresolutie beter zijn dan 2.70% (10 contrastobjecten in TOR fantoom) Indien de laag contrast resolutie van de beeldreceptor significant afwijkt van het systeem contrast, moet dit onderzocht worden. Deze waarden veronderstellen geen tafel tussen buis en beeldreceptor, maar zullen ook toegepast worden bij een buis onder vaste tafel configuratie.

3. Meetprocedure

- Het testobject wordt op de beeldreceptor gelegd; de Cu wordt aan de buis gehangen (strooistralenvrije conditie ter hoogte van de beeldreceptor). Er wordt bij voorkeur gewerkt zonder tafel in de bundel. Opeenvolgende jaarlijkse testen moeten met dezelfde opstelling gebeuren.
- De buisspanning moet typisch tussen 70 en 80 kV liggen, cfr. handleiding van het testobject.
- De meting wordt doorgevoerd voor de meest gebruikte fluoroscopie modes en ciné modes.
- Bestudeer de omgevingslichtcondities ter hoogte van de monitor vanwaarop de uitlezing gebeurt. Lees uit in klinische omstandigheden.

4. Berekeningen

- Vergelijk met de normen.

13. Hoog contrastresolutie van de beeldreceptor

1. Doel van de meting

Verificatie van de intrinsieke spatiale resolutie van de beeldreceptor, in een centraal punt, en in geval van twijfel ook in niet centrale delen. *Eventueel wordt er een opname gemaakt met een 'mesh' fantoom om onscherpte op te sporen.*

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	TOR-18FG of Huttner line pair TO test object.
<i>Meetomstandigheden</i>	Het testobject wordt op de beeldreceptor gelegd volgens de handleiding van het testobject. Het testpatroon wordt onder een hoek van 45° met de pixelrijen gelegd. De test wordt uitgevoerd in fluoroscopie en cinégrafie en voor de verschillende uitvergrotingen.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	In fluoroscopie mode geldt: Resolutie > 1.0 lp/mm voor > 30cm veldgrootte. Resolutie > 1.4 lp/mm voor 24-30cm veldgrootte Resolutie > 1.6 lp/mm voor 18-24cm veldgrootte Resolutie > 1.8 lp/mm < 18cm veldgrootte Resolutie > 2 lp/mm < 15cm veldgrootte Voor systemen in de interventionele cardiologie (fluoroscopie) geldt: Resolutie > 2 lp/mm > 23cm veldgrootte Resolutie > 2.5 lp/mm voor 15cm veldgrootte Optioneel: Resolutie > 3.1 lp/mm voor 11cm veldgrootte Bij falen, nakijken of het falen te wijten is aan het Nyquist criteria. (professional judgement) en desgevallend een alternatieve test doorvoeren. Opnamen met het mesh fantoom mogen geen significante afwijkingen tonen.

3. Meetprocedure

- Het testobject wordt op de beeldreceptor gelegd; eventueel moet Cu aan de buis gehangen worden (tot het beeld uitleesbaar is). Indien er geen vaste tafel bij het toestel hoort, mag zonder tafel gewerkt worden. Opeenvolgende jaarlijkse testen moeten met dezelfde opstelling gebeuren.
- Positioneer het testobject zoals voorgeschreven in de handleiding. Maak opnames met de verschillende vergrotingsmodi en noteer het aantal zichtbare lijnpaaren.
- Bestudeer de omgevingslichtcondities ter hoogte van de monitor vanwaarop de uitlezing gebeurt. Lees uit in klinische omstandigheden. Bepaal de spatiale resolutie.
- Maak opnamen met het mesh fantoom.

4. Berekeningen

- vergelijk met de spatiale resolutie met de norm.
- evalueer de opname met het mesh fantoom.

14. Globale evaluatie van de beeldkwaliteit

1. Doel van de meting

Globale inspectie van de beeldkwaliteit: artefacten, distortie, nietuniformiteiten (ghost), etc.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Homogene platen; testobject voor distortie evaluatie.
<i>Meetomstandigheden</i>	Positioneer het testobject volgens de handleiding. Maak een opname met een klinisch veel gebruikt programma
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Visuele inspectie

3. Meetprocedure

- Positioneer het testobject zoals voorgeschreven in de handleiding. Maak opnames met een klinisch veel gebruikt programma en doe een visuele inspectie.
- Interpreteer en rapporteer de ernst van geobserveerde artefacten

15. Globale kwaliteit van de digitale beeldreceptor (optioneel)

1. Doel van de meting

Verifiëren van de globale kwaliteit van de digitale beeldreceptor: beeldreceptor response, MTF en noise power.

De fabrikanten worden aangespoord om ruwe ('for processing') data ter beschikking te stellen of de physics mode (zoals gedefinieerd door MITA) te implementeren.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Homogene platen en edge test object
<i>Meetomstandigheden</i>	Maak een opstelling zo conform mogelijk aan de IEC norm maar aangepast aan de klinische situatie (niet invasieve test) Toegang tot 'for processing' (ruwe) beelden nodig
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Registratie van de parameters en opvolging in de tijd

3. Meetprocedure

- Maak opnamen in manuele mode met vaste kV en oplopende mAs. Bereken de pixel waarde en de ruis in een centrale ROI. Bepaal de pixel value offset en verifieer de lineariteit van de beeldreceptor
- Maak een opname met een edge test object (voor MTF berekening) en de overeenkomstige opname met een homogene plaat voor noise power.

4. Berekeningen

- Berekeningen worden doorgevoerd volgens IEC norm en waar voorhanden worden de IEC limieten toegepast;

16. Beeldreceptor lag (optioneel)

1. Doel van de meting

Quantificatie van beeldreceptor lag, en van ghosting indien relevant

Lag = overdracht van signaal van een vorig beeld in het huidige beeld.

Ghosting = vermindering van de sensitiviteit van de beeldreceptor door alle vorige opnamen.

De fabrikanten worden aangespoord om ruwe ('for processing') data ter beschikking te stellen of de MITA teksten te implementeren.

De test moet doorgevoerd worden bij vermoeden van problemen.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Loden testobject om de X-stralenbundel volledig te stoppen en een dun test object
<i>Meetomstandigheden</i>	Toegang tot 'for processing' (ruwe) beelden nodig
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Registratie van de parameters en opvolging in de tijd

3. Meetprocedure

- Selecteer een programma met zeer lage frame rate.
- Maak een fluoroscopie reeks van het dun testobject met slechts één puls door afblokken van de andere pulsen met loden test object.
- Meet het signaal in de reeks beelden op steeds dezelfde plaats. Vergelijk het signaal in de beelden 2 en hoger met het signaal in het eerste beeld.

4. Berekeningen

- Bereken:

$$L_n = \left(\frac{I_n - B}{I_0 - B} \right) * 100$$

met L_n gedefinieerd als de 'lag' in het n-de beeld, I_n de pixelwaarde in het n-de beeld, I_0 de pixelwaarde in het eerste beeld.

- Vergelijk met basiswaarden of data van soortgelijke toestellen