



150
SINCE 1872



QC imaging instrumentation: regulations

Technologedag Belnuc 19/11/2022



A close-up, artistic photograph of medical equipment. In the foreground, a clear plastic syringe with black numerical markings (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5) is partially visible. In the background, a glass vial with a silver-colored cap is shown, containing a white, powdery substance. The background is softly blurred, creating a shallow depth of field. A dark blue banner is overlaid on the lower half of the image.

Quality control (QC) in de nucleaire geneeskunde

Quality control (QC) in de nucleaire geneeskunde

Waarom Quality Control (QC) testen?

- **Betrouwbare en representatieve meetresultaten bekomen**
- **Correcte en kwalitatieve beeldkwaliteit bekomen**
- **Problemen en veranderingen opsporen**
 - *Alvorens ze significante invloed hebben*
 - *Alvorens de apparatuur foutief gebruikt wordt*
- **Werking en principes van het toestel begrijpen**
- **Wettelijk verplicht: technische reglementen**



QC testen in de nucleaire geneeskunde

Routine versus jaarlijkse QC testen

- **Jaarlijkse QC testen**
 - *Uitgevoerd door erkend fysicus in de nucleaire geneeskunde*
- **Routine QC testen > 1x per jaar**
 - *Uitgevoerd door de dienst, validatie door erkend fysicus*



Technisch reglementen van 19/02/2020

- **Minimaal vereiste testen**
- **Frequentie testen**
- **Aanvaardbaarheidscriteria**

QC testen in de nucleaire geneeskunde

QC testen van

- Een activiteitsmeter / automatische dispenser
- Gammacamera
- PET-Camera



Documentatie van de testen

- Procedure rond QC testen
- Loggen van de uitgevoerde testen en de resultaten
- Opvolging van de resultaten in de tijd



Aanvaardbaarheidscriteria

Bepaald door technisch reglement

- A.d.h.v. visuele analyse
- A.d.h.v. kwantitatieve analyse
 - *Eventueel t.o.v. acceptatietesten*
- Opvolgen van de resultaten in de tijd

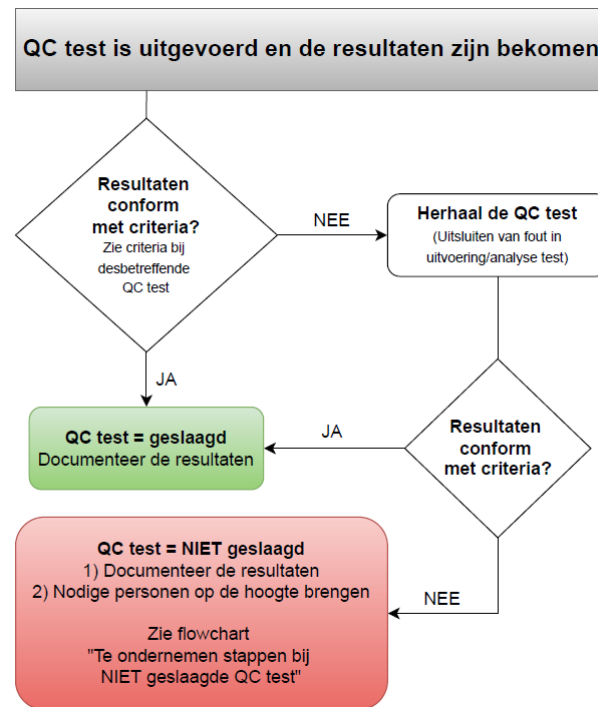


QC resultaten die niet voldoen aan criteria

2 mogelijke verklaringen:

- **Geen representatieve meting**
 - *Bv. te grote achtergrondstraling, foutief uitgevoerde meting, besmetting op fantoom...*

→ QC test herhalen
- **Wel een representatieve meting: probleem met systeem**
 - *Erkend stralingsfysicus, fabrikant... op de hoogte brengen*





- QC in de nucleaire geneeskunde
- Activiteitsmeter
- Gammacamera
- PET-camera
- Conclusie



Routine QC testen van een activiteitsmeter

Overzicht routine QC testen activiteitsmeter

Dagelijks

- Elektronische ruis
- Achtergrondruis
- Synchronisatie van de klok
- Accuraatheid en constantheid

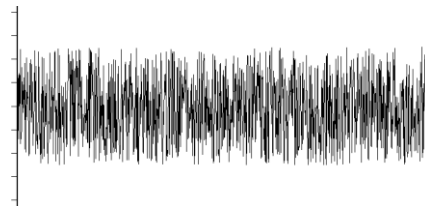
Maandelijks

- Energierespons

Dagelijkse QC testen: elektronische ruis

Elektronische ruis

- Nagaan of er drift aanwezig is
 - *Afkomstig van het elektronisch circuit*
- Meting: volgens instructies v.d. fabrikant (indien mogelijk)
- Criteria: specificaties v.d. fabrikant



[1]

Dagelijkse QC testen: achtergrondruis

Achtergrondruis

- **Besmettingen en/of aanwezige achtergrondactiviteit nagaan**
- **Meting: volgens instructies v.d. fabrikant**
 - *Eventueel met instellingen klinisch meest gebruikte nuclide (^{99m}Tc of ^{18}F)*
- **Criteria: meting < 100 kBq (2.70 μCi)**



[1]

Achtergrondruis: in de praktijk

Achtergrondruis $> 100 \text{ kBq}$ → Gefaald

- **Niet (correct) afgeschermd activiteit in de buurt van de activiteitsmeter**

- *Te hoge achtergrondstraling*

- *Verwijder activiteit en voer de test opnieuw uit*

- **Besmetting van de spuithouder**

- *Meting met spuithouder: Achtergrondruis $> 100 \text{ kBq}$*

- *Meting zonder spuithouder: Achtergrondruis $< 100 \text{ kBq}$*

- *Decontaminatie van de spuithouder*

- *Herhaal de test*

Dagelijkse QC testen: Synchronisatie van de klok

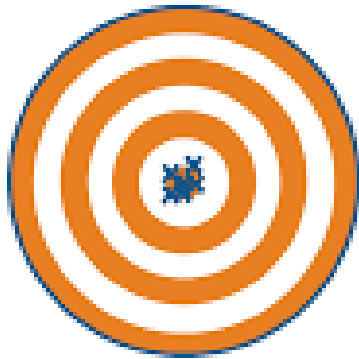
Synchronisatie van de klok

- Van belang bij kwantitatieve studies
- Synchronisatie tussen activiteitsmeter en beeldvormende apparatuur
- Criteria: niet van toepassing

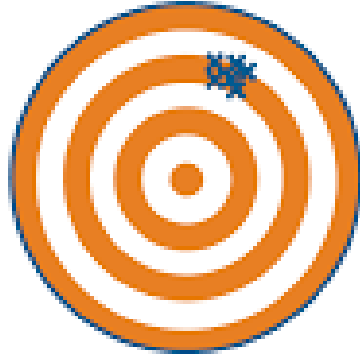


Dagelijkse QC testen: accuraatheid en constantheid

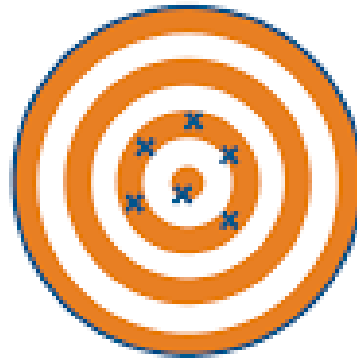
Accuraatheid versus constantheid



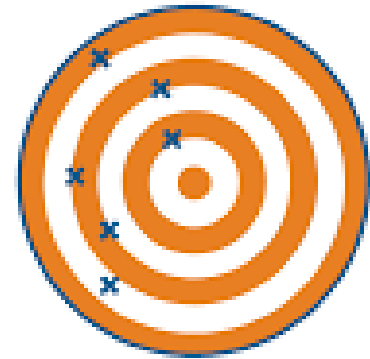
Hoge accuraatheid
Hoge constantheid



Lage accuraatheid
Hoge constantheid



Hoge accuraatheid
Lage constantheid



Lage accuraatheid
Lage constantheid

[2]

Dagelijkse QC testen: accuraatheid en constantheid

Metingen

- M.b.v. ^{137}Cs of ^{57}Co referentie geijkte bron
- Meting onder ^{137}Cs of ^{57}Co instellingen en $^{99\text{m}}\text{Tc}$ of ^{18}F instellingen

Resultaten opvolgen in de tijd



[2]

Dagelijkse QC testen: accuraatheid en constantheid

Accuraatheid:

- **Afwijking t.o.v. referentiewaarde**
 - Meting onder ^{137}Cs of ^{57}Co instellingen
 - Criteria: afwijking $\leq 8\%^*$

Constantheid:

- **Afwijking tussen 2 opeenvolgende metingen**
 - Meting onder ^{137}Cs of ^{57}Co instellingen
 - Criteria: afwijking $\leq 5\%$
- **Afwijking tussen huidige en initiële meetverhouding**
 - Verhouding van $^{99\text{m}}\text{Tc}$ of ^{18}F meting en referentie meting (^{137}Cs of ^{57}Co)
 - Criteria: afwijking $\leq 5\%$

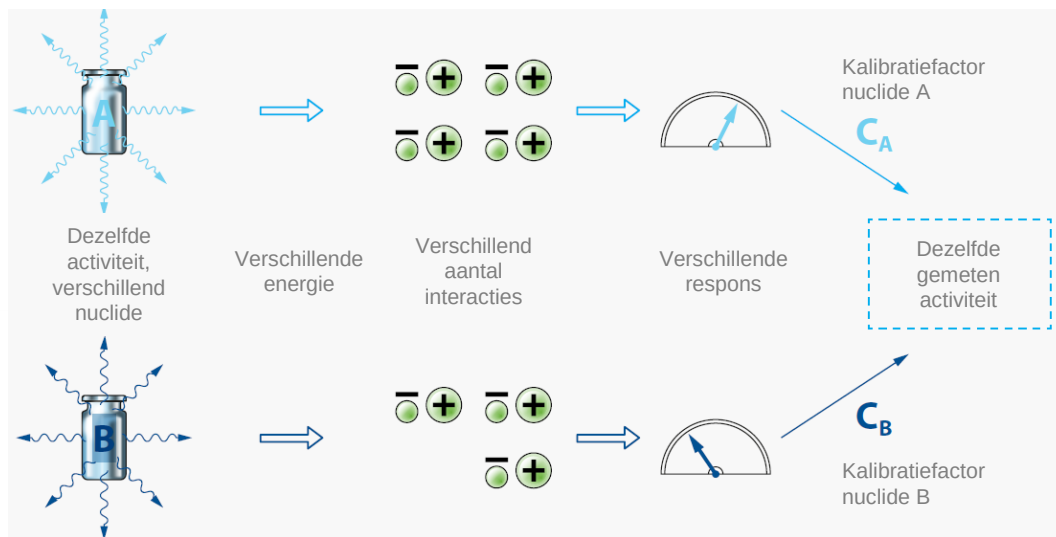
* Criteria = $5\% + 3\%$ (aanname onzekerheid bron = 3%)

Maandelijkse QC test: energierespons

Activiteitsmeter: metingen m.b.v. ionisatiekamer

- Respons ionisatiekamer = afhankelijk van energie van de fotonen van het nuclide
 - *Verschillende kalibratiefactoren per nuclide en/of geometrie*

Principe verschillende kalibratiefactoren



[3]

Maandelijks QC test: energierespons

Activiteitsmeter: metingen m.b.v. ionisatiekamer

- **Respons ionisatiekamer = afhankelijk van energie van de fotonen van het nuclide**
 - *Verskillende kalibratiefactoren per nuclide en/of geometrie*

Doel energierespons

- **Nagaan of metingen/kalibratiefactoren constant blijven in de tijd**
 - *voor de verschillende nucliden of geometrieën*
- **A.d.h.v. verhouding tussen meting nuclide en meting referentie nuclide**

Maandelijkse QC test: energierespons

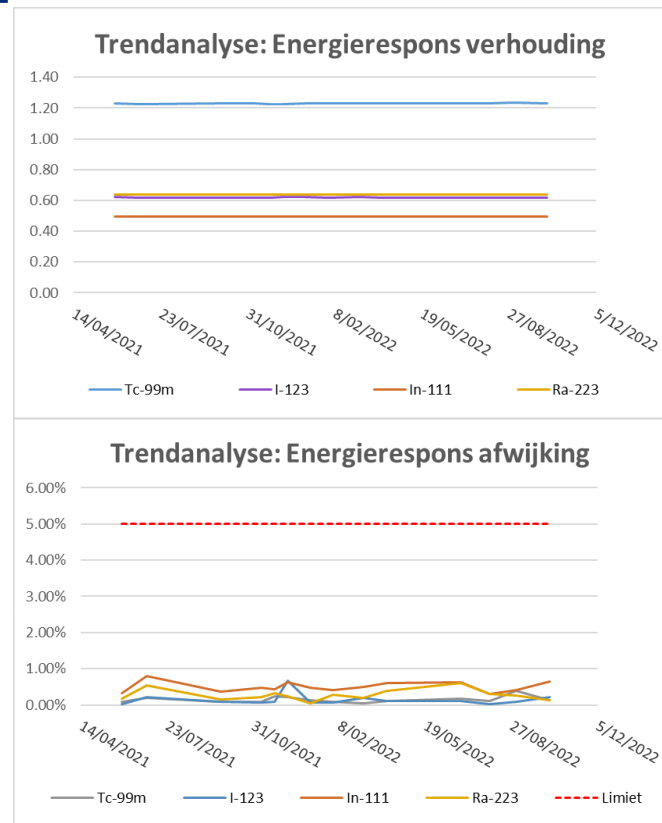
Meting

- M.b.v. ^{137}Cs of ^{57}Co referentie geijkte bron
- Controleer de achtergrondactiviteit
- Meet de referentie bron voor verschillende nuclide factoren
 - *Meting uitvoeren voor elk klinisch gebruikt nuclide en/of geometrie*

Maandelijkse QC test: energierespons

Analyse metingen

- **Verhouding bepalen:**
$$\frac{\text{Meting met nuclide factor}}{\text{Meting met } ^{137}\text{Cs of } ^{57}\text{Co factor}}$$
- **Afwijking: huidige versus acceptatie verhouding**
- **Criteria afwijking:**
 - *Afwijking $\leq 5\%$*
 - *Opvolgen in de tijd*



Energierespons: in de praktijk

Spuut patiënt onder fout nuclide instellingen gemeten

- **Bijvoorbeeld ^{99m}Tc ingespoten, gemeten onder ^{123}I instellingen**
- **Inschatting werkelijke ^{99m}Tc activiteit**
 - *a.d.h.v. verhouding energierespons*
 - *^{99m}Tc /referentie t.o.v. ^{123}I /referentie*

Opmerking: kwantificatie $\neq$ betrouwbaar

Gefaalde QC testen activiteitsmeter

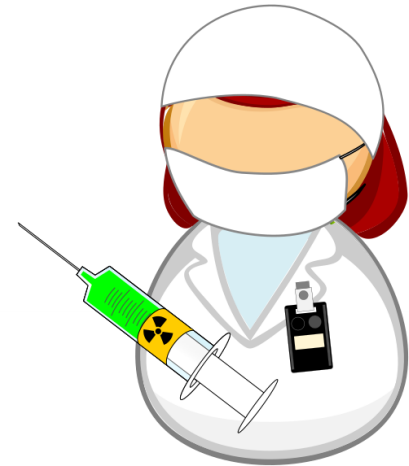
Mogelijke gevolgen gefaalde QC testen

- **Gemeten activiteit $\neq$ werkelijke activiteit**

- *Te lage activiteit: geen kwalitatief onderzoek*

- *Te hoge activiteit: onnodige extra stralingsbelasting*

- *Kwantificatie fouten (bv: schildklieronderzoek)*



Overzicht routine QC testen activiteitsmeter

Test	Frequentie routine QC test	Aanvaardbaarheidscriteria
Elektronische ruis	Dagelijks	Specificaties v.d. fabrikant
Achtergrondruis	Dagelijks	Achtergrond < 100 kBq
Synchronisatie van de klok	Dagelijks	N.v.t.
Accuraatheid en constantheid	Dagelijks	- Afwijking t.o.v. referentie $\leq$ (5% + onzekerheid) - Afwijking opeenvolgende metingen $\leq$ 5% - Afwijking tussen huidige en initiële verhouding $\leq$ 5%
Energierespons	Maandelijks	Afwijking $\leq$ 5%



Routine QC testen van een gammacamera

Overzicht routine QC testen gammacamera

Dagelijks

- Werkingstatus
- Energiepiek

Maandelijks

- Uniformiteit

Tweemaandelijks

- Rotatiemiddelpunt (COR)

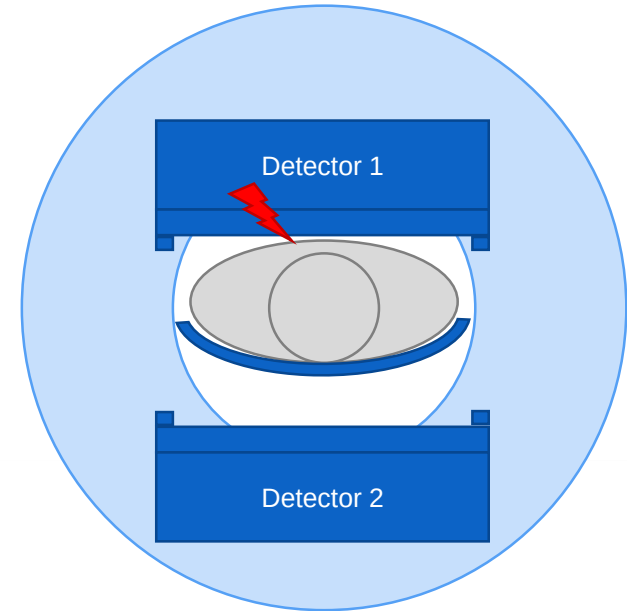
Viermaandelijks

- SPECT/CT uitlijning

Dagelijkse QC testen

Werkingstatus

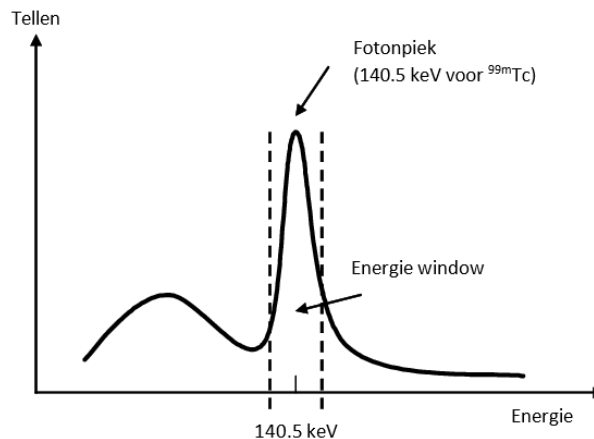
- **Controleren van o.a.**
 - *Beweging van het systeem*
 - *Noodstoppen en anticollisiesysteem*
 - *Bevestiging collimator*
 - ...



Dagelijkse QC testen

Energiepiek

- ^{99m}Tc en eventueel andere nucliden*
- **Criteria: afwijking gemeten piekwaarde t.o.v. theoretische piekwaarde $\leq 2\%$**
 - ^{99m}Tc : 140.5 keV
 - *Andere nucliden: visueel*
 - *Opvolgen in de tijd*

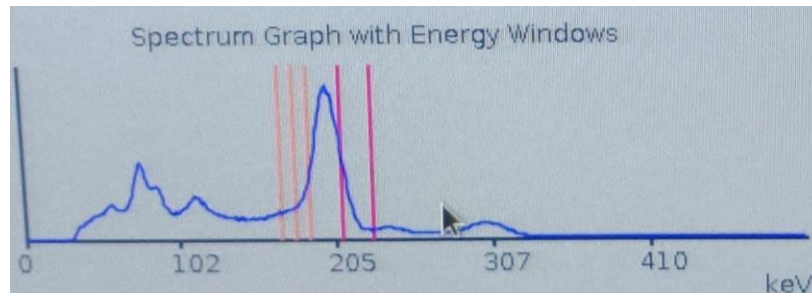


* Alle nucliden die die dag klinisch gebruikt worden

Energiepiek: in de praktijk

Afwijking energiepiek

- Lu-177 spectrum (208 keV piek)
 - Eerste Lu-177 acquisitie met dat toestel
- Aanpassing voor Lu-177 noodzakelijk



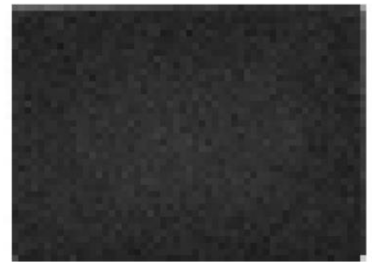
Gevolgen op de beeldkwaliteit

Uniformiteit

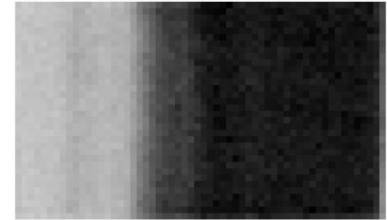
Controleren of er een uniforme output bekomen wordt over het volledige field of view (FOV) bij een uniforme bestraling

Doel:

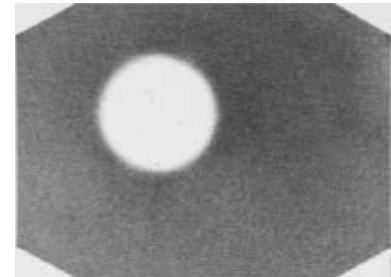
- **Afwijkingen in de planaire uniformiteit opsporen**
- **Controle van de uniformiteitskalibratie van de fabrikant**



Gewenste uniformiteit



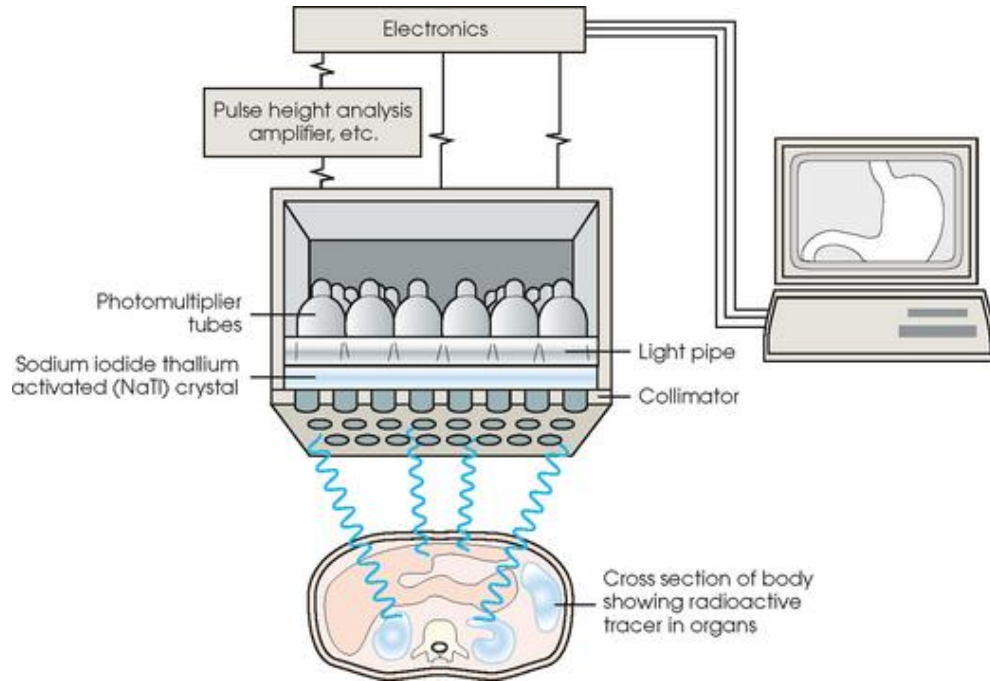
Foutieve kalibratie



[4]

detectorelement probleem

Uniformiteit

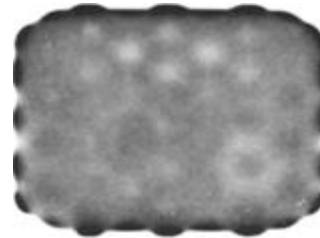


[5]

Uniform bestraald beeld

Niet gecorrigeerd

Gecorrigeerd



[6]

Uniformiteit

Maandelijks QC test

- **Intrinsieke test m.b.v. puntbron: ^{99m}Tc**
 - *Intrinsiek = zonder collimatoren*
- **Extrinsieke test m.b.v. floodsource**
 - *Extrinsiek = met collimatoren*
- **Fabrikanten: automatische workflow voor acquisitie en analyse**

Uniformiteit

Analyse uniformiteitstest

- **Analyse voor:**

- *Useful Field Of View (UFOV)*

- 95% van FOV

- *Central Field Of View (CFOV)*

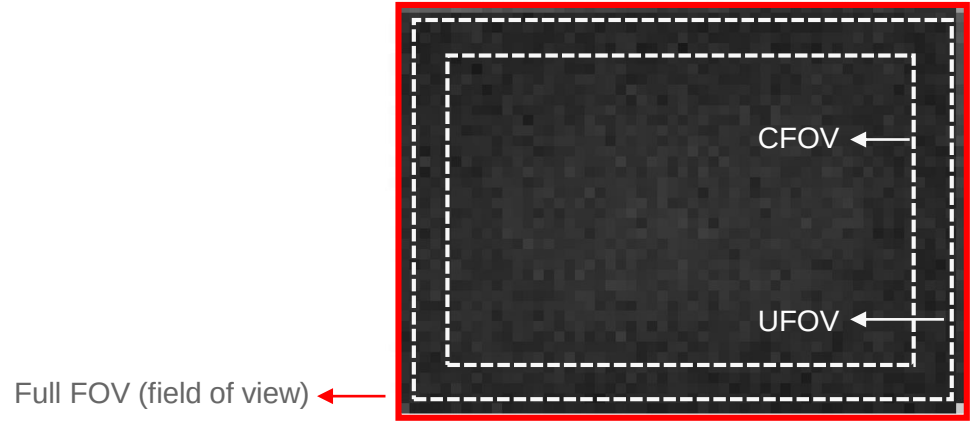
- 75% van UFOV

- **Integrale uniformiteit**

- *Globale afwijkingen opsporen*

- **Differentiële uniformiteit**

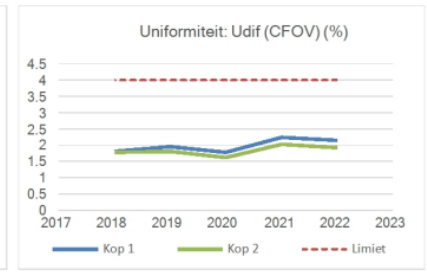
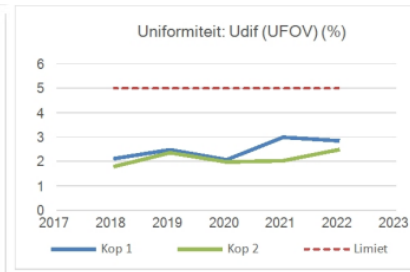
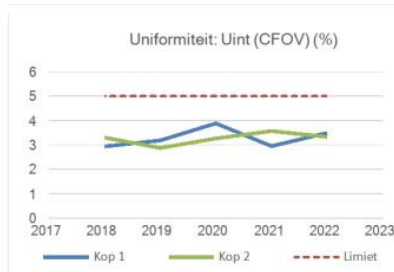
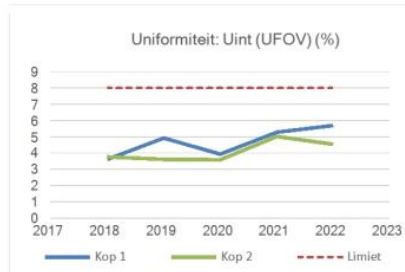
- *Lokale afwijkingen opsporen*



Uniformiteit

Aanvaardbaarheidscriteria uniformiteit

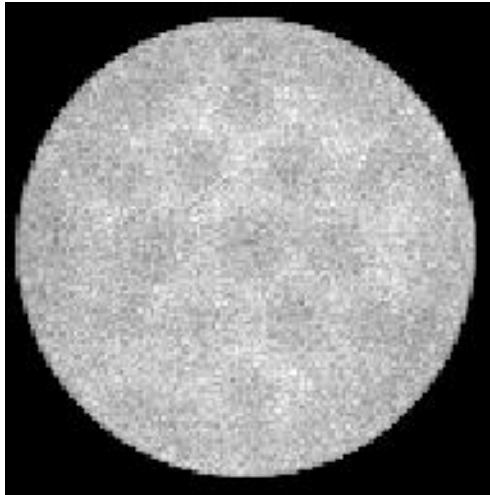
- | ^{99m} Tc uniformiteit | Integraal | Differentiaal |
|--------------------------------|------------|---------------|
| CFOV | $\leq 5\%$ | $\leq 4\%$ |
| UFOV | $\leq 8\%$ | $\leq 5\%$ |
- Opvolgen in de tijd



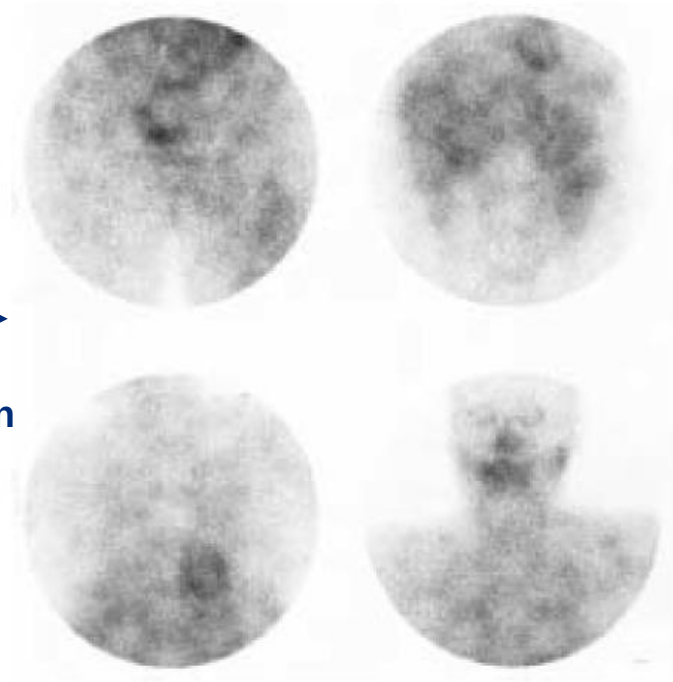
Uniformiteit in de praktijk:

Afwijking uniformiteit

- **Probleem met uniformiteitskalibratie**



→
**Kan invloed hebben
op diagnostische beelden**



[4]

Uniformiteit: in de praktijk

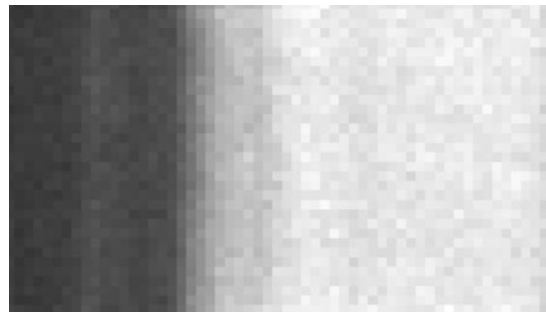
Uniformiteit kop 1

Uniformiteit afwijking

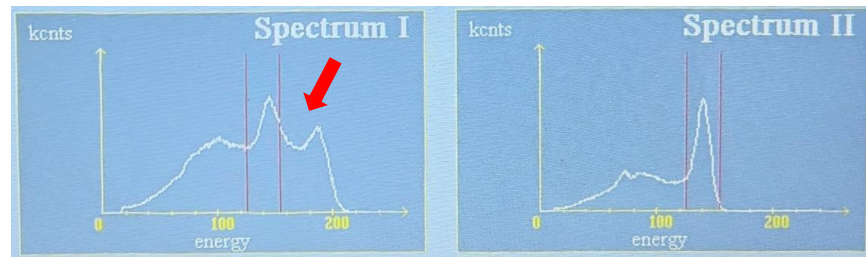
- **Probleem met uniformiteitskalibratie**
- **Invloed op:**
 - *Uniformiteit*
 - *Energiepiek*
 - *SPECT uniformiteit*
 - *Center of rotation*
 - *Patiënt beelden*
 - ...

→ Nieuwe kalibratie uitgevoerd

→ Uniformiteit, energiepiek etc. wel geslaagd



Energiespectrum

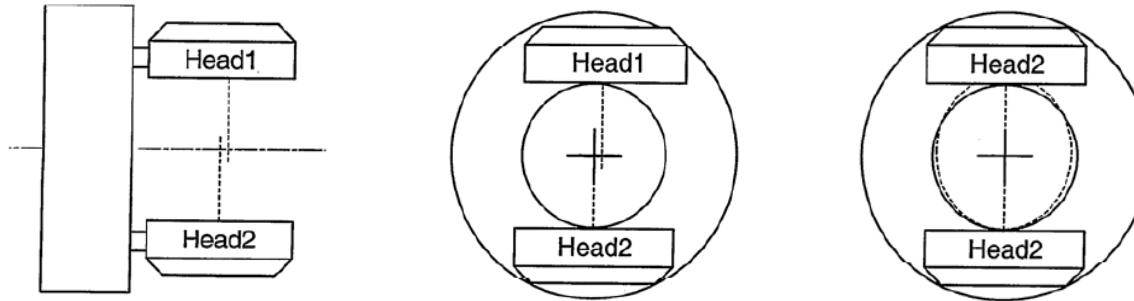


Rotatiemiddelpunt (COR)

Doel: rotatiemiddelpunt (COR, center of rotation) controleren

- **Afwijking tussen mechanisch en elektronisch rotatiemiddelpunt opsporen**
- **Controle van de COR correctie van de fabrikant**

Enkele mogelijke COR afwijkingen

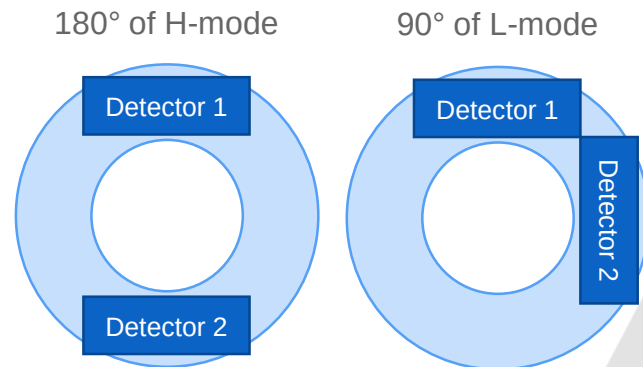


Rotatiemiddelpunt (COR)

Twee maandelijks QC test

Acquisitie

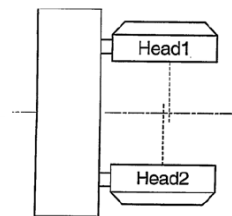
- Eventueel automatisch protocol van de fabrikant
- M.b.v. puntbron(nen)
 - *Puntbron op 20 cm van beide detectoren of volgens procedure fabrikant*
- SPECT acquisitie
- 180°/H-mode en 90°/L-mode afwisselen



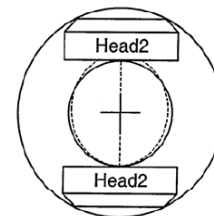
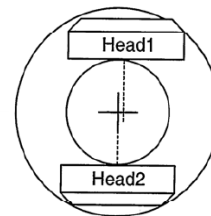
Rotatiemiddelpunt (COR)

Analyse

- Sinogram visueel beoordelen
- Afwijking in x- en y-richting bepalen
 - *Eventueel automatische analyse door fabrikant*
- Aanvaarbaarheidscriterium:
 - *Afwijking $< 1/2^e$ kleinste pixel*
 - *Volgens specificaties van de fabrikant*



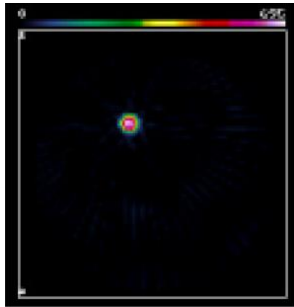
Mogelijke COR afwijkingen



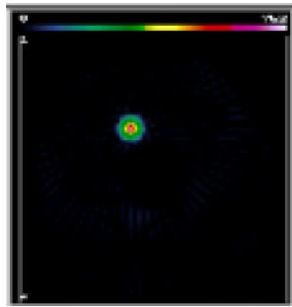
Rotatiemiddelpunt (COR): in de praktijk

Center of rotation afwijking

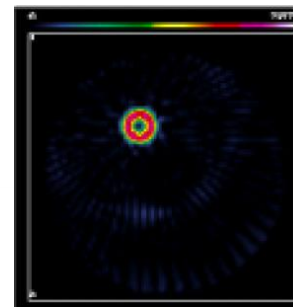
- Afwijking > 0.5 pixel
 - *Invloed op de resolutie*



Geen COR afwijking



COR afwijking van 1 pixel



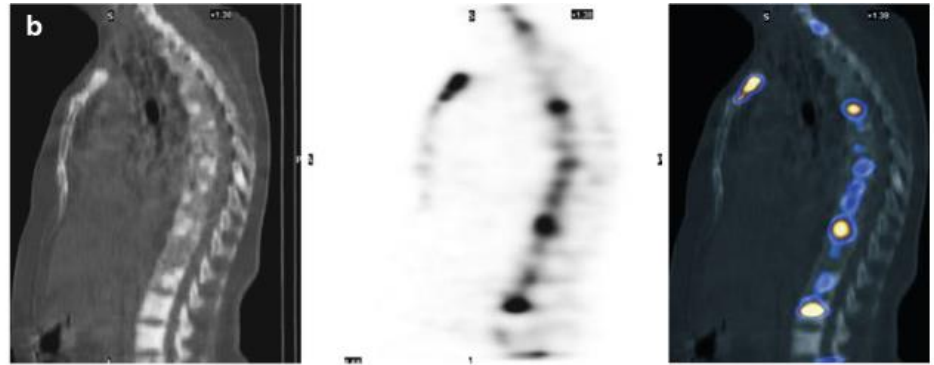
COR afwijking van 2 pixels

[4]

Uitlijning van de SPECT/CT

Doel: nagaan of de beeldcoördinaten van SPECT en CT matchen

Viermaandelijke QC test



[7]

Uitlijning van de SPECT/CT

Acquisitie

- Eventueel automatisch protocol van de fabrikant
- M.b.v. bron/fantom dat zowel op het SPECT als CT beeld zichtbaar is

Aanvaarbaarheidscriteria

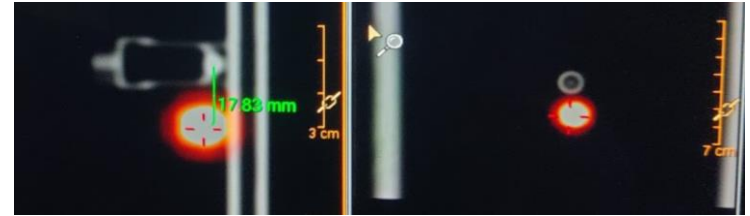
- Visuele analyse
- Conform specificaties van de fabrikant



Uitlijning van de SPECT/CT: in de praktijk

Afwijkende SPECT/CT uitlijning

- Afwijking van 1,78 cm
- Nieuwe SPECT/CT uitlijning kalibratie
- Test wel geslaagd



Overzicht routine QC testen gammacamera

Test	Frequentie routine QC test	Aanvaardbaarheidscriteria									
Werkingstatus	Dagelijks	N.v.t.									
Energiepiek	Dagelijks	Afwijking $\leq 2\%$									
Uniformiteit	Maandelijks	<table border="1"> <tr> <td>Uniformiteit</td><td>Int</td><td>Dif</td></tr> <tr> <td>CFOV</td><td>$\leq 5\%$</td><td>$\leq 4\%$</td></tr> <tr> <td>UFOV</td><td>$\leq 8\%$</td><td>$\leq 5\%$</td></tr> </table>	Uniformiteit	Int	Dif	CFOV	$\leq 5\%$	$\leq 4\%$	UFOV	$\leq 8\%$	$\leq 5\%$
Uniformiteit	Int	Dif									
CFOV	$\leq 5\%$	$\leq 4\%$									
UFOV	$\leq 8\%$	$\leq 5\%$									
Rotatiemiddelpunt (COR)	Tweemaandelijks	Afwijking ≤ 0.5 pixel									
Uitlijning SPECT/CT	Viermaandelijks	Visuele controle + specificaties v.d. fabrikant									



Conclusie

Conclusie

Quality Control (QC)

- **Behouden en/of verbeteren van beeldkwaliteit, betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid**

→ *Kwaliteit naar een hoger niveau brengen*

- **Inzicht in principes en werking systemen**

Conclusie

Consequent uitvoeren en analyseren van QC testen

- **Jaarlijkse QC testen: erkend fysicus in de nucleaire geneeskunde**
- **Routine QC testen: dienst nucleaire geneeskunde**
 - *Ondersteuning van erkend fysicus*
 - *Gebruik makend van ondersteunende procedures en templates*



150
SINCE 1872



QC imaging instrumentation: regulations

Technologedag Belnuc 19/11/2022



Referenties

- [1] Comecer, "Comecer, IBC doseringskalibratietoestellen," [Online]. Available: <https://www.comecer.com/nl/ibc-doseringskalibratietoestellen/>.
- [2] M. Keller, "Precision vs. Accuracy," Science Curriculum by Aaron Keller, 2015. [Online]. Available: <http://kaffee.50webs.com/Science/labs/Lab-Precision.vs.Accuracy.html>.
- [3] Laboratory, National Physical, "Radionuclide calibrator e-learning course: module 1, how a radionuclide calibrator works".
- [4] IAEA, IAEA Quality Control Atlas for Scintillation Camera Systems, IAEA (International Atomic Energy Agency), 2003.
- [5] E. A. Mosman, "Nuclear medicine," Radiology key, 2016. [Online]. Available: <https://radiologykey.com/nuclear-medicine-3/>.
- [6] J. Perkeges, "Gamma Camera - Uniformity and Other Related Items," Nuclear Medicine Instrumentation, [Online]. Available: <http://www.people.vcu.edu/~mhcrosthwait/clrs322/CameraUniformity.html>.
- [7] H. Ahmadzadehfar and H.-J. Biersack, Clinical applications of SPECT-CT, Springer, 2014.