

Belgisch protocol voor de jaarlijkse kwaliteitscontrole van X-stralen apparatuur

Het KB van 20 juli 2001 voorziet dat alle x-stralentoestellen die in gebruik zijn voor medische toepassingen jaarlijks een kwaliteitscontroletest moeten ondergaan. In eerste instantie wordt daarbij aangegeven dat het “RP91 document”, *i.e.* “*The Criteria for Acceptability of Radiological (including radiotherapy) and nuclear Medicine Installations*”, moet gevolgd worden. De wetgever kan echter (betere) alternatieven voorstellen.

De uitvoering van de testen en het opstellen van de verslagen van de verschillende toestellen wordt toevertrouwd aan medische stralingsfysici met erkenning voor de radiologie. Deze fysici kunnen direct tewerkgesteld zijn als medische fysicus in de ziekenhuizen, ze kunnen op vraag van ziekenhuizen deze testen ook in andere diensten doorvoeren of werken in een controle organisme voor verschillende centra. Servicetechniekers hoeven dit protocol niet te volgen bij hun testen. De basisidee is eerder dat de erkende stralingsfysicus onafhankelijk van de fabrikant deze testen doorvoert. De stralingsfysicus maakt jaarverslagen op omtrent de toestellen die hem werden toegewezen.

Verschillende medische fysici hebben dan ook het RP91 protocol gehanteerd bij de uitbouw van de taken van medische fysica in de Belgische ziekenhuizen. Al gauw bleek het noodzakelijk om deze tekst te verduidelijken of aan te vullen:

- In het document worden soms geen testmethoden of criteria aangegeven voor cruciale onderdelen van (nieuwe) apparatuur.
- Er is slechts een beperkte aandacht voor beeldkwaliteitsevaluatie in het RP91 protocol.
- Het risico was reëel dat het RP91 protocol door verschillende groepen erg verschillend ging geïnterpreteerd worden met belangrijke financiële en kwalitatieve gevolgen.
- Ondertussen heeft het FANC in het “vademecum voor de radiologie” ook gespecificeerd hoe de patiëntendosimetrie moet gebeuren in België maar de concrete uitwerking van een aantal metingen wordt nog aan de fysici ter plaatse overgelaten. Deze patiëntendosimetrieacties die door fysici moeten gecoördineerd worden vereisen ook een aantal (jaarlijkse) technische metingen die complementair zijn aan de testen beschreven in het RP91 protocol maar die bij de jaarlijkse test horen.
- Tot voor een paar jaren was de ervaring in België erg beperkt en bleek het nuttig om te starten van een gemeenschappelijke basis

Om al deze redenen werd er beslist om het RP91 protocol in de werkgroep radiologie van de BVZF te bespreken en de uit te voeren testen ter gelegenheid van een jaarlijkse controle expliciet te beschrijven. In onze hoedanigheid van erkend deskundige in de stralingsfysica zullen we daarom (nadat het FANC deze tekst ook daadwerkelijk bekrachtigd heeft) minimaal de onderhavige testen doorvoeren op de x-stralentoestellen die we controleren. De wetgever eist dan dat een RX toestel vandaag minstens voldoet aan de eisen gesteld in het protocol voor de jaarlijkse test. We raden de gebruikers aan om bij de aankoop van een toestel of bij het aangaan van een service contract minstens te eisen dat het toestel voldoet aan de normen in dit protocol.




Na een testperiode moet deze tekst noodzakelijkerwijze geëvalueerd worden en kan men verifiëren of hij de tekorten van het RP91 protocol opvangt.

Het protocol dat beschreven wordt in dit document wil een leidraad zijn voor de jaarlijkse testen die een erkend medisch fysicus uitvoert om te verifiëren of een systeem voldoet aan minimale kwaliteitseisen. Een indienststellingstest omvat de testen vervat in dit document maar kan nog een stap verder gaan. In principe test men bij een indienststelling ook of de verantwoordelijke van de röntgenzaal een toestel heeft gekregen dat technisch overeenkomt met wat hij heeft besteld en/of voldoet aan de specificaties van de fabrikant.

De beschreven testen vereisen enkel “normale” werkingsmodes van de toestellen. Het is in geen geval nodig om invasieve testen uit te voeren. Normaal gesproken zouden deze testen de goede werking van de toestellen achteraf niet mogen verstoren. De testen gebeuren onder de verantwoordelijkheid van de exploitant. De fysicus moet op een veilige wijze kunnen werken met het toestel.

De parameters die getest worden in het kader van de jaarlijkse testen worden doorgevoerd voor zover ze zinvol zijn in de radiologische praktijk. Voorbeelden van testen die kunnen ingekort worden zijn het effect van tijdsinstelling en mA op het buisrendement, indien men niet met de 2- of 3-puntsmethode werkt.

Defecten niet opgevangen door deze testen maar met manifest effect op de dosis of veiligheid van patiënt of operator kunnen ook aanleiding geven tot afkeuren van een toestel.

In dit document voorzien we sommige testen van  of  aanduidingen. Een verboden stil te staan symbool bij een limietwaarde wijst op de noodzaak van een dringende interventie door de eigenaar van het toestel (binnen de maand na ontvangst van het verslag). Een afwijking die blijft bestaan wordt gerapporteerd aan het FANC die het toestel buiten dienst kan stellen. Gewoonlijk worden de noodzakelijke aanpassingen doorgevoerd door de servicetechniekers. De fysicus voert dan een nieuwe test uit ter verificatie. Bij een verboden te parkeren teken wordt de gebruiker verondersteld om z'n toestel te laten bijregelen uiterlijk tegen de volgende jaarlijkse test. Het verslag van de interventies moet worden teruggekoppeld naar de fysicus zodat die steeds een correct zicht heeft op de status van de toestellen. Bij sommige testen kunnen we vandaag de ernst van afwijkingen nog niet inschatten. Indien een test niet voorzien is van een symbool, wordt een  verondersteld.

Het is aan te bevelen om bij elke jaarlijkse test van een X-stralentoestel een waveform van dosis en buisspanning in functie van de tijd bij een typische klinische exposie te registreren. Het is een heel informatieve meting.

Het document dat hier voorligt is nog niet klaar en zal eigenlijk nooit helemaal af zijn omdat de technische evoluties in de radiologie nog steeds doorgaan. Het zal op termijn de volgende hoofdstukken bevatten: algemene x-stralenapparatuur, conventionele en digitale detectors, beeldversterker systemen, conventionele mammografie en digitale mammografie, CT, intra orale en panoramische systemen voor tandradiografie, cone beam CT, botdensitometers en tomografie toestellen Er zal stap voor stap aan verder gewerkt worden.

Alle suggesties zijn welkom en kunnen binnen de werkgroep besproken worden. De constructieve sfeer in de werkgroep waarborgt dat de tekst het beste gemiddelde beschrijft van de wijze waarop de testen vandaag gebeuren of idealiter dienen te gebeuren.

H. Bosmans en alle leden van de werkgroep
Februari 2008

1	Klassieke toestellen voor radiografie.....	5
1.1	Buisspanning.....	5
1.1.1	Nauwkeurigheid.....	5
1.1.2	Variatie met de buisstroom.....	5
1.1.3	Reproduceerbaarheid.....	6
1.2	Filtratie van de x-stralenbundel (Halfwaardelaag (HVL)).....	7
1.3	Opnametijd.....	8
1.3.1	Nauwkeurigheid van de tijdsinstelling.....	8
1.3.2	Reproduceerbaarheid.....	9
1.4	Buisrendement.....	10
1.4.1	Grootte.....	10
1.4.2	Korte termijn reproduceerbaarheid.....	11
1.4.3	Registratie van evolutie van het buisrendement.....	12
1.4.4	Variatie van het buisrendement ($\mu\text{Gy/mAs}$).....	12
1.4.5	Variatie van het buisrendement ($\mu\text{Gy/mA}$).....	13
1.4.6	Registratie van de dosis ($\mu\text{Gy/mAs}$ of $\mu\text{Gy/mA}$) als functie van de kV.....	13
1.5	Uitlijning.....	15
1.5.1	Uitlijning van licht- en stralingsvelden.....	15
1.5.2	Orthogonaliteit tussen x-stralenbundel en beeldreceptor.....	16
1.5.3	Automatische collimatie bij buckytafels.....	17
1.6	Dosis en beeldkwaliteit (performantie).....	18
1.7	Verificatie van de kalibratie van de dose area product (DAP) meter.....	20
1.8	De automatische exposie cel (AEC).....	22
1.9	Rooster.....	25
2	Appendix 1: lineaire exposie indicatie (LEI) bij digitale detectoren.....	26

1 Klassieke toestellen voor radiografie


1.1 **Buisspanning**

1.1.1 **Nauwkeurigheid**

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt nagegaan of de gemeten piekspanning overeenkomt met de ingestelde waarde.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	kV-meter
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding kV-meter. De detector wordt in het centrum van het beeldvlak geplaatst. De test wordt apart doorgevoerd voor alle focussen.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i> 	De maximale afwijking tussen de ingestelde waarde en de gemeten waarde moet kleiner zijn dan 10%.

3. Meetprocedure

De buisspanning wordt gemeten en genoteerd voor ingestelde waarden tussen 50 en 120kV, met intervallen van ongeveer 10kV, en zo dat de praktisch gebruikte klinische kV settings zeker ook omvat worden. Indien mogelijk wordt er gewerkt bij een vaste mAs-waarde die aangepast is aan de gebruikte kV-meter.

4. Berekeningen

De afwijking tussen de ingestelde buisspanning (kV) en de gemeten buisspanning (kV) wordt voor alle geteste buisspanningen als volgt berekend:

$$\text{Afwijking (kV)} = |\text{GemetenBuisspanning (kV)} - \text{IngesteldeBuisspanning (kV)}$$

De maximale afwijking moet kleiner zijn dan 5kV.

De procentuele afwijking moet lager zijn dan 10%:

$$\text{Afwijking(\%)} = \left| \frac{\text{GemetenBuisspanning (kV)} - \text{IngesteldeBuisspanning (kV)}}{\text{IngesteldeBuisspanning (kV)}} \right| * 100$$

1.1.2 **Variatie met de buisstroom**

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt de variatie van de gemeten buisspanning voor verschillende anodestromen (mA) gemeten.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	kV-meter
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding kV-meter. De detector wordt in het centrum van het beeldvlak geplaatst. De test wordt herhaald voor alle focussen.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	De variatie tussen de ingestelde waarden en de gemeten waarden moet kleiner zijn dan 10%.

3. Meetprocedure

- Er wordt gewerkt bij 80kV en 100ms of een andere relevante, klinisch gebruikte waarde indien 100ms niet kan ingesteld worden.

De buisspanning wordt gemeten en genoteerd voor ingestelde waarden tussen 100mA en 400mA, of andere waarden indien klinisch in een ander gebied gewerkt wordt. Er worden in elk geval vier stappen binnen de mogelijkheden van het toestel gekozen.

4. Berekeningen

De variatie (%) wordt berekend voor alle ingestelde buisstromen als volgt:

$$\text{Variatie} = \left| \frac{\text{max. buisspanning (kV)} - \text{min. buisspanning (kV)}}{\text{Gemiddelde gemeten buisspanning (kV)}} \right| * 100$$

De variatie wordt berekend en moet kleiner zijn dan 10%.

1.1.3 **Reproduceerbaarheid**

1. Doel van de meting

Er wordt nagegaan of bij een bepaalde ingestelde waarde voor de buisspanning ook telkens dezelfde buisspanning wordt geleverd.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	kV-meter
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding kV-meter. De detector wordt in het centrum van het beeldvlak geplaatst. Deze test wordt doorgevoerd bij alle focussen.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Bij herhaalde metingen moet de afwijking in de buisspanning kleiner zijn dan 5%.

3. Meetprocedure

Er wordt gewerkt bij 80kV en 10mAs of een andere relevante, klinisch gebruikte instelling (kV en mAs). Er worden minimaal 4 exposies gemaakt.

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%.

1.2 Filtratie van de x-stralenbundel (Halfwaardelaag (HVL))

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt het x-stralenspectrum geëvalueerd. De halfwaardelaag, uitgedrukt in mm Al, is gedefinieerd als de dikte van een Al-filter nodig om de dosis van de x-stralenbundel (in nauwe bundelgeometrie) tot de helft te reduceren.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter, een aantal Al-plaatjes met een totale dikte die ongeveer gelijk is aan de HVL van het toestel in kwestie. Eventueel wordt een door een dosimeter berekende HVL waarde gebruikt.
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding dosimeter. De bundel wordt gecollimeerd ter grootte van de meetcel van de dosimeter.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>  	De totale filtratie moet groter zijn dan 2.5mm Al equivalent. Dringende interventie is vereist indien filtratie bij 80kV lager is dan 2mm Al.

3. Meetprocedure

Indien verschillende filtraties kunnen gekozen worden, kiest men de combinatie met de laagst mogelijke totale hoeveelheid aan filters.

- Er wordt gewerkt bij een reële buisspanning van 80kV en 10mAs of een andere relevante, klinisch gebruikte waarde (waarbij de geleverde dosis onder de aluminiumplaatjes boven de detectielimiet ligt van de dosimeter).
- Er wordt eerst een dosismeting verricht zonder aluminium.
- Dan worden de aluminiumplaatjes, in stappen van 1mm, halfweg tussen de focus en de bucky geplaatst en de dosis wordt geregistreerd. Men herhaalt dit tot de dosimeter een halvering van de initiële dosis toont. Een rechtstreekse berekening van de HVL door een specifiek daarvoor ontworpen dosimeter is toegelaten mits validatie van de bekomen waarden voor minstens 10 systemen van eenzelfde type (dus apart voor toestellen voor algemene radiologie, intra orale tandradiografie, ...).

4. Berekeningen

Totale filtratie en HVL zijn gekoppeld. In de onderstaande tabel vindt men voor verschillende soorten buizen en x-stralenkwaliteiten de HVL's die een filtratie van 2.5mm Al garanderen (referentie: IPEM report 78). De rimpel, R, wordt gedefinieerd als:

$$R = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max}}$$

Indien de rimpel niet kan berekend worden, wordt een rimpel van 0% verondersteld.

Er is geen limiterende bovengrens voor de HVL.

De HVL (mm) wordt berekend als volgt:

$$HVL = \frac{x_1 \cdot \ln(2 \cdot D_2 / D_0) - x_2 \cdot \ln(2 \cdot D_1 / D_0)}{\ln(D_2 / D_1)}$$

waarbij D_0 : dosis bij 0 mm Al
 D_1 : dosis bij x_1 mm Al filtering zodat D_1 net boven $D_0/2$
 D_2 : dosis bij x_2 mm Al filtering zodat D_2 net onder $D_0/2$

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%
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

1.3 Opnametijd

1.3.1 Nauwkeurigheid van de tijdsinstelling

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt de nauwkeurigheid van de tijdsinstelling nagegaan.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Exposietijdmeter
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding exposietijdmeter, in het centrum van het beeldvlak.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	De volgende afwijkingen worden aanvaard: Ingestelde tijd < 20ms, afwijking 20%; 20ms < Ingestelde tijd < 50ms, afwijking 10%; Ingestelde tijd > 50ms, afwijking 5% Bij ingestelde tijd > 100ms, moet de afwijking kleiner zijn dan 10%

3. Meetprocedure

- Er wordt gewerkt bij 80kV of een andere klinisch relevante setting.
- De tijd wordt gemeten en genoteerd voor 6 ingestelde tijden verdeeld tussen 5ms en 250ms. De ingestelde tijden zijn niet langer dan wat klinisch gebruikt wordt.

4. Berekeningen

De afwijking (%) tussen de ingestelde tijd en de gemeten tijd wordt berekend als:

$$\text{Afwijking} = \left| \frac{\text{Gemeten tijd (ms)} - \text{Ingestelde tijd (ms)}}{\text{Ingestelde tijd (ms)}} \right| * 100$$

1.3.2 Reproduceerbaarheid

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt de reproduceerbaarheid van de exposietijd nagegaan.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Exposietijdmeter
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding exposietijdmeter, met de detector in het centrum van het beeldvlak.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	De maximale afwijking moet kleiner zijn dan 10%. Deze norm wordt nog verder geëvalueerd.

3. Meetprocedure

- Er wordt gewerkt bij 80kV of een andere relevante klinisch gebruikte instelling.
- Er worden minimaal 4 exposies gemaakt met identieke instellingen. Er wordt typisch bij 10mAs gewerkt.

4. Berekeningen

Voor elke tijdsmeting wordt de afwijking als volgt berekend:

$$\text{Afwijking} = \left| \frac{\text{Gemeten tijd (s)} - \text{Gemiddelde(gemeten)tijd (s)}}{\text{Gemiddelde tijd (s)}} \right| * 100$$

De maximale afwijking moet kleiner zijn dan 10%.

1.4 Buisrendement

De volgende testen van het buisrendement gebeuren bij alle klinisch gebruikte focussen: 1.4.1, 1.4.3 en 1.4.4.

1.4.1 Grootte

1. Doel van de meting

Het buisrendement drukt uit hoeveel X-stralendosis het systeem genereert op 1m afstand van de focus per ingestelde mAs-eenheid. Er wordt nagegaan of het buisrendement voldoende hoog is (om korte opnametijden te kunnen garanderen).

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter, afstandsmeter
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding dosimeter. De dosimeter wordt in het centrum van het stralingsveld geplaatst.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	Het buisrendement op 1m afstand van de focus moet groter zijn dan de limietwaarden in de tabel.

3. Meetprocedure

- Indien verschillende filtraties kunnen gekozen worden, kiest men de combinatie met de laagst mogelijke totale hoeveelheid aan filters.
- De afstand tussen focus en dosimeter wordt gemeten
- Er wordt gewerkt bij 80kV en 10mAs of een andere relevante, klinisch gebruikte mAs indien 10mAs niet kan ingesteld worden. Indien 80kV niet kan bereikt worden, werkt men met een kV zo dicht mogelijk bij 80kV omdat in verschillende protocollen 80kV als referentie wordt beschouwd.
- De exacte configuratie, expositiesettings en de gebruikte dosimeters worden genoteerd, en bij opeenvolgende metingen, bv. in de tijd (zie paragraaf 1.4.3), strikt gerespecteerd.

4. Berekeningen

Het buisrendement op 1m afstand van de buis wordt als volgt berekend:

$$\text{Rendement} = \text{Dosis} * \frac{D_1^2}{D_0^2} * \frac{1}{\text{mAs}}$$

Met

Dosis, de gemeten dosis op afstand D_1 van de focus, D_0 de afstand van 1m en *mAs* de mAs waarde waarbij de opname werd gemaakt.

Het buisrendement moet minimaal voldoen aan de limietwaarden in onderstaande tabel:

Tabel 3. Minimaal Buisrendement ($\mu\text{Gy}/\text{mAs}$) op 1m afstand van de focus

kV \ filtratie	2.5mm Al	5mm Al ¹
50	10	4
60	15	7
70	20	10
80	25	13
90	30	17

1.4.2 Korte termijn reproduceerbaarheid

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt de reproduceerbaarheid van het buisrendement nagegaan. Er wordt getest of bij eenzelfde ingestelde waarde voor de buisspanning en mAs ook telkens hetzelfde rendement wordt geleverd.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter, afstandsmeter
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding dosimeter, in het centrum van het beeldvlak.
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	De korte termijn reproduceerbaarheid moet beter zijn dan 10%.

3. Meetprocedure

- Herhaal de metingen van buisrendement grootte minstens 4 keer.
- Indien het toestel zowel met één druk op de knop, voorverwarming en exposie doet, alsook in 2 fazen (eerst voorverwarmen dan exposieknop indrukken), dan worden beide modes getest indien beide modes klinisch gebruikt worden.

4. Berekeningen

Bereken de buisrendementen op 1m afstand van de focus.

De afwijking wordt berekend voor de 4 metingen als volgt:

$$\text{Afwijking} = \left| \frac{\text{Gemeten buisrendement } \left(\frac{\mu\text{Gy}}{\text{mAs}}\right) - \text{Gemiddelde buisrendement } \left(\frac{\mu\text{Gy}}{\text{mAs}}\right)}{\text{Gemiddelde buisrendement } \left(\frac{\mu\text{Gy}}{\text{mAs}}\right)} \right| * 100$$

De maximale afwijking wordt dan berekend en moet kleiner zijn dan 10%. Bij falen wordt nagegaan of dit zowel optreedt bij de werkingsmethode met één druk op de knop als ook bij de 2 fazen aanpak.

¹ IPEM Report 78, Spectrum Processor

1.4.3 Registratie van evolutie van het buisrendement

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt het buisrendement vergeleken met het buisrendement bij acceptatie van het systeem of bij de eerste kwaliteitscontrole meting die door de medisch fysicus van een bepaald team werd doorgevoerd op het systeem. Deze “eerste” meting wordt gedefinieerd als “basiswaarde”. Er wordt getest of bij eenzelfde ingestelde waarde voor buisspanning en mAs ook telkens ongeveer hetzelfde buisrendement wordt geleverd.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter, afstandsmeter
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding dosimeter
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	We leggen nu nog geen norm vast.

3. Meetprocedure

- Noteer welke dosimeter er gebruikt wordt bij deze test en pas de nodige calibratiefactoren toe om de meetfout minimaal te hebben.
- Het gemiddeld buisrendement berekend uit de metingen van de korte termijn reproduceerbaarheid wordt gebruikt.
- Het buisrendement zoals gemeten bij de acceptatie van het toestel of na de laatste vervanging van de buis (de “basiswaarde”) wordt opgezocht.
- Het gemiddeld buisrendement van deze meting wordt vergeleken met de basiswaarde.

4. Berekeningen

De afwijking tussen het gemiddelde buisrendement en de basiswaarde wordt als volgt berekend:

$$\text{Afwijking} = \left| \frac{\text{Gemiddeld buisrendement} \left(\frac{\mu\text{Gy}}{\text{mAs}} \right) - \text{Basiswaarde} \left(\frac{\mu\text{Gy}}{\text{mAs}} \right)}{\text{Basiswaarde} \left(\frac{\mu\text{Gy}}{\text{mAs}} \right)} \right| * 100$$

Er zijn nog geen limiterende waarden vastgelegd.

1.4.4 Variatie van het buisrendement ($\mu\text{Gy}/\text{mAs}$)

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt de variatie van het buisrendement met de mAs nagegaan.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding dosimeter, in het centrum van het beeldvlak
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	De variatie moet minder zijn dan 20 %.

Norm	
------	--

3. Meetprocedure

- Er wordt gewerkt bij 80kV en voor het totale klinische bereik (voorbeeld: 2mAs, 5mAs, 10mAs, 20mAs, 40mAs en 80mAs).
- De variatie van het buisrendement, uitgedrukt in $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$, wordt berekend.

4. Berekeningen

$$\text{Variatie} = \left| \frac{\text{max. buisrendement} - \text{min. buisrendement}}{\text{Gemiddelde buisrendement}} \right| * 100$$

De variatie moet minder zijn dan 20%

1.4.5 Variatie van het buisrendement ($\mu\text{Gy}/\text{mA}$)

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt de variatie van het buisrendement met de mA nagegaan.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

Nodige apparatuur	Dosimeter
Meetomstandigheden	Volgens handleiding dosimeter
Aanvaardbaarheids-Norm	De variatie moet minder zijn dan 15%.

3. Meetprocedure

- De dosimeter wordt geplaatst met de detector in het centrum van het beeldvlak. Als hulpmiddel kan het lichtvizier gebruikt worden.
- Er wordt gewerkt bij 80kV en verschillende mogelijke mA-instellingen (minstens 4 settings in het klinisch bereik, bv. 100mA, 200mA, 300mA en 400mA). Typische tijdsinstelling: 100ms.
- De variatie van het buisrendement, uitgedrukt in $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$, wordt berekend.

4. Berekeningen

De variatie (%) wordt berekend voor alle ingestelde buisstromen als volgt:

$$\text{Variatie} = \left| \frac{\text{max. buisrendement} - \text{min. buisrendement}}{\text{Gemiddelde buisrendement}} \right| * 100$$

De variatie wordt berekend en vergeleken met de norm.

1.4.6 Registratie van de dosis ($\mu\text{Gy}/\text{mAs}$ of $\mu\text{Gy}/\text{mA}$) als functie van de kV

1. Doel van de meting

Buisrendementsmetingen in functie van kV moeten toelaten om patiëntendosisen af te schatten indien enkel technische parameters (zoals kV en mAs) beschikbaar zijn. Het buisrendement wordt berekend voor een positie op 1m afstand van de focus.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Dosimeter
<i>Meetomstandigheden</i>	Volgens handleiding dosimeter
<i>Aanvaardbaarheids-Norm</i>	De evolutie van het buisrendement als functie van de kV moet een monotoon stijgende functie zijn.

3. Meetprocedure

- De dosimeter wordt geplaatst met de detector in het centrum van het beeldvlak. Als hulpmiddel kan het lichtvizier gebruikt worden.
- De dosissen worden gemeten bij vaste mAs (resp. mA) voor kV's tussen 50kV en 120kV, in stappen van 10kV, indien die klinisch worden gebruikt op het toestel. Het buisrendement ($\mu\text{Gy/mAs}$, resp. $\mu\text{Gy/mA}$) wordt berekend op 1m afstand van de buis.

4. Berekeningen

Dit buisrendement wordt geregistreerd. Het buisrendement als functie van de kV moet een monotoon stijgende functie zijn.

1.5 Uitlijning

1.5.1 Uitlijning van licht- en stralingsvelden

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt geverifieerd:


of de kruisdraad in het centrum van het lichtveld ligt;

of stralingsveld en lichtveld overeenkomen;

of centrum lichtveld en centrum stralingsveld overeenkomen.

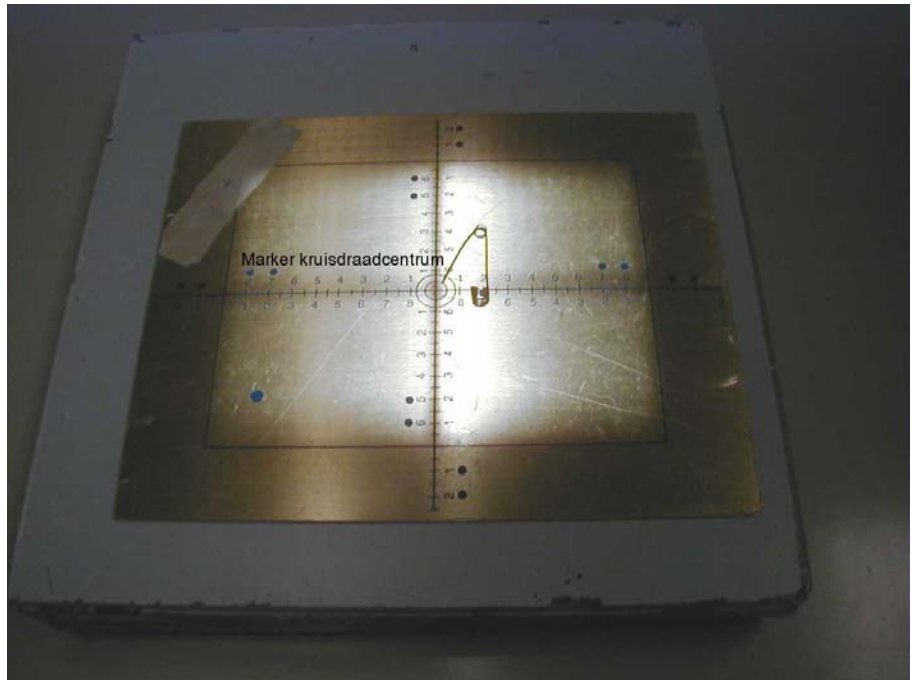
Toestellen waarbij niet kan gecollimeerd worden, zijn niet toegelaten. We passen deze normen niet toe op toestellen met niet vlakke detectoren.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Een cassette, CR plaat of digitale detector; Een testobject met een aanduiding voor afbakening van het lichtveld en met meetlat voor kwantificeren van afwijkingen, een centerpunt en een object om de positie van het kruisdradencentrum aan te duiden; Eventueel een automatisch meetinstrument voor de meting van de grootte van het stralingsveld.
<i>Meetomstandigheden</i>	Buis op ongeveer 1m afstand van het test object. X-stralenbundel loodrecht op het testobject.
<i>Normen</i> 	1. Afwijking tussen de kruisdraden van het lichtveld en het centrum van het lichtveld mag niet groter zijn dan 1% van de afstand focus – testobject 2. De afwijking tussen het lichtveld en het röntgenveld mag aan elk van de zijden van het röntgenveld niet meer dan 1% bedragen van de afstand tussen de focus en het centrum van testobject 3. Afwijking tussen het centrum van het stralingsveld en het centrum van het lichtveld mag niet groter zijn dan 1% van de afstand focus – testobject

3. Meetprocedure

- De buis wordt loodrecht op het testobject geplaatst.
- Het lichtveld wordt gecollimeerd op de aanduiding op het testobject.
- Het object voor aanduiding van centrum van de kruisdraden wordt op het testobject gelegd.
- Er wordt een opname gemaakt van het testobject.



4. Berekeningen

1. Het centrum van het lichtveld en de markering van de kruisdraden wordt vergeleken. De afwijking tussen dit centrum en de aanduiding van de kruisdraden wordt bepaald.
2. De absolute waarden van de afwijkingen tussen lichtveld en stralingsveld worden bepaald in de beide hoofdrichtingen (voor de 4 zijden van het stralingsveld, links/rechts, voor/achter) en vergeleken met de norm.
3. Het centrum van het x-stralingsveld wordt bepaald in de verkregen opname (bv door tekenen van de diagonalen in het beeld). De afwijking tussen dit centrum en het centrum van het lichtveld wordt bepaald.

1.5.2 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. Bereken de hoek tussen de centrale straal van het x-stralenveld en het beeldvlak (bv. volgens de handleiding van het testobject) en vergelijk met de norm.


1.5.3 Automatische collimatie bij buckytafels

1. Doel van de meting

Bij deze test wordt:

1. de maximale grootte van het stralingsveld ter hoogte van de beeldreceptor nagegaan.
2. de afwijking tussen het centrum van het lichtveld en het centrum van de beeldreceptor nagegaan
3. de afwijking tussen het centrum van het stralingsveld en het centrum van de beeldreceptor nagegaan

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Een beeldreceptor met testobject (bv. een x-stralen meetlat) die minstens de grootte van de te testen beeldreceptor overtreft. Een testobject om het midden van het lichtveld aan te duiden.
<i>Meetomstandigheden</i>	De beeldreceptor met testobjecten worden op de beeldreceptor gelegd
<i>Aanvaardbaarheidsnorm</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aan elke rand van het x-stralenveld moet de afstand tussen het x-stralenveld en de rand van de beeldreceptor kleiner zijn dan 2% van de afstand focus -beeldreceptor in de bucky. 3. Afwijking tussen het centrum van het lichtveld of de kruisdraden en het centrum van de beeldreceptor in de bucky mag niet groter zijn dan 1% van de afstand focus – testobject. 4. Afwijking tussen het centrum van het x-stralenveld en het centrum van de beeldreceptor in de bucky mag niet groter zijn dan 2% van de afstand focus – testobject

3. Meetprocedure

- Er wordt een grote cassette (of 2 cassettes) op de tafel gelegd en een testcassette in de bucky. Een testobject met één of twee loodrechte x-stralen meetlatten of een specifiek testobject worden bovenop de cassette op de tafel gelegd. Na validatie kunnen ook gemeten afstanden in RX beelden gebruikt worden.
- Bij 1 formaat gebeurt de test met het röntgenveld. De verschillende andere formaten worden visueel getest.

- Het systeem zal automatisch collimeren. Men probeert om de collimator verder te openen en men controleert het lichtveld visueel. .
- Het stralingsveld gemeten op de bucky wordt vergeleken met het stralingsveld zoals gemeten op de beeldreceptor. Zowel absolute afwijkingen als asymmetrieën worden nagegaan.
- De afwijking tussen het centrum van het lichtveld (of de kruisdraden) en het centrum van de beeldreceptor wordt bepaald. Indien uit de voorgaande test volgde dat er afwijkingen zijn tussen centrum lichtveld en kruisdraden, worden de gepaste correcties doorgevoerd.
- De afwijking tussen het centrum van het x-stralenveld en het centrum van de beeldreceptor wordt bepaald.

4. Berekeningen

De absolute waarden van de afwijkingen tussen het stralingsveld gemeten op de tafel en gemeten met de beeldreceptor in de bucky worden bepaald aan alle zijden van het stralingsveld en vergeleken met de norm.

De afwijkingen tussen centrum lichtveld en centrum van de beeldreceptor in de bucky enerzijds, en tussen centrum x-stralenveld en centrum van de beeldreceptor in de bucky anderzijds worden vergeleken met de norm.

1.6 Dosis en beeldkwaliteit (performantie)



1. Doel van de meting

Jaarlijkse evaluatie van dosis en beeldkwaliteit voor ofwel een standaard thorax opname ofwel een standaard abdomen opname (aan bed voor mobiele systemen of met meetcel voor systemen met bucky), met als doel om (1) een verifiëren of een minimale performantie gehaald wordt, en (2) om de stabiliteit van de dosis en de kwaliteit te evalueren over de tijd. Dit is een voorwaarde om individuele patiëntendosimetrie te kunnen beperken tot een 3-jaarlijkse studie.

De (gestandaardiseerde) klinische protocols worden gebruikt.

Dosis en beeldkwaliteit worden vergeleken met de meetwaarden van de vorige jaren en met diagnostisch referentie niveaus (DRL's) voor dosis en beeldkwaliteit*.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<p><i>Nodige apparatuur</i></p>	<p>Voor thorax: 10cm PMMA platen of een specifiek testobject dat de attenuatie van een standaard persoon voorstelt.</p> <p>Voor abdomen: 20cm PMMA platen of een specifiek testobject dat de attenuatie van een standaard persoon voorstelt.</p> <p>Een contrast-detail testobject of equivalent testobject dat toelaat om beeldkwaliteit kwantitatief te beoordelen en dat typisch equivalent is aan 1cm PMMA.</p> <p>Dosimeter die de werking van de meetcel niet verstoort (DAP meter, thermoluminescente dosimeter, ionisatiekamer of een correct geplaatste solid state dosimeter) en waarvan de uitlezing kan vergeleken worden met de metingen van de voorgaande jaren of met een DRL.</p> <p>De detector (CR plaat, film-scherm cassette, ...) die in de radiologische praktijk gebruikt wordt voor de toepassing die bestudeerd wordt.</p>
<p><i>Meetomstandigheden</i></p>	<p>PMMA platen en testobject worden gepositioneerd op de tafel of tegen het statief. De dosimeter wordt gepositioneerd zodat de intreedosis (met en zonder backscatter) kan gemeten worden.</p>
<p><i>Aanvaardbaarheidsnorm</i></p> <p></p> <p></p>	<p>De intreedosis van het test object, inclusief backscatter, moet voor een abdomen opname $< 10\text{mGy}$ en voor thorax $< 0.3\text{mGy}$. Indien waarden hoger dan deze referentiewaarden aangetroffen worden, moet er onmiddellijk ingegrepen worden. De resolutie in het beeld moet minstens 1.6lp/mm bedragen (voor systemen met rooster en meetcel).</p> <p>Dosis en beeldkwaliteit moeten stabiel zijn van jaar tot jaar of een evolutie tonen die het gevolg is van een specifieke actie.</p> <p>De beeldkwaliteit moet binnen limieten liggen bepaald door een DRL voor beeldkwaliteit uitgewerkt door de groep die de metingen doorvoert (groepseigen referentiewaarden) of via een ander kanaal, maar bekrachtigd door de BVZF of het FANC.</p> <p>De dosis moet binnen de limieten liggen bepaald/gepubliceerd door het FANC.</p>

* Idealiter zou hier een multicenter en nationaal programma moeten gestart worden om up-to-date referentiewaarden te bepalen. Samenwerking kan uniformiteit op lange termijn garanderen. Vandaag is er geen project. We stellen voor om in eerste fase zo veel mogelijk het TOR 18FG fantoom te gebruiken. Daarnaast kan men ook het QC phantom for digital chest radiography model 07646 ("portable chest exam and thoravision") of het CDRAD fantoom van Artinis gebruiken. Een testobject met lijnpaars patroon dat men legt bovenop de PMMA platen moet een spatiale resolutie

kunnen tonen van 1.6 lp/mm. Bij digitale detectoren zorgt men ervoor dat de lijnenparen onder een hoek van 45° liggen. Het uitlezen van de beelden gebeurt bij voorkeur op de monitoren die in de afdeling gebruikt worden bij voorkeur zonder dat image processing werd toegepast. Deze test is niet toepasselijk op mobiele systemen of andere X-stralentoestellen zonder rooster

3. Meetprocedure


- Er wordt geverifieerd of de voorgeprogrammeerde programma's voor thorax of abdomen logisch zijn en of er proceduremappen ter beschikking zijn.
- De testobjecten worden gepositioneerd volgens de proceduremap (bij opnamen aan bed) of door gebruik van de klinisch gebruikte meetcellen, afstanden en programma's (voor bucky zalen). Collimatie gebeurt voor de PMMA platen.
- Na de exposie worden de exposie parameters (kV, mAs, tijd, ...) nauwkeurig genoteerd (voor opvolgmetingen later) en vergeleken met de waarden van de vorige jaarlijkse test. Deze exposiewaarden moeten stabiel zijn of een evolutie tonen die het gevolg is van een specifieke actie. Daarnaast wordt geëvalueerd of de waarden overeenkomstig typische waarden zijn (zoals bv. te vinden in The European guidelines for quality assurance in radiology).
- De beeldkwaliteitswaarden worden vergeleken met referentiewaarden van de vorige test die doorgevoerd werd op het systeem. .
- Er wordt geverifieerd of de dosissen stabiel zijn van jaar tot jaar of de voorspelde evolutie tonen na een specifieke actie
- Beeldkwaliteitsparameters worden vergeleken met referentiewaarden zodra die ter beschikking zijn.

1.7 Verificatie van de kalibratie van de dose area product (DAP) meter

1. Doel van de meting

Het verifiëren van de kalibratie van de DAP meter en de eventuele bepaling van correctiefactoren. Dit moet toelaten om de patiëntendosis te schatten en te rapporteren. Als de DAP waarde automatisch gecopieerd wordt naar de DICOM header van de beelden, wordt de corresponderende DICOM tag geverifieerd.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	Methode 1: een gekalibreerde externe DAP meter Methode 2: gekalibreerde dosimeter die zo opgesteld wordt dat er geen backscatter gemeten wordt, en een CR plaat of film-scherm-cassette om de bestraalde oppervlakte te kunnen meten
<i>Meetomstandigheden</i>	Kies een vaste collimatie, zo dat de fout op de meting minimaal is. Methode 1: de bestraalde oppervlakte mag ter hoogte van de gekalibreerde DAP meter niet groter zijn dan de afmetingen van deze DAP meter. Methode 2: De veldgrootte is minstens 10cm bij 10cm. Indien de veldgrootte gemeten wordt op een andere afstand van de focus dan de dosimeter, wordt de inverse kwadratenwet toegepast.
<i>Aanvaardbaarheids-norm</i> 	Indien de correctiefactoren tussen 0.65 en 0.75 is of tussen 1.25 en 1.35, moet de correctiefactor geafficheerd zijn. Bij een correctiefactor < 0.65 of hoger dan 1.35 moet de DAP-meter hersteld of geherkalibreerd worden. Alle correctiefactoren worden expliciet gecommuniceerd aan de verantwoordelijke arts en worden gebruikt in de verslaggeving van patiëntendosimetrie data.

3. Meetprocedure

- Indien methode 2 gekozen wordt: Er wordt een vaste collimatie ingesteld en bij vaste (lage) mAs wordt een eerste bestraling doorgevoerd voor de oppervlakte meting. De film wordt ontwikkeld of de CR plaat wordt uitgelezen.
- Voor methode 1 en methode 2 wordt een successieve reeks aan exposies doorgevoerd met relatief hoge mAs-waarden en buisspanningen tussen 60 en 120kV, met intervallen van 20kV, en zo dat de praktisch gebruikte klinische kV settings zeker ook omvat zijn. De gemeten dosissen met de te verifiëren DAP meter en gekalibreerde dosimeter worden geregistreerd.
- Op dezelfde wijze worden exposies doorgevoerd bij 80kV en de meest gebruikte filters. In dat geval is herkalibratie van de DAP meter vereist voor correctiefactoren kleiner zijn dan 0.65 en groter dan 1.35.
- Indien de buis standaard onder de tafel geplaatst wordt, gebeuren de metingen met de tafel tussen focus en dosimeter. In elk geval wordt duidelijk genoteerd bij welke configuratie de verificatie gebeurd is.

4. Berekeningen

Methode 1 geeft meteen een DAP waarde. Indien methode 2 werd toegepast worden de dosis-oppervlakte-product waarden berekend uit de gemeten dosissen en de gemeten oppervlakte.

Voor methode 1, resp. 2, worden de gemeten en berekende DAP waarden vergeleken met de aangeduide DAP-waarden van de DAP meter van het toestel.

De correctiefactor = gemeten of berekende DAP waarden / aangeduide waarden.

Indien de correctiefactoren lager zijn dan 0.65 en hoger dan 1.35, moet de DAP-meter hersteld of geherkalibreerd worden.

Weergegeven waarde en geregistreeerde DAP waarde in de DICOM header worden vergeleken en moeten overeenkomen.

1.8 De automatische exposie cel (AEC)

1. Doel van de meting

De afregeling van de meetcel verifiëren onder verschillende condities:

1. Testen van de reproduceerbaarheid van de AEC
2. Verificatie van de beeldreceptor dosis of OD voor een standaard RX abdomen onderzoek
3. Verifiëren of de verschillende meetcellen en meetkamers bediend door eenzelfde bedieningspaneel op eenzelfde dosisniveau zijn afgeregeld
4. Verificatie van de AEC bij verschillende fantoomdiktes
5. Verificatie van de AEC bij verschillende buisspanningen

De testen worden doorgevoerd voor het voorgeprogrammeerde RX abdomen of RX thorax onderzoek.

2. Apparatuur, Meetomstandigheden, Normen

<i>Nodige apparatuur</i>	verschillende dikten aan PMMA platen en Cu filters, densitometer (film-scherm-cassette systemen), dosimeter (digitale systemen) De gebruikelijke beeldreceptoren van het RX-toestel
<i>Aanvaardbaarheidsnorm</i>	<p>1. Reproduceerbaarheid De dosis (resp. de mAs) mag niet meer dan 10% afwijken van de gemiddelde dosis (resp. de mAs)</p> <p>2. Verificatie van de dosis ter hoogte van de detector Voor digitale systemen: De gelineariseerde exposie indicatie (LEI) voor het programma “abdomen” mag niet hoger zijn dan 5 µGy. (De LEI wordt bepaald dmv de procedure beschreven in App 1)</p>

Voor film scherm systemen moet de OD tussen 1.0 en 1.5 OD liggen.

3. Verschil tussen verschillende meetcellen:

Voor film scherm systemen: de optische densiteit mag niet meer dan 0.2 OD afwijken van de gemiddelde OD

Voor digitale systemen: de dosis (resp. de mAs) mag niet meer dan 20% afwijken van de gemiddelde dosis (resp. de mAs). Indien de fabrikant dit anders specificeert, dan test men volgens de specificaties.

4. Verificatie van de AEC bij verschillende fantoomdiktes

Voor film scherm systemen: de optische densiteit mag niet meer dan 0.2 OD afwijken van de gemiddelde OD

Voor digitale systemen: de LEI mag niet meer dan 20% afwijken van de gemiddelde LEI.

5. Verificatie van de AEC bij verschillende buisspanningen

Voor film scherm systemen: de optische densiteit mag niet meer dan 0.2 OD afwijken van de gemiddelde OD

Voor digitale systemen: de LEI mag niet meer dan 20% afwijken van de gemiddelde LEI

Indien niet lineaire dosisindicaties of exposieparameters ter beschikking zijn in het beeld of op de console kan men de "signal transfer property" bepalen, i.e. de relatie tussen deze parameters en de detectordosis bij 80kV. Deze gelineariseerde exposie-indices (LEI) kunnen berekend worden uit de signal transfer property. De fysicus verifieert of de fouten geïntroduceerd door deze methode kleiner blijven dan de te halen normen. Zie ook appendix 1.

3. Meetprocedure

Maak, tenzij voor de diktecompensatietest, de volgende referentie opstelling: kies een focus – tafel afstand representatief voor het abdomen programma. Leg 20cm PMMA op de tafel. Centreer het testobject centraal in het lichtveld. Collimeer het röntgenveld tot een fractie van de PMMA platen zodat de 3 meetcellen omvat zijn. Activeer de centrale meetcel. Selecteer het gekozen klinisch programma.

1. Reproduceerbaarheid van de AEC

Maak minstens 3 opnamen met de referentie opstelling.

Registreer de dosis en/of de mAs waarden en/of de optische densiteit.

2. Verificatie van de dosis of OD ter hoogte van de beeldreceptor voor het geselecteerde onderzoek

Maak een opname met de referentie-opstelling. Voor digitale systemen wordt de dosisindicator geregistreerd en omgerekend naar LEI. Bij film-scherm systemen meet men de OD.

3. Verifiëren of de verschillende meetcellen op eenzelfde dosisniveau zijn afgeregeld

Maak een opname met de centrale en de laterale cellen en hun combinaties. Indien meerdere buckies gebruikt worden in 1 zaal, worden ze allemaal onderling vergeleken.

Registreer het verschil in mAs, LEI, gemeten dosiswaarden of OD tussen de opnamen van de centrale en laterale cellen

4. Verificatie van de AEC bij verschillende fantoomdiktes

Maak de referentieopstelling. Neem opeenvolgende opnamen met 5 verschillende PMMA dikten, bv. 8cm, 12 cm, 15 cm, 20 cm en 25 cm PMMA, gebruik de klinische kV, registreer de exposie indicaties en bereken de LEI. Bij film-scherm systemen wordt de OD centraal in de film gemeten.

Bij thorax statieven wordt het thorax programma gebruikt. Neem opeenvolgende opnamen met 4 verschillende PMMA dikten, bv. 8cm, 12 cm, 15cm en 20cm (om profiel opnamen te simuleren) PMMA, gebruik de klinische kV, registreer de mAs waarden en de eventuele exposie indicaties.

5. Verificatie van de AEC bij verschillende buisspanningen

Maak de referentie exposie. Maak vervolgens opnamen met de volgende kV en dikte combinaties (deze dikten worden voorgesteld om exposietijden constanter te maken.):

kV	Dikte PMMA
60	12cm
80	20cm
100	22cm
125	25cm

Alternatief: herhaal de referentie exposie bij 20kV hoger en 20kV lager (en houdt exposietijden zo constant mogelijk).

Registreer de exposie indicaties en bereken de LEI. Bij film-scherm systemen wordt de OD centraal in de film gemeten.

4. Berekeningen

1. Reproduceerbaarheid van de AEC

Bereken de afwijking als volgt:

$$\text{Afwijking} = \left| \frac{\text{gemeten(mAs of dosis of LEI)} - \text{gemiddelde(mAs of dosis of LEI)}}{\text{gemiddelde(mAs of dosis of LEI)}} \right| * 100$$

De maximale afwijking mag niet groter zijn dan 10%

2. Verificatie van de dosis ter hoogte van de detector voor het geselecteerde onderzoek

De LEI ter hoogte van de beeldreceptor moet lager zijn dan $5\mu\text{Gy}$ voor het abdomen programma.

Bij film-scherm systemen ligt de OD tussen 1.0 en 1.5.

3. Verifiëren of de verschillende meetcellen op eenzelfde dosisniveau zijn afgeregeld

Bereken voor alle meetcellen en hun combinaties de volgende afwijking:

$$\text{Afwijking} = \left| \frac{\text{Gemeten(Dosis, mAs of LEI)} - \text{gemiddelde(Dosis, mAs of LEI)}}{\text{gemiddelde(Dosis, mAs of LEI)}} \right| * 100$$

De maximale afwijking mag niet groter zijn dan 20%.

4. Verificatie van de AEC bij verschillende fantoomdiktes

Film-scherm systemen: Bereken voor alle opnamen de absolute afwijking als volgt:

$$\text{AbsoluteAfwijking} = |\text{Gemeten(OD)} - \text{gemiddelde(OD)}|$$

De maximale afwijking mag niet groter zijn dan 0.2 OD.

Digitale systemen: Bereken voor alle opnamen de afwijking als volgt:

$$\text{Afwijking} = \left| \frac{\text{Gemeten(LEI)} - \text{gemiddelde(LEI)}}{\text{gemiddelde(LEI)}} \right| * 100$$

De maximale afwijking mag niet groter zijn dan 20%.

5. Verificatie van de AEC bij verschillende buisspanningen:

Film-scherm systemen: Bereken voor alle opnamen de absolute afwijking als volgt:

$$\text{AbsoluteAfwijking} = |\text{Gemeten(OD)} - \text{gemiddelde(OD)}|$$

De maximale afwijking mag niet groter zijn dan 0.2 OD.

Digitale systemen: Bereken voor alle opnamen de afwijking als volgt:

$$\text{Afwijking} = \left| \frac{\text{Gemeten(LEI)} - \text{gemiddelde(LEI)}}{\text{gemiddelde(LEI)}} \right| * 100$$

De maximale afwijking mag niet groter zijn dan 20%

1.9 Rooster

Visuele inspectie van artefacten bij gebruik van de beschikbare (statische en bewegende) roosters

2 Appendix 1: lineaire exposie indicatie (LEI) bij digitale detectoren

Beschrijving

Elke fabrikant heeft een specifieke dosisindicatie (bv LgM) of exposieparameter (bv EI). Elk van deze indicaties heeft een specifiek verband (bv. lineair, logaritmisch, vierkantswortel, ...) met de dosis en de bundelkwaliteit ter hoogte van de beeldreceptor. Voor CR legt men de plaat op de tafel, bij een DR systeem meet men zonder rooster. De dosis wordt omgerekend naar de positie van de detector.

Door de beeldreceptor te bestralen met een gekende dosis en bij een specifieke buisspanning, kunnen we het verband bepalen tussen de beeldreceptor dosis en de dosisindicatie of exposieparameter bij die bundelkwaliteit. Dit wordt gedefinieerd als de 'signal transfer property'. Het verband of de vergelijking is typisch lineair, logaritmisch, vierkantswortel, Met de omgekeerde vergelijking kunnen we, bij een bestraling met die specifieke buisspanning en geometrie, de dosisindicatie of exposieparameter omrekenen tot de beeldreceptor dosis. Deze beeldreceptor dosis is proportioneel met de dosis en wordt gedefinieerd als de lineaire exposie indicatie of LEI. Bij een andere buisspanning, kunnen we dezelfde omrekening naar LEI doen, maar de getalwaarde stemt dan niet meer overeen met de dosis die zou gemeten worden. De gevoeligheid van de detector zit al ingebouwd in deze formule, en dat is meteen ook de kracht van de methode: de LEI die wordt bekomen stemt overeen met een ruis niveau in de plaat die dezelfde is als het ruisniveau dat zou bekomen worden had de plaat bestraald geweest met buisspanning en geometrie gebruikt bij de claibratie en een detectordosis gelijk aan de LEI.

Meetprocedure:

De lineaire exposie indicatie wordt als volgt berekend:

1. Gebruik ongeveer 80kV
2. Plaats een filter van minstens 1.5mm Cu op de buis. De meeste fabrikanten hebben op deze wijze hun exposie indicaties bepaald.
3. Leg de dosimeter op de tafel en centraal in het lichtveld. Bepaal de mAs instelling die ongeveer overeenkomt met 1 μ Gy, 4 μ Gy, 12 μ Gy en 30 μ Gy. Meet zonder backscatter.
4. Maak opnamen met deze 4 beeldreceptordosisen
5. Noteer de dosisindicaties of exposie parameter bij deze 4 beeldreceptordosisen.
6. Bereken het verband tussen de dosisindicatie of exposieparameter en de beeldreceptordosis
7. Bepaal de curve die deze functie het best fit. Met de inverse functie, i.e. LEI, kunnen we uit de dosisindicatie of exposieparameter de dosis op de beeldreceptor berekenen voor dezelfde opstelling.
8. De LEI kan gebruikt worden om te verifiëren of de meetcel aan de normen voldoet zonder dat verdere dosismetingen dienen te gebeuren.