



SUNDHEDSSTYRELSEN
STRÅLEBESKYTTELSE

Modtage- og statuskontrol af CT-skannere

PROTOKOL



2017

Modtage- og statuskontrol af CT-skannere. Protokol

© Sundhedsstyrelsen, 2017. Publikationen kan frit refereres med tydelig kildeangivelse.

Sundhedsstyrelsen
Islands Brygge 67
2300 København S

www.sst.dk

Sprog: Dansk
Version: 2,0
Versionsdato: 18.12.2017
Format: pdf

Udgivet af Sundhedsstyrelsen, december 2017.

Elektronisk ISBN: 978-87-7104-949-7

Forord

Den teknologiske udvikling inden for CT-skannere skrider hastigt fremad. Anvendelsen er steget voldsomt, og hermed også CT-skanningers bidrag til den samlede kollektive stråledosis. Det er derfor vigtigt at sikre, at skannernes potentiale udnyttes til gavn for patienten med mindst mulig gene til følge. Derfor foretages løbende kvalitetskontrol af udstyret.

På foranledning af en række ansvarlige fysikere blev der i 2008 iværksat en arbejdsgruppe til at udarbejde fælles CT-protokoller til kvalitetskontrol for Danmark. Sundhedsstyrelsen, Strålebeskyttelse har medvirket til de overordnede møder, men ikke været en del af selve arbejdsprocessen. Dette resulterede i en første version, udgivet august 2012.

Nærværende protokol er en opdatering af første version

Der er lavet omfattende ændringer af billedkvalitetskontrollen og registreringsark. Registreringsark er bl.a. opdelt i et til modtagekontrol og et til statuskontrol og baseline. De øvrige dele har blot gennemgået mindre justeringer, mens hele dosimetri-kontrollen uændret.

Protokollen er udelukkende gældende for CT-skannere anvendt til diagnostiske skanninger.

Arbejdsgruppen til version 2 bestod af:

Asbjørn Seegert, 1. forfatter, Medicoteknik Region Syddanmark

Asger Greval Petersen, Region Nordjylland

Jesper Thygesen, Region Midtjylland

Ivanka Sojat Tarp, Region Midtjylland

Evy Holmelund (indledende arbejde), Region Nordjylland

Karen Søndergaard (indledende arbejde), Region Midtjylland

Høringsgruppen til version 2 bestod af:

Fysikere o.a. fra hele landet, der arbejder med kvalitetskontrol af CT-skannere

Leverandører af CT-skannere i Danmark

Sundhedsstyrelsen, Strålebeskyttelse

Arbejdsgruppen til version 1 bestod af:

Asger Greval Petersen

Evy Holmelund

Hans Erik Hjort-Petersen

Birgitte Hinge

Jesper Thygesen

Ivanka Sojat Tarp

Inger Mathilde Kofoed

Asbjørn Seegert

Hans Bomholt Rasmussen

Lars Møller Albrecht

Claus Preston Lund

Ahmed Jibril Abdi

Poul-Erik Braad

Claire Anne Fynbo

Karen Helene Ellegaard Søndergaard

Erik Dupont

Jytte Bak Jeppesen

Stine Groth-Pedersen

Jolanta Hansen

Indhold

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Indledning | 7 |
| 2 | Lejepladebevægelse | 8 |
| 2.1 | Formål | 8 |
| 2.2 | Udstyr | 8 |
| 2.3 | Metode - modtagekontrol | 8 |
| 2.4 | Metode - statuskontrol | 8 |
| 2.5 | Evaluering | 8 |
| 2.6 | Tolerancer | 9 |
| 2.7 | Interval | 9 |
| 3 | Lasermarkører og ortogonalitet | 10 |
| 3.1 | Formål | 10 |
| 3.2 | Udstyr | 10 |
| 3.3 | Metode - modtagekontrol | 10 |
| 3.3.1 | Kontrol af aksial lasermarkør | 10 |
| 3.3.2 | Kontrol af koronal- og sagital lasermarkør | 10 |
| 3.3.3 | Kontrol af ortogonalitet | 11 |
| 3.4 | Metode statuskontrol | 11 |
| 3.5 | Evaluering | 11 |
| 3.6 | Tolerancer | 11 |
| 3.7 | Interval | 11 |
| 4 | Billedkvalitet | 12 |
| 4.1 | Indledning | 12 |
| 4.2 | Om modtagekontrol, dannelse af baseline og statuskontrol | 13 |
| 4.3 | Udstyr | 14 |
| 4.4 | Faste skan- og rekonstruktionsparametre | 15 |
| 4.5 | Registreringsark | 16 |
| 4.6 | Kontroller | 17 |
| 4.6.1 | Kontrol af støj | 17 |
| 4.6.2 | Kontrol af CT-tal målt i homogent vandfantom | 18 |
| 4.6.3 | Kontrol af uniformitet | 19 |
| 4.6.4 | Kontrol af variation af vandværdier i z-retningen ved aksial skanteknik | 21 |
| 4.6.5 | Kontrol af linearitet af CT-tal | 22 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.6.6 | Kontrol af korrekt afstandsgengivelse/ pixelstørrelse | 24 |
| 4.6.7 | Kontrol af snittykkelse | 25 |
| 4.6.8 | Kontrol af rumlig opløsning, MTF (Modulation Transfer Function) i skanplan | 27 |
| 4.6.9 | Kontrol af SSP (Slice Sensitivity Profile) | 29 |
| 4.6.10 | Kontrol af conebeam artefakt | 30 |
| 4.7 | Overblik og sammenhæng i skanmetoder | 32 |
| 4.8 | Interval | 33 |
| 5 | Kontrol af CT-skannere: Dosis | 34 |
| 5.1 | Formål | 34 |
| 5.2 | Udstyr | 34 |
| 5.3 | Metode - modtagekontrol | 34 |
| 5.3.1 | Free-in-air | 34 |
| 5.3.2 | Dosimetrifantom | 35 |
| 5.4 | Metode - Statuskontrol | 36 |
| 5.4.1 | Free-in-air | 36 |
| 5.4.2 | Dosimetrifantom | 36 |
| 5.5 | Evaluering | 36 |
| 5.5.1 | Free-in-air | 36 |
| 5.5.2 | Dosimetrifantom | 37 |
| 5.6 | Tolerancer | 37 |
| 5.7 | Interval | 37 |
| 6 | Referenceliste | 38 |
| 7 | Bilagsfortegnelse | 39 |
| | Bilag 1: Skannere baseret på aksial skanteknik | 40 |
| | Bilag 2: Valgfrie erfaringsmålinger | 42 |
| | Bilag 3: Alignment af Catphan 600-fantom | 43 |
| | Bilag 4: Analyse med CT AutoQA Lite | 47 |
| | Bilag 5: Analyse af MTF og SSP i CT AutoQA Lite | 53 |
| | Bilag 6: Tolkning af resultater af billedkvalitetsanalyse | 55 |
| | Bilag 7: Bemærkninger til version 2 | 57 |
| | Bilag 8: Bemærkninger til version 1 | 63 |

1 Indledning

Ved installation af røntgenudstyr er det vigtigt at sikre sig at leverandørens og brugerens specifikationer samt alle lovkrav opfyldes. Dette gælder selvfølgelig også for CT-skannere. Her anvendes fysiske fantomer med velkendt geometri samt røntgenattenuation.

Derfor foretages altid en modtagekontrol af udstyret inden ibrugtagning ligegyldig om udstyret er nyt, flyttet eller repareret. Ifm. modtagekontrol dannes også baseline, som opfølgende statuskontroller kan holdes op mod.

Den ansvarlige fysiker ansvar for, at der bliver udført modtage- og statuskontrol af udstyret. Det er ønskeligt, at det foregår efter ensartede procedurer på tværs af skannerfabrikat samt geografisk placering, derfor herværende protokol. Ved modtagekontrollen kan desuden testes for parametre specificeret af leverandøren, eller parametre fundet relevante af ansvarlig fysiker.

Til hver test i protokollen hører et faneblad i det dertil udarbejdede registreringsark, hvor alle de foreslåede protokollerede værdier kan indføres. I første faneblad registreres overordnede oplysninger. Registreringsarket beregner visse værdier automatisk ud fra de indtastede oplysninger. Registreringsarket giver dermed god mulighed for analyser af skannernes ydeevne over tid, og ligeledes for indbyrdes sammenligning mellem skannere af samme model.

For at undgå misforståelser anbefales det at afholde et møde imellem afdelingens brugere, den ansvarlige fysiker samt leverandøren for at fastlægge hvilke kliniske CT-skanningsparametre, der skal anvendes i den praktiske udførelse af denne protokol. Mødet skal være afholdt i god tid, så leverandøren kan oprette protokollerne på skanneren under installationen og modtagekontrollen kan foregå i umiddelbar forlængelse af installationen.

Inden kontrollerne beskrevet i denne protokol kan udføres, skal der foreligge en fuld installationsprøve følgende producentens krav og anbefalinger, der dokumenterer, at maskinel og systemprogrammel er klar til påbegyndelse af modtagekontrol.

Denne protokols procedurer er baseret på gældende IEC-standarder [1,4]. Muligvis kommer der nye mere tidssvarende standarder indenfor dosimetri inden for en overskuelig fremtid [8]. Den benyttede dosisterminologi følger ikke den af IAEA foreslåede terminologi [9], og afvigelserne herfra forklares i fodnoter ved introduktion af de relevante termer.

Denne protokol omhandler ikke kontrol af dosismodulering. Kontrol af denne er stadig under udarbejdelse og vil komme med i næste version.

2 Lejepladebevægelse

2.1 Formål

At kontrollere at bevægelsen af lejet foregår præcist og uden hysteres.

2.2 Udstyr

- Lineal på min. 70 cm med mm-inddeling, tape, pen
- Vægt på ca. 135 kg.

2.3 Metode - modtagekontrol

Nøjagtigheden af lejepladebevægelsen testes ved at bevæge lejepladen frem og tilbage under belastningen af ca. 135 kg jævnt fordelt på lejet.

Benyt lavest mulige kV, lavest mulige mAs og en moderat rotationstid (1 sek). Billedkvalitet er uden betydning.

Monter linealen på lejepladen med midten af linealen centreret i ydre lasermarkering. Aflæs linealen ved ydre lasermarkering (værdien C), og protokoller denne. Dette er lejets 0-position.

Kør dernæst en skanprotokol, der fra 0-positionen først flytter lejet (L) 30 cm frem mod gantryet (L-frem) og dernæst tilbage til 0-punktet (C-frem), derefter 30 cm væk fra gantryet (L-tilbage) og tilbage til 0 (C-tilbage). Ved hver position aflæses linealen ved ydre lasermarkering, og den faktiske position noteres i registrerings-arket.

Gentag ovenstående, men bevægelsen skal denne gang ske i form af 30 step á 10 mm. Lejebevægelsen bliver således igen 30 cm i hver retning fra 0-positionen.

Vedr. belastning af leje

Ovenstående metode gentages uden belastning af lejet. Hvis resultatet er det samme som for det belastede leje, kan belastning undværes ved efterfølgende kontroller.

2.4 Metode - statuskontrol

Samme metode som ovenfor. Bemærk, at belastning af leje muligvis kan undværes.

2.5 Evaluering

Forskellen mellem faktisk og forventet yderposition angiver lejepladebevægelsens præcision, forskellen mellem initial 0-position og aktuel 0-position ved stop fra hhv. bevægelsen frem og tilbage angiver hysteresen i begge skan-retninger.

2.6 Tolerancer

Skannere anmeldt efter november 2004 [1,2]:

- ± 1 mm afvigelse på bevægelse frem/tilbage
- ± 1 mm afvigelse på positionering i 0-positionen

Skannere anmeldt til og med november 2004:

- ± 2 mm afvigelse på bevægelse frem/tilbage
- ± 2 mm afvigelse på positionering i 0-positionen

Forskel på bevægelse med/uden belastning af leje:

- Ved ± 0 mm kan belastning fremadrettet undværes

2.7 Interval

Kontrollen udføres årligt.

3 Lasemarkører og ortogonalitet

3.1 Formål

At kontrollere at positionering ved hjælp af de integrerede lasemarkører er i overensstemmelse med billedfeltets 0-position og centreringen i isocenter.

3.2 Udstyr

Det anbefales at udføre testen med følgende udstyr:

- Fantom: Catphan 600 fra "The Phantom Laboratory" eller lignende
- Lineal på min. 70 cm med mm-inddeling, tape, pen

3.3 Metode - modtagekontrol

Der skannes med protokollen sat op til "head first supine".

3.3.1 Kontrol af aksial lasemarkør

Fantomet centrerer i gantryets ydre lasemarkører, og 0-position vælges på skanneren. Dernæst flyttes fantomet til indre lasemarkørs position ved brug af skannerens automatiske fremføring af leje fra ydre til indre lasemarkørs position.

Lejets position protokolleres i feltet 'fremført position'. Hvis fantomets 0-markering ikke er centreret i indre lasemarkør, flyttes lejet, og den justerede position noteres. Ny 0-position for centrering i indre lasemarkør markeres på skanneren.

Der udføres en spiralskanning med tyndest mulig snittykkelse fra ca. 3 mm før til 3 mm efter fantomets 0-markering.

Billedserien rekonstrueres med tyndest mulig snittykkelse med et increment på højst 0,3 mm. Placeringen af fantomets 0-markering i forhold til skanplan skal nu bestemmes.

Dette gøres ved at protokollere positionen af det første snit (det mest kraniele), hvor 0-positionen i fantomet kan anes, i feltet 'første markering'. Dernæst protokolleres positionen af det sidste snit (det mest kaudale), hvor 0-positionen i fantomet kan anes, i feltet 'anden markering'.

Bemærk: Positionen af et snit skal protokolleres med fortegn og som midten af det pågældende snit.

3.3.2 Kontrol af koronal- og sagital lasemarkør

Nøjagtigheden af koronal- og sagital lasemarkør i forhold til centrering i isocenter kan aflæses som forskydningen af fantomets centrering i skanplanet. Denne forskydning bestemmes under kontrol af fantompositionering i forbindelse med opsætning og skanning af Catphan fantomet

(se proceduren for kontrol af billedkvalitet samt bilag 4 ”Vejledning for skanning af Catphan fantom og analyse i CT AutoQA Lite”).

Alternativt kan f.eks. spidsen af en blyant centreres i skanplanet, et enkel snit skannes, og afvigelsen fra isocenter bestemmes ved at tilføje billedet et målegitter.

3.3.3 Kontrol af ortogonalitet

For kontrol af ortogonalitet sænkes lejet til laveste position i gantryet, og ydre aksiale lasermarkering på lejet markeres. Dernæst hæves lejet til højeste position i gantryet, og ydre aksiale lasermarkering markeres på ny. Afvigelsen mellem de to markeringer protokolleres i feltet ”ortogonalitet”.

3.4 Metode statuskontrol

Udførelse af statuskontrollen er identisk med modtagekontrollen.

Resultaterne fra statuskontrollen holdes op mod baseline.

3.5 Evaluering

Ud fra de målte værdier beregnes afvigelsen mellem de integrerede lasermarkører og skanplan automatisk i registreringsarket.

Der evalueres desuden afvigelse på centrering i isocenter samt ortogonalitet af ydre lasermarkør.

3.6 Tolerancer

Alle lasermarkører [1,2]: ± 2 mm

Ortogonalitet: ± 1 mm

3.7 Interval

Testen udføres årligt.

4 Billedkvalitet

4.1 Indledning

Denne vejledning for kontrol af billedkvalitet er baseret på IEC standarderne ”IEC 61223-3-5 Acceptance test” [1] og ”IEC 61223-2-6 Constancy test” [4]. Dette medfører tre typer af målinger: Modtagekontrol jf. ”IEC acceptance”, dannelse af baseline og årlig opmåling mod denne (statuskontrol) jf. ”IEC constancy”.

Tabel 1 lister alle de fysiske størrelser der skal måles, samt i hvilket omfang de skal måles ved modtagekontrol, dannelse af baseline og statuskontrol.

| | Afsnit | Ved installation og efter reparation | | Arligt |
|---|--------|--------------------------------------|------------------|---------------|
| | | Modtagekontrol | Baseline | Statuskontrol |
| Støj | 4.6.1 | x | x | x |
| CT-tal i homogent vandfantom | 4.6.2 | x | (x) ¹ | x |
| Uniformitet af CT-tal i homogent vandfantom | 4.6.3 | x | x | x |
| Variation af vandværdier langs detektoren ved aksial skanteknik | 4.6.4 | x | (x) ² | x |
| Linearitet af CT-tal | 4.6.5 | x | | x |
| Korrekt afstandsgengivelse/pixelstørrelse | 4.6.6 | x | | |
| Snittykkelse | 4.6.7 | x | | x |
| Rumlig opløsning, ”MTF” i skanplan | 4.6.8 | x | x | x |
| Snitsensitivitetsprofil ”SSP” | 4.6.9 | x | x | x |
| Conebeam artefakt | 4.6.10 | x | | |

Tabel 1

Undtagelse for udførelse efter denne vejledning:

Kontroller af billedkvalitet, der ikke udføres efter denne vejledning, kan accepteres, hvis

- 1) de anvendte metoder er i overensstemmelse med IEC-acceptance og IEC constancy og
- 2) omfanget af skanprotokoller, analyser mm. fuldt ud dækker indholdet i denne vejledning. I forhold til at opnå forhold 2 kan der suppleres med enkelte af kontrollerne fra denne vejledning.

¹ Anvendelse af baseline afhænger af tolerance ved modtagekontrol. Se afsnit 4.6.2.

4.2 Om modtagekontrol, dannelse af baseline og statuskontrol

Umiddelbart før udførelse af modtagekontrol skal skanneren luft- og vandkalibreres.

Umiddelbart før udførelse af statuskontrol skal skanneren som minimum luftkalibreres.

Modtagekontrol

Ved en modtagekontrol i forhold til billedkvalitet skal det eftervises, at skannerens billedkvalitet lever op til fabrikantens specifikationer og/ eller krav stillet af den ansvarlige fysiker. Modtagekontrol udføres efter installation og helt eller delvist efter reparationer.

Ved udførelse af modtagekontrol skal en af følgende to metoder anvendes:

Metode 1²:

Efter fabrikantens anvisning samt i overensstemmelse med IEC standarden 61223-3-5. Alle fysiske størrelser listet i tabel 1 skal kontrolleres.

Kontrol af ”CT-tal målt i vandhomogent fantom” (4.6.2), ”Kontrol af variation af vandværdi langs detektoren ved aksial skanteknik” (4.6.4) og ”Kontrol af cone beam artefakt” (4.6.10) udføres efter kontrolmetoderne beskrevet i denne vejledning³. Dog gælder undtagelsen beskrevet i afsnit 5.1 stadig.

Metode 2:

Ifølge kontrolmetoderne beskrevet i denne vejlednings afsnit 4.6. Hvis denne metode følges, skal der ikke udføres supplerende måling til dannelse af baseline.

For begge metoder gælder tolerancerne givet i afsnit 4.6.

Baseline

I umiddelbar forlængelse af modtagekontrollen dannes en baseline, som definerer skannerens tekniske billedkvalitet ved klinisk relevante protokoller. Formålet med baseline er, at kunne eftervise, at skanneren er på samme niveau ved efterfølgende kontroller.

Der skal dannes en ny baseline efter installation og helt eller delvist efter reparationer. Baseline dannes ud fra kontrolmetoderne beskrevet i afsnit 4.6.

Ikke alle fysiske størrelser der måles ved statuskontrol kræver en baseline. Se tabel 1 og 3.

Da baseline udelukkende anvendes ved evaluering af fremtidige statuskontroller, kan et kortere tidsrum mellem udført modtagekontrol og dannelse af baseline accepteres. Som udgangspunkt bør baseline udføres senest 14 dage efter modtagekontrol.

² Metode 1 udgør udgangspunktet for IEC standarden 61223-3-5.

³ Begrundelse for de skærpede krav til kontrol af vandværdier gives i bilag om trufne beslutninger.

Statuskontrol

Udføres årligt og består af kontrol af forskellige fysiske størrelser, der beskriver billedkvaliteten. Statuskontrol udføres ifølge kontrolmetoderne beskrevet i afsnit 4.6. Kontrollen af den enkelte fysiske størrelse vil enten være en opmåling, hvor tolerancen afhænger af en baselineværdi (relativ kontrol) eller en kontrol, hvor tolerancen ikke afhænger af en baselineværdi (absolut kontrol).

Det er yderst vigtigt, at de relative kontroller udføres på præcis samme måde som ved dannelsen af baseline. Derfor skal alle rekonstruerede billedserier, der indgår i sådanne analyser gemmes i DICOM format, så det er muligt at krydstjekke (via DICOM header) skanparametre og teknikker. Erfaringsmæssigt er det formålstjenligt at have mulighed for at lave supplerede analyser på data fra tidligere kontroller og baseline i forbindelse med evaluering af relative kontroller.

4.3 Udstyr

De forskellige kontroller kan udføres med følgende udstyr:

Fantomer

- Catphan 600 fra "The Phantom Laboratory" eller nyere,^{4,5}[5]
- Skannerens systemfantom indeholdende homogent område kun med vand

For at undgå at resultater påvirkes af variationer mellem samme type fantom, anbefales det så vidt muligt at anvende de samme fysiske fantomer hver gang. Serienummer "SN" for anvendte fantomer skal altid noteres i registreringsarket.

Da et materiales vekselvirkning med røntgenstråling afhænger af materialets temperatur, anbefales det at anvendte fantomer altid har stuetemperatur. Et fantom med stuetemperatur vil f.eks. resultere i markant anderledes CT-tal, end et fantom som er koldt efter at have stået i bilens bagagerum⁶.

Automatisk software til billedkvalitetsanalyse

- CT AutoQA Lite version 3.1.01 release 1d eller nyere fra "IRIS QA" [6]
- Software til reproducerbar analyse af vandbilleder fra skannerens systemfantom

⁴ Alle angivelser af modulnummer mm. er i denne vejledning baseret på Catphan 600.

⁵ Ved udarbejdelse af denne protokol er det kun afprøvet succesfuldt, at billeder fra skanning af Catphan 600 kan analyseres med den anbefalede version af analyse-software "CT AutoQA Lite".

⁶ Hvis fantomet er koldt, anbefales det at udføre billedkvalitetsmålingen som den sidste i serien af målinger mhp. at fantomet kan opnå stuetemperatur.

4.4 Faste skan- og rekonstruktionsparametre

Hvis ikke specificeret under den enkelte kontrol, anvendes følgende faste skan- og rekonstruktionsparametre:

Skanneparametre

| | |
|------------------------------------|--|
| Pitch (spiral skan) | Tættest muligt på 1 |
| Afstand mellem rotationer (aksial) | Uden overlap og uden mellemrum |
| Kollimering | Den klinisk mest relevante (Hvis kollimeringen kan opnås med forskellige detektorkonfigurationer, vælges den mest anvendte kliniske detektorkonfiguration) |
| FOV ⁷ skannet | Fantomdiameter plus 1 cm (21 cm for Catphan fantom) |
| mAs | 200 |
| Dosismodulering | Slået fra |

Skannområde

For den enkelte kontrol skal der skannes over en specifik del af fantomet. Typisk kan hele fantomet skannes på en gang, da mange kontroller har identiske skan- og rekonstruktionsparametre og kun adskiller sig ved den del af fantomet, der analyseres

Rekonstruktionsparametre

| | |
|--|---|
| Rekonstrueret snittykkelse | 5 mm eller tættest derpå |
| Increment (afstand mellem billeder) | Svarende til den rekonstruerede snittykkelse |
| Rekonstruktionsfilter/kernel/algoritme | Vælg det rekonstruktionsfilter, der typisk anvendes sammen med den valgte rørspænding og det fysiske filter |
| Matrix | 512x512 |
| FOV rekonstrueret | Fantomdiameter plus 1 cm (21 cm for Catphan fantom) – som under skanning |

⁷ FOV: Field of view

Om dual energy og dual source skannere:

- Hvis det angives, at en kontrol bør udføres ved ”alle kV”, bør der så vidt muligt suppleres med måling ved strålekvaliteter repræsenterende brug af dual energy og/eller dual source
- Hvis det angives, at kontrol bør udføres ved ”klinisk relevant kV”, kan man overveje at supplere med kontrol ved strålekvaliteter repræsenterende brug af dual energy og/eller dual source.

4.5 Registreringsark

Der er udarbejdet registreringsark til hhv. modtagekontrol og til baseline/statuskontrol, som udfører de nødvendige beregninger og angiver, om tolerancer er overholdt, når data indtastes.

Registreringsark til modtagekontrol: Hvis en tolerance er overholdt, angives grønt felt ”OK”. Hvis en tolerance ikke er overholdt, angives enten rødt felt ”IKKE OK”. Registreringsarket er udført mhp. at det skal være muligt at tilrette efter den enkelte fabrikants metode og tolerance. Bemærk, at fabrikantens egen tolerance flere steder manuelt skal indarbejdes. Det er også muligt at henvise til, at dokumentation for kontrol er udført på anden vis.

Registreringsark til baseline/statuskontrol: Hvis en tolerance ved statuskontrol er overholdt, angives grønt felt ”OK”. Hvis en tolerance ikke er overholdt, angives enten rødt felt ”IKKE OK” eller gult felt ”Vurdering”. Ved bemærkning om ”Vurdering” skal den ansvarlige fysiker redegøre i bemærkningsfeltet for den videre brug af skanneren herunder eventuel uddybende fejlsøgning og udbedring. De gule felter med beskeden om vurdering er indført, da arbejdsgruppen mangler erfaring for rimeligheden i kategorisk at tage en skanner (eller de typer protokoller, der medfører overskridelse) ud af drift ved overskridelse af IEC-tolerancerne. De gule felter med besked om vurdering findes i statuskontroller af billedkvalitet for måling af følgende fysiske størrelser:

- Støj
- Uniformitet af CT-tal i homogent fantom
- Snittykkelse
- Rumlig opløsning ”MTF” i skanplan

Baselineværdier til dosismålingerne kan direkte overføres fra modtagekontrollen.

Baselineværdier til billedkvalitet kan kun overføres fra modtagekontrollen, hvis metode 2 er anvendt.

For kontrol af lejepladebevægelse og, laserlys er de to registreringsark identiske.

4.6 Kontroller

Dette afsnit giver en udførlig beskrivelse af formål, fremgangsmåde (metode 2) og tolerancer for kontrol af de enkelte fysiske størrelser.

Bemærk, at kontrollerne i afsnit 4.6.1, 4.6.2 og 4.6.3 kan baseres på samme skanserier.

4.6.1 Kontrol af støj

Formål: Kontrollere at billedstøjen - udtrykt ved spredning i CT-tallet - i et homogent fantom er i overensstemmelse med gældende tolerancer for klinisk relevante protokoller.

Metode:

Udføres ved modtagekontrol/ dannelse af baseline samt statuskontrol.

Skannerens systemfantom anvendes.

Fantomet placeres i medfølgende fantomholder og centrerer til isocenter. Alternativt kan det placeres på lejet og centrerer til isocenter (noter i registreringsark).

Følgende antal skanninger foretages.

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|---------------|
| Spiral | Alle | Body mode |
| Spiral | Klinisk relevant | Head mode |

Hver skanning udføres efter de faste parametre givet i afsnit 4.4 med følgende tilføjelser:

Skanområde

Over systemfantomets homogene vanddel.

For hver billedserie udvælges et billede, som stammer fra midten af systemfantomets vanddel. Billedet må ikke indeholde luftbobler, der påvirker analysen.

For hver udvalgt billede indtegnes central cirkulær ROI med diameter på 40 % af fantomdiameter. Anvend med fordel skannerens virtuelle koordinatsystem /grid.

Noter standard afvigelse "SD" fra hver ROI.

Udføres analysen ikke direkte på skanneren, men f.eks. vha. ekstern software, skal man være opmærksom på om softwaren viser CT-tal med enheden HU.

4.6.1.1 Tolerancer

Modtagekontrol: Efter fabrikantens anvisninger. Dog bør følgende minimumskrav være opfyldt for et givent homogent materiale:

- Standardafvigelse for central cirkulære ROI med diameter på 40 % af fantomdiameter skal være inden for ± 15 % af den nominelle værdi
- Overholdes de nævnte minimumskrav ikke, skal der redegøres for, at fabrikantens anvisninger er overholdt

Statuskontrol:

- Standardafvigelse for central cirkulær ROI med diameter på 40 % af fantomdiameter skal være inden for 10 % eller $\pm 0,2$ HU af baseline.

4.6.2 Kontrol af CT-tal målt i homogent vandfantom

Formål: Kontrollere at CT-tal målt i et homogent vandfantom er i overensstemmelse med gældende tolerancer for klinisk relevante protokoller.

Metode:

Udføres ved modtagekontrol/ dannelse af baseline(afhængigt af valgt tolerance) samt statuskontrol.

Skannerens systemfantom anvendes.

Fantomet placeres i medfølgende fantomholder og centrerer til isocenter. Alternativt kan det placeres på lejet og centrerer til isocenter (noter i registreringsark).

Følgende antal skanninger foretages:

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|---------------|
| Spiral | Alle | Body mode |
| Spiral | Klinisk relevant | Head mode |

Hver skanning udføres efter de faste parametre givet i afsnit 4.4 med følgende tilføjelser:

Skanområde

Over systemfantomets homogene vanddel

For hver billedserie udvælges et billede, som stammer fra midten af systemfantomets vanddel. Billedet må ikke indeholde luftbobler, der påvirker analysen.

For hver udvalgt billede indtegnes central cirkulær ROI med diameter på 10 % af fantomdiameter. Anvend med fordel skannerens virtuelle koordinatsystem /grid.

Noter middelværdi fra hver ROI.

Udføres analysen ikke direkte på skanneren, men f.eks. vha. ekstern software, skal man være opmærksom på om softwaren viser CT-tal med enheden HU.

4.6.2.1 Tolerancer

Modtagekontrol:

Et af følgende to punkter skal være opfyldt:

1. CT-tal målt i homogent vandfantom og i central ROI på 10 % af fantomdiameter skal ligge i intervallet 0 ± 4 HU⁸.
2. CT-tal målt i homogent vandfantom og i central ROI på 10 % af fantomdiameter skal ligge i interval omkring 0 HU efter fabrikantens angivelse. (Anvendes denne tolerance, vil der ved statuskontrol blive suppleret med krav om, at CT tallet samtidigt højst må variere ± 4 HU i forhold til baseline).

Ønskes der ved modtagekontrol en evaluering af CT-tal for andre materialer end vand, bør denne udføres efter fabrikantens anvisninger samt i overensstemmelse med IEC standarden 61223-3-5 og med tolerancer angivet af fabrikanten.

Statuskontrol:

Et af følgende to punkter skal være opfyldt:

- Hvis tolerance 1 er anvendt ved modtagekontrol:
CT-tal målt i homogent vandfantom og i central ROI på 10 % af fantomdiameter skal ligge i intervallet 0 ± 4 HU
- Hvis tolerance 2 er anvendt ved modtagekontrol:
CT-tal målt i homogent vandfantom fantom og i central ROI på 10 % af fantomdiameter skal ligge i interval omkring 0 HU efter fabrikantens angivelse, og må samtidigt højst variere ± 4 HU i forhold til baseline⁹.

4.6.3 Kontrol af uniformitet

Formål: Kontrollere at uniformiteten – i form af CT-tal centralt og perifert af homogent fantom – er i overensstemmelse med gældende tolerancer for forskellige fysiske filtreringer af røntgenstrålen.

Metode:

Udføres ved modtagekontrol/ dannelse af baseline samt statuskontrol.

Skannerens systemfantom anvendes.

Fantomet placeres i medfølgende fantomholder og centrerer til isocenter. Alternativt kan det placeres på lejet og centrerer til isocenter (noter i registreringsark).

⁸ Hvis vand-kalibreringsrutinen anvender større ROI, kan værdier fra 40 % ROI, som indtegnet i støj-testen, anvendes til evaluering af denne tolerance (noter i registreringsark).

⁹ Bemærk at fabrikantens angivelse stadig udgør de ydre grænser for acceptabel værdi.

Følgende antal skanninger foretages:

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|---------------|
| Spiral | Klinisk relevant | Body mode |
| Spiral | Klinisk relevant | Head mode |

Hver skanning udføres efter de faste parametre givet i afsnit 4.4 med følgende tilføjelser:

Skanområde

Over systemfantomets homogene vanddel

For hver billedserie udvælges et billede, som stammer fra midten af systemfantomets vanddel. Billedet må ikke indeholde luftbobler, der påvirker analysen.

For hvert udvalgt billede indtegnes fem cirkulære ROI med diameter på 10 % af fantomdiameter. En ROI placeres centralt og fire ROIs placeres perifert kl. 12, kl. 15, kl. 18 og kl. 21, således den mindste afstand målt fra yderkanten af ROI til den indre væg af systemfantomet er ca. 1 cm. Anvend med fordel skannerens virtuelle koordinatsystem /grid.

Noter middelværdi fra hver ROI.

Uniformitet UN beregnes ved fire værdier, som forskellen mellem værdien i centrale ROI og hver af de perifere ROI.

$$UN_a = CT\text{-tal}_{\text{center}} - CT\text{-tal}_{\text{periferi},a}$$

a: klokken 12, 15, 18, 21

Udføres analysen ikke direkte på skanneren, men f.eks. vha. ekstern software, skal man være opmærksom på om softwaren viser CT-tal med enheden HU.

4.6.3.1 Tolerancer

Modtagekontrol:

Efter fabrikantens anvisninger. Dog bør følgende minimumskrav være overholdt:

- Absolutte uniformitet (hver af de fire absolutte forskelle) bør være mindre eller lig 4 HU
- Overholdes de nævnte minimumskrav ikke, skal der redegøres for, at fabrikantens anvisninger er overholdt

Statuskontrol:

- Uniformiteten (hver beregnet forskel) skal være ± 2 HU i forhold til baseline

- Den absolutte uniformitet (hver af de fire absolutte forskelle) bør være mindre eller lig 4 HU
- Overholdes kravet til absolut uniformitet ikke, skal der redegøres for, at fabrikantens anvisninger er overholdt.

4.6.4 Kontrol af variation af vandværdier i z-retningen ved aksial skanteknik

Formål: At sikre en acceptabel variation af vandværdier i z-retningen ved en aksial skanning.

Metode:

Udføres ved modtagekontrol/ dannelse af baseline (afhængigt af valgt tolerance) samt statuskontrol.

Kontrollen udføres kun i det omfang, at der anvendes kliniske protokoller med aksial skanteknik.

Der anvendes skannerens systemfantom. Fantomet skal placeres i medfølgende fantomholder og centreret til isocenter. Alternativt kan det placeres på lejet og centreret til isocenter (noter i registreringsark).

Følgende antal skanninger foretages:

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|--|
| Aksial | Klinisk relevant | Body mode hvis anvendt klinisk ved aksial skanteknik |
| Aksial | Klinisk relevant | Head mode hvis anvendt klinisk ved aksial skanteknik |

Hver skanning udføres efter de faste parametre givet i afsnit 4.4 med følgende tilføjelser:

Skanneparametre

| | |
|-------------|--|
| Kollimering | Klinisk anvendte aksiale kollimeringer |
|-------------|--|

Skannområde

| |
|--|
| Der skal placeres én rotation centralt over systemfantomets homogene vanddel |
|--|

For hver skanserie udvælges et antal billeder der repræsenterer hele detektorbredden. Brug følgende guide, som tager udgangspunkt i skanning med snittykkelse på 5 mm eller tættest derpå:

- Kollimering under 4 cm. Vælg alle billeder¹⁰
- Kollimering på 4 cm. Alle 8 billeder fra rotationen vælges
- Kollimering på 8 cm. Hvert andet billede vælges (fysisk mellemrum på 5 mm mellem hvert billede)
- Kollimering på 16 cm. Der vælges hvert fjerde billede (fysisk mellemrum på 15 mm mellem hvert billede)

Indtegn en cirkulær ROI med diameter svarende til 10 % af fantomdiameter i midten af alle billeder. Anvend med fordel skannerens virtuelle koordinatsystem /grid.

Noter CT-tal og SD for alle ROI i registreringsarket.

Udføres analysen ikke direkte på skanneren, men f.eks. vha. ekstern software, skal man være opmærksom på om softwaren viser CT-tal med enheden HU.

4.6.4.1 Tolerancer

Modtage- og statuskontrol:

- Variationen i z-retningen skal være forenelig med den forventede kvalitet¹¹
- Overensstemmelse i forhold til anvendte tolerance ved kontrol af CT-tal i homogent-vandfantom¹².

4.6.5 Kontrol af linearitet af CT-tal

Formål: Eftervise at der er en lineær sammenhæng imellem røntgenattenuation og CT-tal fra det mindst til det mest røntgentætte materiale.

Metode:

Udføres ved modtagekontrol samt statuskontrol.

Placér Catphan fantomet som beskrevet i bilag 3 ”Alignment af Catphan 600 fantom”.

Følgende antal skanninger foretages:

¹⁰ Anvend evt. en anden mere klinisk relevant snittykkelse og herfra et antal billeder, der repræsenterer hele detektorbredden.

¹¹ Se uddybning i bilag 7 om trufne beslutninger.

¹² For hvert enkelt snit bør den anvendte tolerance i kontrol af CT-tal i homogent vandfantom være gældende. Vær dog opmærksom på variation fra nabosnit til nabosnit ved aksial skanteknik. Se bilag 1. Hvis resultater fra statuskontrol holdes op mod en baseline, skal man forsøge at sikre, at det er samme snit i rotationen (samme detektorrækker) der sammenlignes.

Modtagekontrol:

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|---------------|
| Spiral | Alle | Body mode |
| Spiral | Klinisk relevant | Head mode |

Statuskontrol:

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|---------------|
| Spiral | Klinisk relevant | Body mode |
| Spiral | Klinisk relevant | Head mode |

Hver skanning udføres efter de faste parametre givet i afsnit 4.4 med følgende tilføjelser:

Skanområde

Over den del af fantomet, der indeholder indsatser med forskellige materialer.

Anvendes Catphan 600: Hele modul CTP404

Overfør billedserierne til en pc med den nødvendige analyse-software installeret (f.eks. CT Auto QA Lite)¹³.

For hver skanning baseres analysen af lineariteten på det centrale billede i modul CTP404, hvor den øverste hvide bjælke er bedst defineret ¹⁴.

Ved brug af CT AutoQA Lite:

Kør en automatisk analyse i CT AutoQA Lite af billedserierne (relevant billede fra hver serie vælges som et af trinene i denne analyse).

Det fremkomne PDF-dokument, der genereres fra den automatiske analyse, gemmes under et logisk navn. Fra PDF-dokumentet protokolleres følgende værdier¹⁵:

- Regressionskoefficient "R"

| | | | |
|----------------|---|--------------------------|--------------|
| CT # Linearity | Contrast Scale: 0.000192 | Effective Energy: 70 keV | R = 0.999990 |
| | Material Teflon Air LDPE Delrin Acrylic Polystyrene PMP | | |
| | CT# 956.1 -987.6 -79.2 360.1 128.9 -29.4 -175.7 | | |

¹³ Man kan nøjes med at overføre de billeder, som indgår i analysen.

¹⁴ Se bilag 4.

¹⁵ PDF dokumenter med resultat af CT-tal som indgår i analysen arkiveres separat

4.6.5.1 Tolerancer¹⁶

Modtagekontrol:

Efter fabrikantens anvisninger. Denne bør inkludere en eftervisning af, at der er en lineær sammenhæng imellem røntgenattenuation og CT-tal fra det mindst til det mest røntgentætte materiale.

Statuskontrol:

Eftervisning af, at der er en lineær sammenhæng imellem røntgenattenuation og CT-tal fra det mindst til det mest røntgentætte materiale.

4.6.6 Kontrol af korrekt afstandsgengivelse/ pixelstørrelse

Formål: At kontrollere skannerens evne til i skanplan (x- og y-plan) at gengive afstanden mellem velkendte objekter korrekt i en veldefineret matrix.

Metode:

Udføres kun ved modtagekontrol.

Placér Catphan fantomet som beskrevet i bilag 3 ”Alignment af Catphan 600 fantom”.

Følgende antal skanninger foretages:

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|---------------|
| Spiral | Klinisk relevant | Body mode |

Hver skanning udføres efter de faste parametre givet i afsnit 4.4 med følgende tilføjelser:

Skanområde

Over den del af fantomet, der indeholder indsatser med forskellige materialer.

Anvendes Catphan 600: Hele modul CTP404.

Overfør billedserien til en pc med den nødvendige analyse-software installeret (f.eks. CT AutoQA Lite)¹⁷.

Analyse af ”korrekt afstandsgengivelse/pixelstørrelse” baseres på det centrale billede i modul CTP404, hvor den øverste hvide bjælke er bedst defineret¹⁸.

¹⁶ For fortolkning af tolerance se bilag 6.

¹⁷ Man kan nøjes med at overføre de billeder, som indgår i analysen.

¹⁸ Se bilag 4.

Ved brug af CT AutoQA Lite:

Kør en automatisk analyse i CT AutoQA Lite af billedserien. (relevant billede fra billedserien vælges som et af trinene i denne analyse).

Det fremkomne PDF-dokument, der genereres fra den automatiske analyse, gemmes under et logisk navn. Fra PDF-dokumentet protokolleres følgende værdier:

- ”X-Axis(mm)” og ”Y-Axis(mm)”.

| | | | |
|------------|--|------------|------------|
| Pixel Size | Expected(mm) | X-Axis(mm) | Y-Axis(mm) |
| | 0.41 | 0.41 0.41 | 0.41 0.41 |
| | Phantom Rotation : 0.5 degrees | | |
| | Phantom Center is 0.00 mm RIGHT OF CENTER and 0.41 mm BELOW CENTER | | |

4.6.6.1 Tolerancer

Efter fabrikantens anvisninger. Dog skal der som minimum gælde:

- Den målte pixelstørrelse (baseret på antal pixler mellem to objekter i fantom, samt forhåndskendskab afstanden mellem objekterne) må kun afvige 5 % fra den forventede pixelstørrelse (baseret på matrix og FOV).

4.6.7 Kontrol af snittykkelse

Formål: At kontrollere om skanneren kan rekonstruere snittykkelser, hvis FWHM (full width at half maximum) er i overensstemmelse med nominelle værdi indenfor gældende tolerance.

Metode:

Udføres ved modtagekontrol samt statuskontrol.

Placér Catphan fantomet som beskrevet i bilag 3 ”Alignment af Catphan 600 fantom”

Følgende antal skanninger foretages:

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|---------------|
| Aksial | Klinisk relevant | Body mode |

Hver skanning udføres efter de faste parametre givet i afsnit 4.4 med følgende tilføjelser:

| Skannparametre | |
|----------------|--|
| Kollimering | Kollimering vælges efter de kliniske protokoller som er anvendt til at udpege de klinisk relevante snittykkelser |

Skonområde

Anvendes Catphan 600: <Modul CTP591 og dens bead rampe
(samt modul CTP404 ved anvendelse af CT AutoQA Lite)

Rekonstruktionsparametre

| | |
|--|---|
| Rekonstrueret snittykkelse | Forskellige klinisk relevante snittykkelser, fra tyndest mulige til de tykkeste anvendt |
| Rekonstruktionsfilter/kernel/algoritme | Vælg rekonstruktionsfilter uden udglattende effekt |

Analyse:

Overfør billedserien til en pc med den nødvendige analyse-software installeret (f.eks. CT AutoQA Lite)¹⁹.

Analysen af snittykkelse baseres på bead-rampe i det centrale billede i modul CTP591, hvor den øverste hvide bjælke er bedst defineret²⁰.

Ved brug af CT AutoQA Lite:

Kør en automatisk analyse i CT AutoQA Lite af billedserierne (relevant billede fra hver serie vælges som et af trinene i denne analyse).

Det fremkomne PDF-dokument, der genereres fra den automatiske analyse, gemmes under et logisk navn. Fra PDF-dokumentet protokolleres følgende værdier fra analysen over bead-rampen:

- Avg. slice width

| | | |
|-----------------------------|---|--------------|
| Slice Thickness (Bead Ramp) | Expected(mm) | Measured(mm) |
| | 1.00 | 1.25 1.25 |
| | Avg Slice Width: 1.25 mm Ramp Angle (deg): 10.0 | |
| | Table Position Offset: 0.11 mm | |
| | Vertical Angle : 0.0 degrees | |
| Spatial Resolution (MTF) | Critical Frequencies (cy/cm) | |

4.6.7.1 Tolerancer

Modtagekontrol:

Efter fabrikantens anvisning.

Dog bør følgende som minimum gælde:

¹⁹ Man kan nøjes med at overføre de billeder, som indgår i analysen.

²⁰ Ved automatisk analyse, skal billedserien også indeholde det centrale billede fra CTP modul CTP404.

- Nominel snit-tykkelse < 1 mm: Forskel mellem målt værdi og nominel værdi skal være mindre end $\pm 0,5$ mm
- Nominel snit-tykkelse fra og med 1 mm til og med 2 mm: Relativ forskel i procent mellem målt værdi og nominel værdi skal være indenfor ± 50 %
- Nominel snit-tykkelse > 2 mm: Forskel mellem målt værdi og nominel værdi skal være mindre end $\pm 1,0$ mm.

Statuskontrol:

- Nominel snit-tykkelse < 1 mm: Forskel mellem målt værdi og nominel værdi skal være mindre end $\pm 0,5$ mm
- Nominel snit-tykkelse fra og med 1 mm til og med 2 mm: Relativ forskel i procent mellem målt værdi og nominel værdi skal være indenfor ± 50 %
- Nominel snit-tykkelse > 2 mm: Forskel mellem målt værdi og nominel værdi skal være mindre end $\pm 1,0$ mm.

4.6.8 Kontrol af rumlig opløsning, MTF (Modulation Transfer Function) i skanplan

Formål: At kontrollere at den rumlige opløsning udtrykt ved MTF er i overensstemmelse med gældende tolerance.

Metode:

Udføres ved modtagekontrol/ dannelse af baseline samt statuskontrol.

Placer Catphan fantomet som beskrevet i bilag 3 ”Alignment af Catphan 600 fantom”.

Følgende antal skanninger foretages:

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|---------------|
| Aksial | Klinisk relevant | Body mode |

Hver skanning udføres efter de faste parametre givet i afsnit 4.4 med følgende tilføjelser:

Skanområde

Over den del af fantomet, der indeholder en punktkilde

Anvendes Catphan 600: Over modul CTP528 og den ært der ligger helt isoleret fra linieparindsatsen. Ærten ligger i den nederste halvdel af fantomet

Rekonstruktionsparametre

| | |
|----------------------------|--------------|
| Rekonstrueret snittykkelse | Mindst mulig |
|----------------------------|--------------|

Bemærk:

- Dannelse af baseline for MTF kræver tre gentagne skanninger og analyser
- Skanning til kontrol af MTF er identisk med skanning til kontrol af tyndeste snittykkel-
se (se tabel 2 og 3)

Analyse af MTF baseres på det billede, hvor den nederste punktkilde i modul CTP528 er bedst defineret.

Ved brug af CT AutoQA Lite:

Kør en manuel MTF analyse i CT AutoQA Lite (relevant billede vælges som et af trinene i denne analyse). Se bilag 5 for udførlig beskrivelse af den manuelle MTF analyse i CT AutoQA Lite.

Gem den fremkomne rapport indeholdende MTF-profilen under et logisk navn. Fra PDF-dokumentet protokolleres følgende værdier:

- Spatiale frekvenser ved 50 % og 10 % værdien af MTF-kurven.

| | |
|--------------------------|------------------------------|
| Spatial Resolution (MTF) | Critical Frequencies (cy/cm) |
| | 50% 3.16 |
| | 10% 6.31 |
| | 2% 8.17 |

Baselineværdier fastættes som gennemsnittet af resultatet fra tre skanninger.

4.6.8.1 Tolerancer

Modtagekontrol: Efter fabrikantens anvisning. Dog bør følgende minimumskrav være opfyldt:

- 50 % og 10 % MTF-værdier skal være indenfor $\pm 0,5$ lp/cm eller 10 % af nominelt specificerede værdier
- Overholdes de nævnte minimumskrav ikke, skal der redegøres for, at fabrikantens anvisninger er overholdt.

Statuskontrol:

- 50 % og 10 % MTF-værdier skal være indenfor $\pm 0,5$ lp/cm eller 15 % i forhold til gennemsnit af tre målinger udført ved baseline.

4.6.9 Kontrol af SSP (Slice Sensitivity Profile)

Formål: At kontrollere at den rumlige opløsning i skanretning er i overensstemmelse med gældende tolerance.

Metode:

Udføres ved modtagekontrol/ dannelse af baseline samt statuskontrol.

Placér Catphan fantomet som beskrevet i bilag 3 ”Alignment af Catphan 600 fantom”.

Følgende antal skanninger foretages:

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|---------------|
| Spiral | Klinisk relevant | Body mode |

Hver skanning udføres efter de faste parametre givet i afsnit 4.4 med følgende tilføjelser:

Skanområde

Over den del af fantomet, der indeholder en punktkilde

Anvendes Catphan 600: Over modul CTP528 og den ært, der ligger helt isoleret fra linieparindsatsen. Ærten ligger i den nederste halvdel af fantomet

Rekonstruktionsparametre

| | |
|-------------------------------------|---|
| Rekonstrueret snittykkelse | Mindst mulig |
| Increment (afstand mellem billeder) | Mindst mulig, så ærten samples så fint som muligt i skanretningen |
| Antal billeder | Rekonstruktionen skal bestå af minimum 20 billeder, gerne flere |

Analyse af SSP baseres på billedserie over den nederste punktkilde i modul CTP528 af minimum 20 billeder. Start- og slutbillederne må ikke indeholde dele af ærten.

Ved brug af CT AutoQA Lite:

Kør en manuel SSP analyse i CT AutoQA Lite (relevante billeder vælges som et af trinene i denne analyse). Se bilag 5 for udførlig beskrivelse af den manuelle SSP analyse i CT AutoQA Lite.

Gem den fremkomne rapport indeholdende SSP-profilen under et logisk navn. Fra PDF-dokumentet protokolleres følgende værdier:

- FWHM af snitsensitivitetskurven

| | |
|----------------------------------|--|
| Slice Sensitivity Profile | Analysis performed on images 1 to 20 on bead @ (255, 307) |
| | FWHM: 0.79 mm |
| | FWTM: 1.50 mm |

4.6.9.1 Tolerancer

Modtagekontrol:

Efter fabrikantens anvisning.

Statuskontrol:

- De protokollerede værdier bruges som erfaringstal.

4.6.10 Kontrol af conebeam artefakt

Formål: At sikre at der ikke findes conebeam artefakter²¹ der influerer negativt på de diagnostiske muligheder for kliniske relevante protokoller.

Metode:

Udføres kun ved modtagekontrol.

Placer Catphan fantomet som beskrevet i bilag 3 ”Alignment af Catphan 600 fantom”.

Følgende antal skanninger foretages:

| Skanteknik | Rørspænding (kV) | Fysisk filter |
|------------|------------------|------------------|
| Spiral | Klinisk relevant | Klinisk relevant |
| Aksial | Klinisk relevant | Klinisk relevant |

Hver skanning udføres efter de faste parametre givet i afsnit 4.4 med følgende tilføjelser:

Skanneparametre

| | |
|-------------|--|
| Kollimering | Et repræsentativt udvalg, herunder de typiske kliniske anvendte. Detektorkonfiguration skal være med tyndest mulige snit |
|-------------|--|

²¹ Se ref. [10] for en definition af begrebet ”conebeam”

Skanområde

Over hele fantomet

Ved aksial skan skal det sikres, at nogle af fantomets røntgenfaste hvide ”positioneringsbjælker”, som kan ses på fantomets yderside, ligger i starten eller slutningen af kollimeringen fra en given rotation

Rekonstruktionsparametre

| | |
|----------------------------|---------------|
| Rekonstrueret snittykkelse | Tyndest mulig |
|----------------------------|---------------|

For hver billedserie udføres coronale- og sagitale rekonstruktioner.

Evaluér de coronale- og sagitale snitbilleder, der indeholder de røntgenfaste hvide positioneringsbjælker, som har ligget i starten eller slutningen af en kollimering.

Alternativt kan man også evaluere coronale- og sagitale snitbilleder, der indeholder fantomets forskellige skrå ramper (som normalt anvendes til analyse af snittykkelse).

4.6.10.1 Tolerance

De evaluerede strukturer skal gengives, som de fysisk ligger i fantomet. Der må ikke forekomme misregistrering eller dobbeltregistrering af de evaluerede strukturer.

4.7 Overblik og sammenhæng i skanmetoder

I afsnit 4.5 er alle kontroller beskrevet hver for sig med krav til modtagekontrol, dannelse af baseline og statuskontrol. Dette afsnit giver en oversigt over de typer skanninger der skal udføres for hver enkelt kontrol ved hhv. modtagekontrol (efter metode 2), fastsættelse af baseline og statuskontrol.

Tabel 2 giver en oversigt over de skanprotokoller, der bruges ved modtagekontrol (metode 2) og til fastsættelse af baseline.

| Fantom | Skanteknik | Fysisk filter | Rør spænding | Kollimering | Rekonstrueret snittykkelse | Bruges til kontrol af: |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| System fantom | Spiral | Body | Alle | Bredest mulig | Tættest på 5 mm | Støj ^B ; CT-tal for vand ^{B*} |
| | | | Klinisk relevant | Bredest mulig | Tættest på 5 mm | Uniformitet ^B |
| | | Head | Klinisk relevant | Bredest mulig | Tættest på 5 mm | Støj ^B ; CT-tal for vand ^{B*} ; uniformitet ^B |
| | Aksial | Klinisk relevante | Klinisk relevant | Klinisk anvendte | Tættest på 5 mm | Variation af vandværdier i z-retning ^{B*} |
| Catphan | Spiral | Body | Alle | Bredest mulig | Tættest på 5 mm | Linearitet af CT-tal; Afstandsgengivelse |
| | | | Klinisk relevant | | Tyndest – minimal increment | SSP ^B |
| | | Head | Klinisk relevant | Bredest mulig | Tættest på 5 mm | Linearitet af CT-tal |
| | Aksial | Body | Klinisk relevant | Klinisk relevante | Udvalg fra tyndest til bredest | Snittykkelse |
| | | | | | Tyndest mulig | MTF ^B |
| | Klinisk relevante | Klinisk relevante | Klinisk relevant | Repræsentativt udvalg | Tyndest mulig | Conebeam artefakt |

Tabel 2: Oversigt over skanninger ved modtagekontrol (metode 2) og dannelse af baseline. B fastsættelse af baseline, B* fastsættelse af baseline, hvis tolerancen er knyttet op på en relativ måling.

Tabel 3 giver en oversigt over de skanprotokoller, der bruges ved statuskontrol.

| Fantom | Skanteknik | Fysisk filter | Rørspænding | Kollimering | Rekonstrueret snittykkelse | Bruges til kontrol af: |
|---------------|------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------------------------|---|
| System-fantom | Spiral | Body | Alle | Bredest mulig | Tættest på 5 mm | Støj ^R ; CT-tal for vand*; |
| | | | Klinisk relevant | Bredest mulig | Tættest på 5 mm | Uniformitet ^{R, A} |
| | | Head | Klinisk relevant | Bredest mulig | Tættest på 5 mm | Støj ^R ; CT-tal for vand*; Uniformitet ^{R, A} |
| | Aksial | Klinisk relevante | Klinisk relevant | Klinisk anvendte | Tættest på 5 mm | Variation af vandværdier i z-retning* |
| Catphan | Spiral | Body | Klinisk relevant | Bredest mulig | Tættest på 5 mm | Linearitet af CT-tal ^A |
| | | | | | Tyndest – Minimal increment | SSP ^R |
| | Head | Klinisk relevant | Bredest mulig | Tættest på 5 mm | Linearitet af CT-tal ^A | |
| | Aksial | Body | Klinisk relevant | Klinisk relevante | Udvalg fra tyndest til bredest | Snittykkelse ^A ; |
| Tyndest mulig | | | | | MTF ^R | |

Tabel 3: Oversigt over skanninger ved statuskontrol. R Relativ måling, A Absolut måling, * Relativ/absolut afhængigt af tolerance

4.8 Interval

Se afsnittene 4.1 og 4.2.

5 Kontrol af CT-skannere: Dosis

5.1 Formål

At kontrollere CT-skanneren for følgende:

- Leveret dosis ved forskellige kollimeringer
- Leveret dosis ved forskellige kV
- Dosis-mAs-linearitet
- Dosisreproducerbarhed
- $CTDI_w$ -værdi (vægtet værdi) for head- og body-skanninger²²

5.2 Udstyr

Dosismåler: 100 mm pencil-ionkammer. De beskrevne målinger kan også udføres med andet udstyr, der kan foretage en $CTDI_{100}$ -måling²³.

Dosimetriefantom: Standard PMMA-fantom med diameter på 160 mm (head) og 320 mm (body) og en længde på mindst 140 mm.

5.3 Metode - modtagekontrol

Alle skanparametre protokolleres, så det er muligt at gentage præcis samme skanninger ved statuskontrollerne. Resultaterne fra modtagekontrollen danner baseline for statuskontrollerne.

For hver af skannerens røntgenrør foretages følgende målinger:

5.3.1 Free-in-air

Opsætning:

- Enkelt rotation 360° aksial skanning
- Ionkammeret placeres i isocentret
- Dosismodulering er slået fra

²² $CTDI_w$ benævnes C_w i nyeste dosisterminologi [9]

²³ $CTDI_{100}$ målt i hhv. free-in-air og PMMA benævnes hhv. $C_{a,100}$ og $C_{PMMA,100}$ i nyeste dosisterminologi [9]

Målinger for body-mode filtrering:

- Alle anvendte kollimeringer ved fastholdt rørspænding og mAs, som er klinisk relevante
- Alle anvendte rørspændinger ved fastholdt kollimering og mAs, som er klinisk relevante
- Laveste, højeste og tre mellemliggende indstillinger for mAs ved fastholdt kollimering og rørspænding, som er klinisk relevante
- 3 gentagne målinger ved fastholdt kollimering, rørspænding og mAs, som er klinisk relevante

Øvrige filtreringer, f.eks. head-mode:

- Alle anvendte rørspændinger ved fastholdt kollimering og mAs, som er klinisk relevante

Ovenstående protokolleres i fanebladet ”Dosis CTDI_{air}”.

5.3.2 Dosimetriefantom

Opsætning:

- Enkelt rotation, 360° aksial skanning
- For en given fysisk filtrering anvendes det dertil bedst egnede fantom (head eller body)²⁴
- Dosimetriefantom centrerer i isocenter
- Hver måling foretages som en 5-punktsmåling, hvor der måles med ionkammeret i centrum og i alle fire perifere huller i fantomet
- Dosismodulering er slået fra.

Målinger:

- For alle fysiske filtreringer foretages målinger med typisk anvendte kollimeringer ved fastholdt rørspænding og mAs, som er klinisk relevante
- For body-mode filtrering foretages desuden målinger med alle anvendte rørspændinger ved fastholdt kollimering og mAs, som er klinisk relevante

For hver 5-punktsmåling protokolleres desuden den på skanneren aflæste CTDI_{vol}-værdi^{25, 26}.

Ovenstående protokolleres i fanebladet ”Dosis CTDI_w”.

²⁴ Eksempelvis vælges head-fantom til head-mode-filtrering samt pædiatrisk protokol og evt. medium filter, og body-fantom til body-mode-filtrering samt cardiac application.

²⁵ På de fleste skannere vil CTDI_{vol}-værdien være opgivet som CTDI.

²⁶ CTDI_{vol} benævnes C_{vol} i nyeste dosisterminologi [9]

5.4 Metode - Statuskontrol

Følgende målinger skal foretages og protokolleres som i modtagekontrollen:

5.4.1 Free-in-air

Samme opsætning og målinger som ved modtagekontrollen.

5.4.2 Dosimetriefantom

Samme opsætning som ved modtagekontrollen.

Der foretages følgende 5-punkts-målinger:

- Mest anvendt klinisk relevant kollimering, rørspænding og mAs for body-mode
- Mest anvendte klinisk relevant kollimering, rørspænding og mAs for andre fysiske filtrering – f.eks. head-mode

Indstillingerne for de to målinger skal vælges ud fra dem, der er målt igennem ved modtagekontrollen.

For hver måling noteres desuden den af skanneren opgivne $CTDI_{vol}$.

5.5 Evaluering

Alle nedenfor beskrevne beregninger og sammenligninger udføres automatisk i registreringsarket.

Kalibreringsdato og -faktorer for ionkammeret samt alle indstillinger og måleresultater protokolleres.

For hver dosisudlæsning udregnes $CTDI_{100} = \frac{1}{n \cdot T} \cdot f \cdot x \cdot l$, hvor n er antal snit, T er den nominelle snittykkelse, f er kalibreringsfaktoren for ionkammeret, x er udlæsningen på ionkammeret og l er længden af ionkammeret (10 cm eller 100 mm)²⁷.

5.5.1 Free-in-air

- $CTDI_{100, free-in-air}$ for forskellige kollimeringer og rørspændinger anvendes som baseline for statuskontrollerne
- Målinger af dosis-mAs-linearitet testes. Derefter udregnes forholdet $\mu Gy/mAs$ automatisk for de fem målinger og den største og mindste værdi sammenlignes
- Målinger af reproducerbarhed. Standardafvigelse og middelværdi for de tre målinger udregnes automatisk

²⁷ Forskellige producenter normerer dosismålingen til længden af pencil-ionkammeret målt i enten cm eller mm.

5.5.2 Dosimetrifantom

- $CTDI_w$ udregnes: $CTDI_w = \frac{1}{3} \cdot CTDI_{100,centrum} + \frac{2}{3} \cdot CTDI_{100,periferi,middel}$

Målinger sammenlignes med de af skanneren opgivne $CTDI_{vol}$ -værdier. Målingerne anvendes desuden som baseline for statuskontrollerne²⁸.

5.6 Tolerancer

- Afvigelse i $CTDI_{100,free-in-air}$ i forhold til baseline bør være under 10 % og skal være under 20 %.
- Dosis-mAs-linearitet: Afvigelse mellem største og mindste $\mu\text{Gy/mAs}$: $\leq 10\%$.
- Reproducerbarhed: $\frac{\text{standardafvigelse}}{\text{middelværdi}} \cdot 100\% \leq 10\%$
- Afvigelse i $CTDI_w$ i forhold til baseline bør være under 10 % og skal være under 20 %, mens afvigelse i forhold til skanneropgivelse skal være under 20 %.

Reference for ovenstående målinger [1, 3, 4].

5.7 Interval

Statuskontrol skal udføres årligt eller om nødvendigt et kortere interval, hvis CT-leverandøren anbefaler dette.

²⁸ Ved den benyttede målemetode vil skannerens opgivne $CTDI_{vol}$ svare til skannerens $CTDI_w$.

6 Referenceliste

- 1 DS/EN 61223-3-5, 2004-11-29, 1. udgave, Evaluation and routine testing in imaging departments.
 - Part 3-5: Acceptance tests – Imaging performance of computed tomography X-ray equipment.
- 2 Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 975 af 16. december 1998 om medicinske røntgenanlæg til undersøgelse af patienter.
- 3 1999, No. 7, Report on Nordic Radiation Protection Co-operation. A Quality Control Programme for Radiodiagnostic Equipment: Acceptance tests.
- 4 DS/EN 61223-2-6, 2007-06-26, 1. udgave, Evaluation and routine testing in imaging departments. Part 2-6: Constancy tests – Imaging performance of computed tomography X-ray equipment.
- 5 The Phantom Laboratory: Catphan 500 and 600 instruction manual, www.phantomlab.com
- 6 CT AutoQA Lite: www.irisqa.com
- 7 DS/EN 60601-2-44, 2009-07-02, 3. udgave, Medical Electrical equipment. Part 2-44: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for computed tomography.
- 8 Comprehensive Methodology for the Evaluation of Radiation Dose in X-Ray Computed Tomography: Report of AAPM Task Group 111: The Future of CT Dosimetry
- 9 2007, Dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practice: IAEA Technical Report Series No 457
- 10 Computed Tomography, Willi A. Kalender, 2nd edition 2005, Publicis
- 11 A proposed protocol for acceptance and constancy control of computed tomography systems: A Nordic Association for Clinical Physics (NACP) work group report, Acta Radiologica 2013 54 188-198.
- 12 European Commission, Radiation Protection No 162: "Criteria for acceptability of medical radiological equipment used in diagnostic radiology, nuclear medicine and radiotherapy".
- 13 European guidelines on quality criteria for computed tomography, EUR 16262.
- 14 IPEM report 91, Recommended standards for the routine performance testing of diagnostic X-ray imaging systems.
- 15 How to measure CT image quality: Variations in CT-numbers, uniformity and low contrast resolution for a CT quality assurance phantom, Kristine Gulliksrød, Caroline Stokke, Anne Cathrine Trægde Martinsen, Physica Medica 30 (2014) s. 521-526

7 Bilagsfortegnelse

- Bilag 1:** Skannere baseret på aksial skanteknik
- Bilag 2:** Valgfrie erfaringsmålinger
- Bilag 3:** Alignment af Catphan 600-fantom
- Bilag 4:** Analyse med CT AutoQA Lite
- Bilag 5:** Manuel analyse af MTF og SSP i CT AutoQA Lite
- Bilag 6:** Tolkning af resultater af billedkvalitetsanalyse
- Bilag 7:** Bemærkninger til version 2
- Bilag 8:** Bemærkninger til version 1

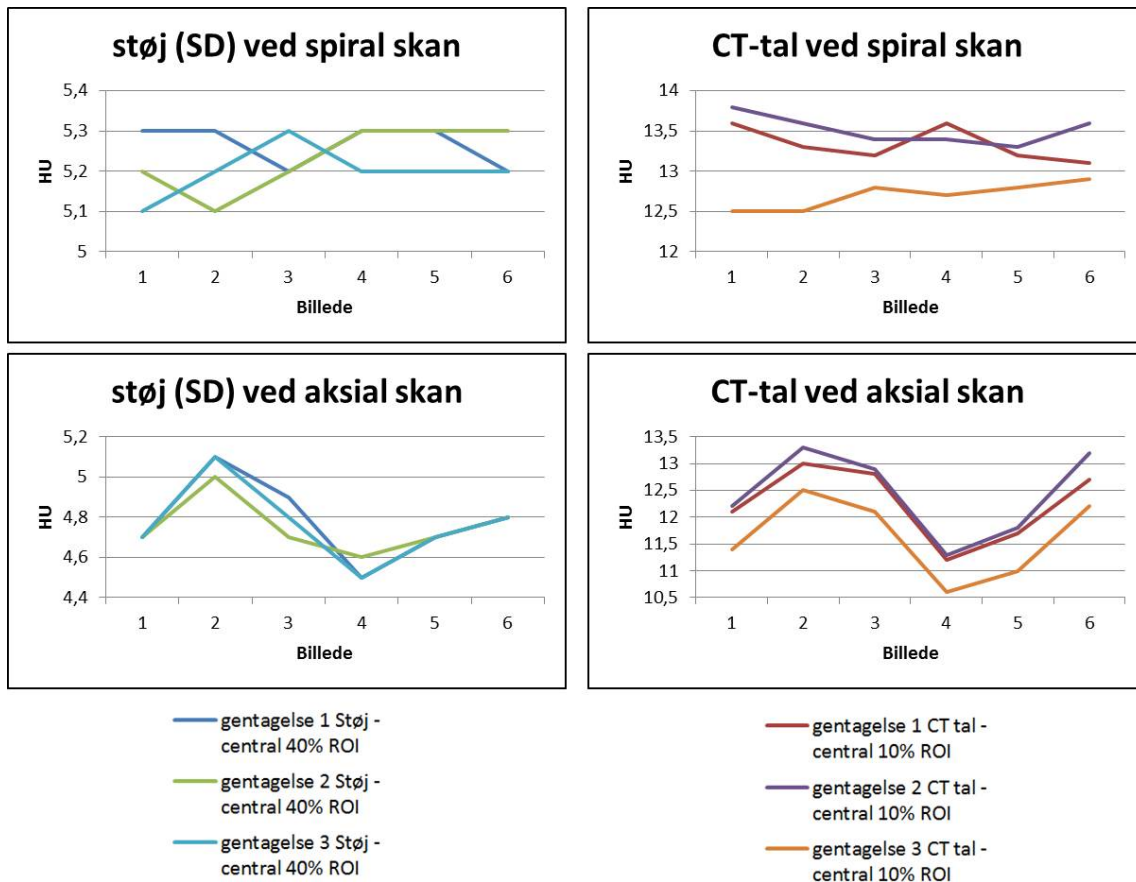
Bilag 1: Skannere baseret på aksial skanteknik

Kvalitetskontrollen af en skanner bør som udgangspunkt baseres på de typer skanprotokoller, der anvendes i den kliniske dagligdag. Kvalitetskontrollen af en skanner bør baseres på aksial skanteknik, hvis skannerens kliniske anvendelse er baseret på sådanne protokoller, og der er begrænsede muligheder for klinisk relevante spiralskan (f.eks. en skanner med meget brede detektorconfigurationer).

Nedenstående analyse viser, at ved valg af aksial skanteknik til kvalitetskontrol, skal man være opmærksom på variationen fra snit til snit i den enkelte rotation - en variation, som kan relateres til forskel mellem de enkelte detektorrækker.

Figur 1 viser eksempel på variationen i støj og CT-tal fra snit til snit målt i homogene del af Catphan 600 fantom på standard 64 snit skanner (år 2015) ved hhv. spiral og aksial skanning. Skanparametre var 120 kV, body bow tie, 5 mm snittykkelse, pitch nærmest 1 og increment på 1 ved spiral skanning og ingen overlap eller mellemrum mellem rotationerne ved aksial skanning. Støj og CT-tal blev analyseret i cirkulære centrale ROI med diameter på 40 % og 10 % af fantomdiameter. De tre kurver i hver figur er baseret på skanninger tre forskellige dage, men inden for et tidsrum hvor skanneren kan anses for værende stabil og med acceptable konstanskontrol resultater. Der har været en repositionering af fantom mellem hver skanning, hvormed man har forsøgt at simulere situationen ved dannelse af en baseline og efterfølgende opmåling mod denne. Samme billednummer svarer altid til samme del af det homogene fantom. For de aksiale skanninger er det enkelte billednummer også altid relateret til samme detektorrækker i den enkelte rotation. Tilsvarende opførsel blev målt på to tilsvarende skannere fra to andre fabrikater. Tabel 4 opsummerer for hver enkelt graf gennemsnittet, forskellen mellem værdien af største og mindste punkt, og denne forskel relativt til gennemsnittet. Variationen ved spiralskan fra snit til snit er markant mindre end variationen ved aksial skan. En lodret forskydning af graferne over CT-tal skyldes sandsynligvis forskellig fantom-temperatur data imellem.

Konklusionen er, at ved anvendelse af aksial skanteknik, skal man være meget omhyggelig med, præcis at vælge det samme snit (samme detektorrækker) i rotationen ved dannelse af baseline og senere opmåling mod denne. I modsat fald risikerer man at variationen fra snit til snit giver et forkert kontrolresultat.



Figur 1: Variationer af støj og CT-tal mellem nabo snitbilleder ved hhv. aksial- og spiral skanteknik.

| | Gennemsnit | max-min | (max-min)/ gennemsnit | | Gennemsnit | max- min | (max-min)/ gennemsnit |
|-----------------------------|------------|---------|--------------------------|-------------------------------|------------|-------------|--------------------------|
| Aksial skan - støj 40 % ROI | | | | Aksial skan - CT-tal 10 % ROI | | | |
| Gentagelse 1 | 4,8 | 0,6 | 12,54 % | | 12,3 | 1,8 | 14,69 % |
| Gentagelse 2 | 4,8 | 0,4 | 8,42 % | | 12,5 | 2 | 16,06 % |
| Gentagelse 3 | 4,8 | 0,6 | 12,59 % | | 11,6 | 1,9 | 16,33 % |
| Spiral skan - støj 40 % ROI | | | | Spiral skan - CT-tal 10 % ROI | | | |
| Gentagelse 1 | 5,3 | 0,1 | 1,90 % | | 13,3 | 0,5 | 3,75 % |
| Gentagelse 2 | 5,2 | 0,2 | 3,82 % | | 13,5 | 0,5 | 3,70 % |
| Gentagelse 3 | 5,2 | 0,2 | 3,85 % | | 12,7 | 0,4 | 3,15 % |

Tabel 4: Kvantificering af variationen af de enkelte kurver fra figur 1

Bilag 2: Valgfrie erfaringsmålinger

Erfaringsmåling af metode til kontrol af snittykkelse.

Målingen foretages mhp. at gøre erfaringer i forhold til at kontrollere snittykkelser fra spiralskan, herunder valg af analyseobjekt ved brug af spiralskan.

Metoden er identisk med kontrol af snittykkelse ”metode 2” med følgende ændringer:

- Spiralskan i stedet for aksial skan.
- Pitch nærmest 1.
- Skanområde: Catphan modul CTP404 (wire) og CTP591 (bead rampe).
- Increment (afstand mellem rekonstruerede billeder) lig snittykkelse.
- Fra analysen over modul CTP404 noteres snittykkelse fra wire, og fra analyse over CTP591 noteres snittykkelse fra bead rampe.

Erfaringsmåling af metode til kontrol af MTF.

Målingen foretages mhp. at gøre erfaringer i forhold til at evaluere MTF fra spiralskan.

Metoden er identisk med kontrol af MTF ”metode 2” med følgende ændringer:

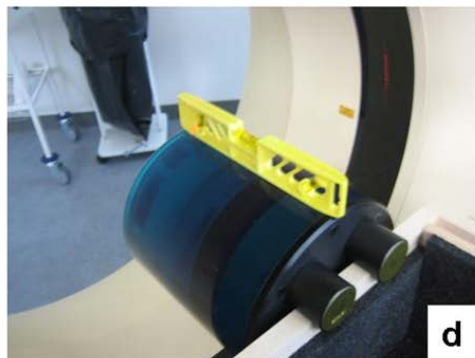
- Spiralskan i stedet for aksial skan.
- Pitch nærmest 1.
- Increment (afstand mellem rekonstruerede billeder) lig snittykkelse.

Anvend evt. billedserie fra kontrol af SSP, metode 2, som på nær valg af increment er identisk med ovenstående.

Bilag 3: Alignment af Catphan 600-fantom

Opsætning af Catphan 600

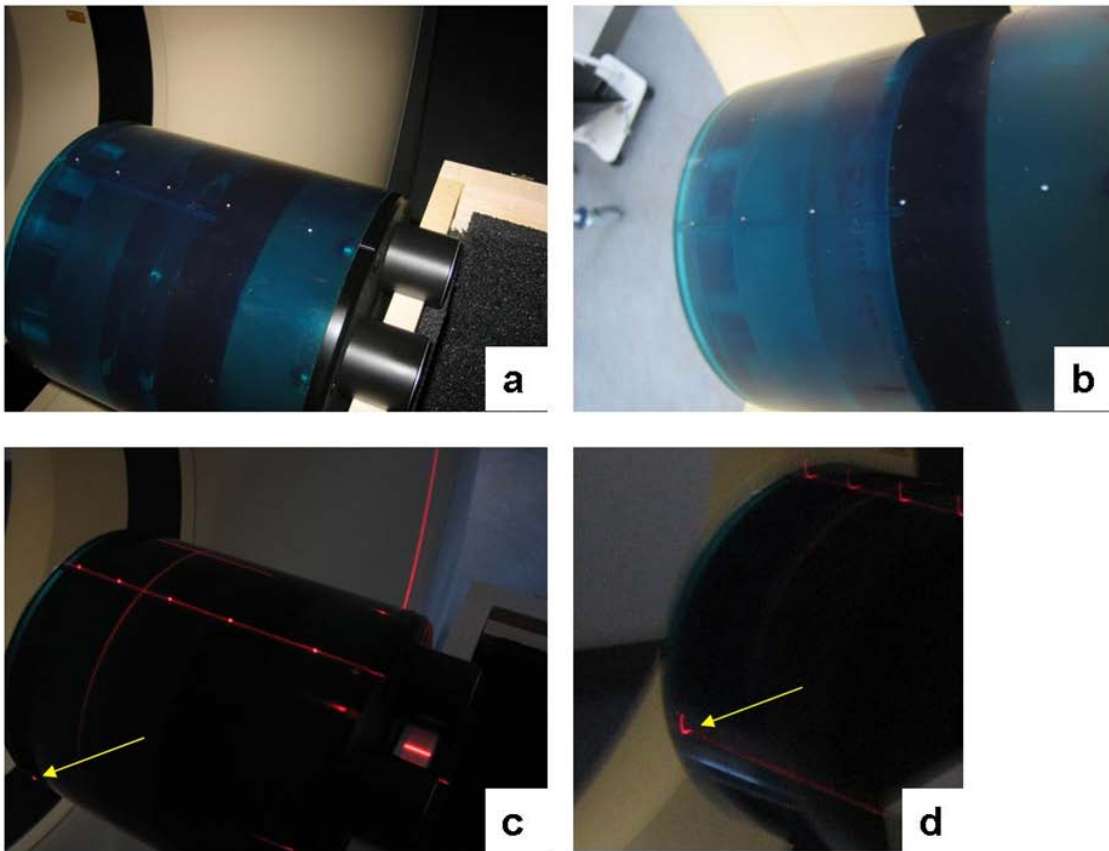
- Fjern madras fra leje.
- Placer transportkasse på leje.
- Placer Catphan fantomet på transportkassens ende, og placer evt. kontravægt i låget af transportkassen (billede 1a).
- Vha. vaterpas bringes fantom i vater (billede 1b og 1d). Juster eventuelt på skruerne på fantomet (billede 1c).



Billede 1

Centrering af Catphan 600-fantom

- Skannerens lasermarkører tændes på gantryets betjeningspanel.
- Fantomet justeres i det vandrette plan indtil den sagitale laser går gennem alle hvide punkter på fantomet (billede 2a, 2b, og 2c). (Disse hvide punkter er røntgenfaste, og kan ses på de rekonstruerede billeder, og er placeret i centrum af hvert Catphan-modul).
- Fantomet justeres i det vertikale plan så den ydre coronale laser går gennem de to hvide punkter, der er placeret 180 grader fra hinanden på siderne af fantomet (billede 2c og 2d).



Billede 2

Fastsættelse af 0-position

- Fantomet køres ind, så alle tre hvide prikker på første modul af fantomet lyses op af indre aksiale lasermarkør. Denne position anvendes som 0-position.

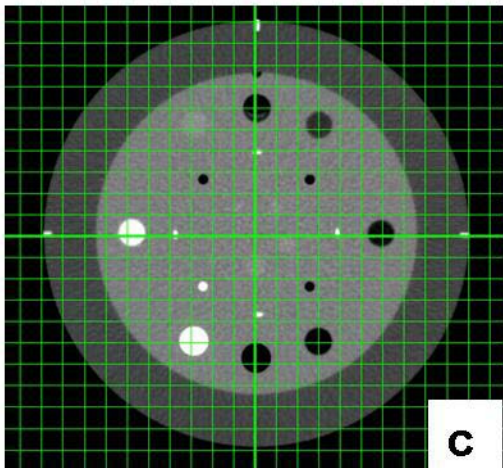
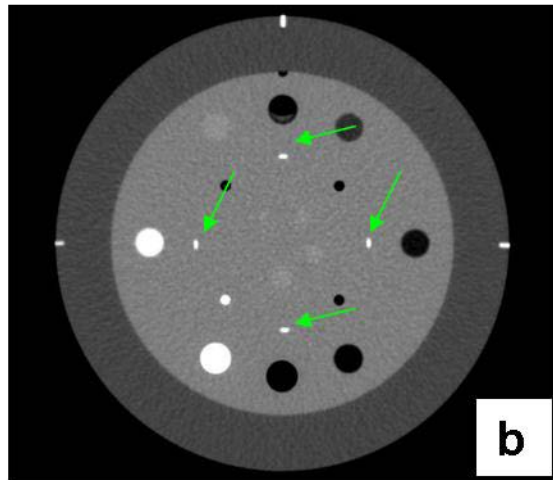
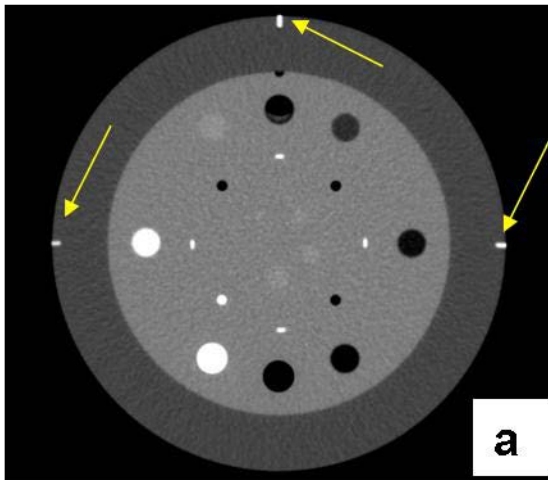
Kontrol af fantompositionering

1. Der laves et aksialt prøveskan af modulet med de tre hvide prikker (modul nr. CTP404), med smal kollimering og tynd rekonstrueret snittykkelse.
2. Fra de rekonstruerede billeder findes det billede, hvor alle tre hvide prikker i kanten af fantomet fremstår skarpt (billede 3a)²⁹. Dette billede skal analyseres i CT AutoQA Lite.
3. Hvis centrering i isocenter vha. lasermarkeringen skal testes, skal værdierne for Phantom Center (LEFT/RIGHT og ABOVE/BELOW) i Pixel Size-testen noteres i registreringsarket, faneblad Lasermarkeringen.

| | | | | |
|---|------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | Pixel Size | Expected(mm) 0.43 | X-Axis(mm) 0.43 0.43 | Y-Axis(mm) 0.43 0.43 |
| Phantom Rotation : 0.0 degrees Phantom Center is 0.43 mm LEFT OF CENTER and 0.43 mm BELOW CENTER | | | | |

4. Centreringsen er brugbar, hvis værdierne for Phantom Center (LEFT/RIGHT og ABOVE/BELOW) i Pixel Size-testen er under 1 mm, hvilket burde passe med, at de to lodrette og de to vandrette bjælker i ”midten” af fantomet sidder symmetrisk omkring centrum (billede 3b). Se Catphan 600 manual side 11 ”Phantom position verification” for hjælp til denne del. Brug eventuelt også skannerens målegitter (billede 3c).
5. Hvis centreringsen ikke er brugbar, repositioneres fantomet, og skanningen samt punkt 2, 4 og 5 gentages.

²⁹ I de rekonstruerede billeder vil prikkerne på siden af fantomet fremstå som små bjælker startende fra kanten af fantomet og pegende radialt mod midten.



Billede 3

Bilag 4: Analyse med CT AutoQA Lite

Beskrivelse af hvilke billeder der skal analyseres

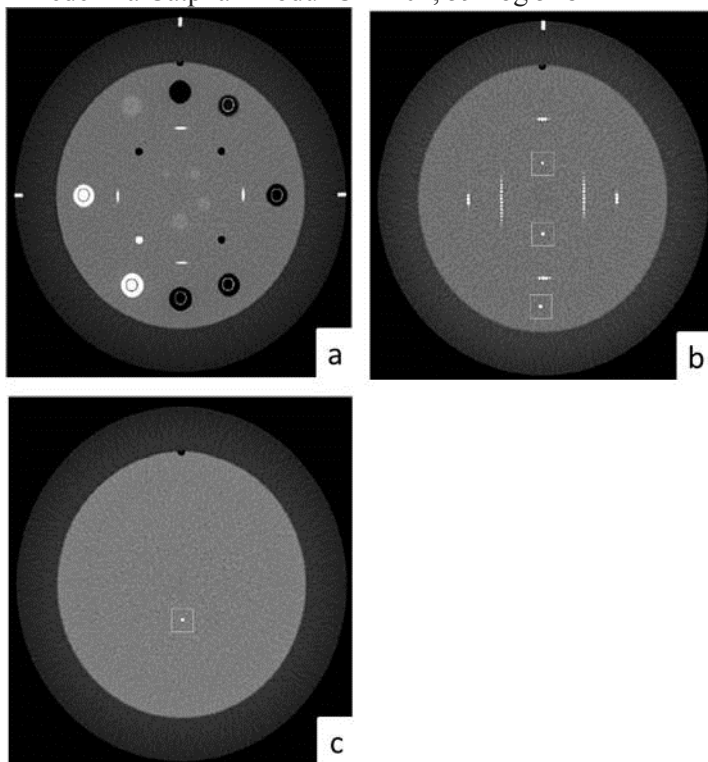
CT-tal linearitet og korrekt afstandsgengivelse/pixelstørrelse skal måles fra snitbillede af Catphan modul 404.

Snittykkelse skal måles fra snitbillede af Catphan modul CTP591.

Analyse af Catphan modul CTP404 og CTP591: Der vælges det centrale snitbillede fra modulet, som bedst definerer en lille hvid bjælke øverst i fantomet.

MTF og SSP skal måles fra snitbillede af Catphan modul CTP528. Der skal analyseres over den ært, som ligger helt isoleret i fantomet. Denne ært vil være helt isoleret og beliggende i nederste halvdel af fantomet ca. 1 cm efter liniepargrupperne. Der vælges det billede, hvor ærten er bedst defineret. Snitbilledet vil ikke indeholde en hvid bjælke øverst.

Billeder fra Catphan modul CTP404, 591 og 528



Billede 4 a-b-c viser de snitbilleder der skal analyseres i CT AutoQA Lite.

a: snitbillede af modul CTP404, hvor en hvid bjælke ses i toppen af fantomet og to hvide bjælker i siderne af fantomet.

b: snitbillede af modul CTP591, hvor en hvid bjælke ses i toppen af fantomet.

c: snitbillede af modul CTP528. Snitbillede indeholder ingen hvid bjælke.

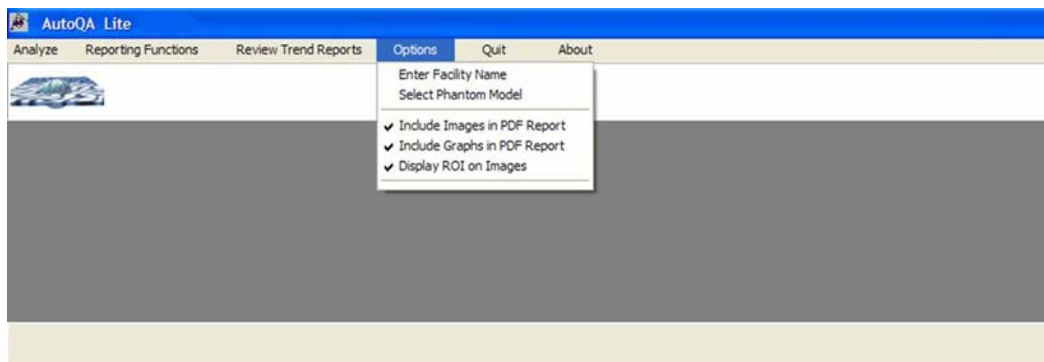
Analyse af billedmateriale ved CT Auto QA Lite

For at en automatisk analyse kan gennemføres i CT AutoQA Lite, skal billedserien indeholde det centrale billede fra Catphan modul CTP404. Manuelle analyser (MTF og SSP³⁰) kan gennemføres uden.

Udvælgelse af billeder kan foretages enten inden billederne loades i CT AutoQA Lite (f.eks. vha. ImageJ), eller efter hele billedserien er loadet i CT AutoQA Lite.

Analyse i CT AutoQA Lite

- Tryk på fanebladet ”Options” og ”Select phantom model” og vælg Catphan 600-fantom.
- Tryk på fanebladet ”Options” og ”Enter facility name” for navngivning af henholdsvis analyse og rapport.
- Tryk på fanebladet ”Options” og sæt flueben ved ”Include images in pdf report”, ”Include graphs in pdf report” og ”Display ROI on images”.



Billede 5

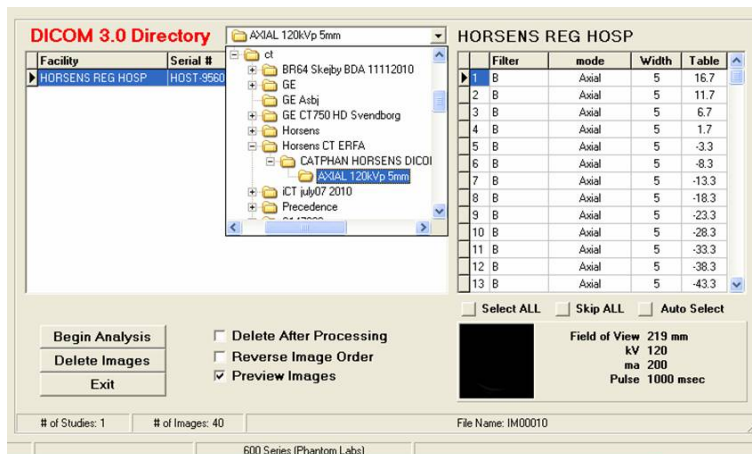
- Tryk på fanebladet ”Analyze” og vælg ”Select phantom images”.



Billede 6

³⁰ Se bilag 5.

- Find det bibliotek, hvor billedmaterialet ligger.



Billede 7

- De billeder der skal analyseres, markeres med hvidt. Ved automatisk analyse, er det vigtigt, at det første hvidt markerede billede er af modul CTP404 (billede 4a). Autoselect kan bruges som hjælp til at finde billederne, men autoselect vil ikke altid finde de fire korrekte billeder! Billeder der ikke skal indgå i analysen, skal være røde. Det er vigtigt ikke at markere flere end de korrekte billeder til analyse. CT AutoQA Lite analyserer nemlig på alle valgte billeder, og derfor vil valg af flere billeder resultere i forvirrende data.

Billeder markeret med rødt indgår ikke i analysen. Der skal derfor i alt være fire hvide markeringer, svarende til de fire billeder der skal analyseres.

Første billede skal være af CTP404

Korrekte Billednummer

| Filter | mode | Width | Table | |
|--------|----------|-------|----------|-----|
| 1 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 33 |
| 2 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 28 |
| 13 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 23 |
| 24 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 18 |
| 35 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 13 |
| 44 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 8 |
| 45 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 3 |
| 46 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -2 |
| 8 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -7 |
| 47 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -12 |
| 48 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -17 |
| 3 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -22 |
| 4 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -27 |

Facility: Kolding Sygehus
Serial #: KSRUM5GE
Date: 01/17/2011
Study: statuskontrol billedkvalitet

Field of View 250.00 mm
kV 120
ma 200
Pulse 1000 msec

File Name: IM7

Billede 8 Visning af hvordan korrekt billedmateriale markeres og udvælges til analyse. Markerede billede til analyse angives med hvidt i kolonnen af billeder. Det første billede skal være af modul CTP404! Bemærk at det korrekte billednummer findes nederst under "File Name". CT AutoQA Lite laver også selv en nummerering af billederne (vist som 1, 2, 13, 24, 35, 44, 45,46, 8... i kolonnen) som nemt kan forveksles med det korrekte billednummer.

CT AutoQA Lite vil altid vise et lille billede nederst i vinduet af det aktuelle tværsnit, som er angivet med en sort trekant i kolonnen af billeder. Hvis man vil have dette lille billede i stor udgave, skal man køre musemarkøren hen over. Man skal dog have lukket tidligere udgaver af store billeder, før man kan få et nyt stort billede. Denne nedlukning foretages ved at køre musemarkøren over det store billede. (Erfaring i denne visningsform kan fås ved at køre musemarkøren hen over billederne "såvel store og små", og markere forskellige billeder i kolonnen).

Stor visning af det lille billede. Den store visning lukkes ved at køre musemarkøren hen over. Der kan først vises et nyt stort billede, når det foregående er lukket.

Lille billede som altid viser det billede, der er angivet med sort trekant i kolonnen af billeder. Det lille billede vises i stor udgave ved at køre musemarkøren hen over

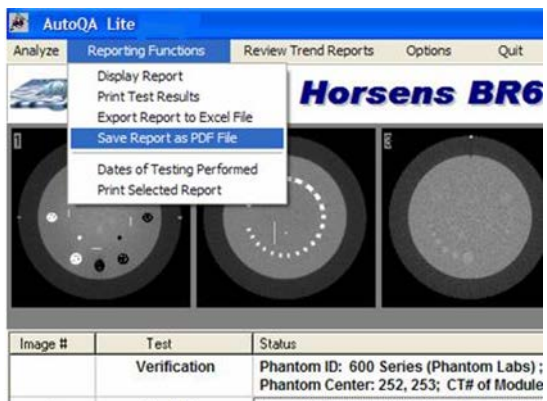
| | Filter | mode | Width | Table |
|----|----------|-------|----------|-------|
| 1 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 33 |
| 2 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 28 |
| 13 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 23 |
| 24 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 18 |
| 25 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 13 |
| 44 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 8 |
| 45 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 3 |
| 46 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -2 |
| 8 | STANDARD | Axial | 5.000000 | 7 |
| 47 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -12 |
| 48 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -17 |
| 3 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -22 |
| 4 | STANDARD | Axial | 5.000000 | -27 |

Field of View 250.00 mm
kV 120
mA 200
Pulse 1000 msec

of Studies: 1 # of Images: 48 File Name: IM7

Billede 9

- Når de korrekte billeder er markeret trykkes ”Begin Analysis”. Herefter sættes flueben ved ”Report Only (no storage)”, og rapporten fremkommer.
- Tryk på fanebladet ”reporting functions” og vælg ”save report as pdf”, hvorefter der gemmes en rapport med alle data, alle grafer og alle billeder. I bilag 6 findes eksempel på, hvordan en korrekt rapport ser ud.

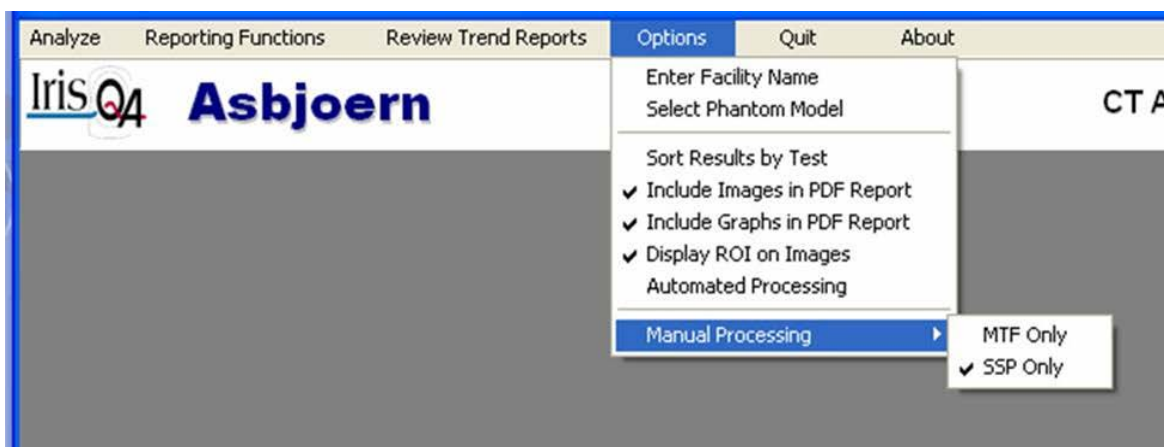


Billede 10

Bilag 5: Analyse af MTF og SSP i CT AutoQA Lite

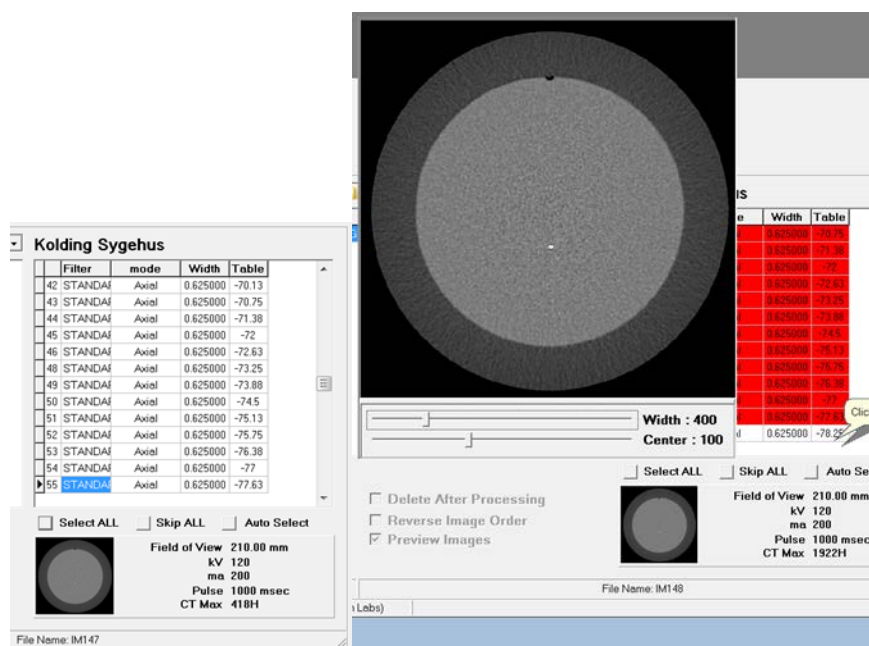
Dette bilag beskriver, hvordan CT AutoQA Lite kan anvendes til at lave en manuel analyse af enten MTF eller SSP. Se nedenstående screendump.

- Tryk på fanebladet ”options” og vælg ”Manual Processing”, sæt flueben ved SSP only eller MTF only.



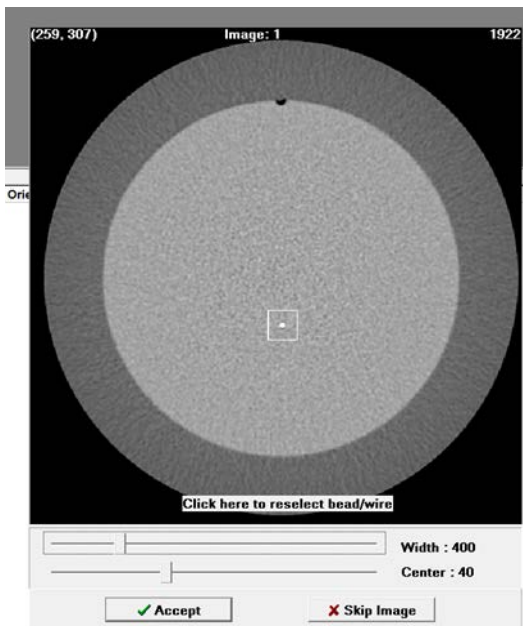
Billede 11

- Vælg billederne fra rekonstruktionen over ærten i modul CTP528.



Billede 12

- SSP: Der skal vælges minimum 20 billeder, og alle valgte billeder indgår i analysen.
- MTF: Der skal vælges kun et billede, som indgår i analysen.
- Tryk "Begin Analysis". Vælg "Report Only", hvorefter følgende billede fremkommer:



Billede 13

- Klik på ærten hvorefter den hvide firkantede ROI vises. Vælg "Accept".
- Rapporten kommer op på skærmen.
 - SSP: Protokollér FWHM-værdien i registreringsarket.
 - MTF: Protokollér 50 % og 10 % MTF i registreringsarket.

Bilag 6: Tolkning af resultater af billedkvalitetsanalyse

I dette bilag beskrives erfaringer, som arbejdsgruppen har gjort sig under brug af version 1 og udarbejdelse af version 2, i hvordan resultater af billedkvalitetsanalyse kan tolkes. Helt overordnet skal man have en grundlæggende forståelse, for de fysiske størrelser der kontrolleres, og hvordan de afhænger af skanneren og den anvendte kontrolmetode. Dernæst bør man have sat grundigt sig ind i protokollen og have kendskab til de IEC-standarder, den baseres på. I vurderingen af resultater og især ved overskridelse af tolerance kan man anvende følgende generelle tilgange ³¹:

IEC-guide: Find inspiration i IEC constancy bilag A ”Guidance on action to be taken”, hvor IEC beskriver deres anbefaling for, hvordan man reagerer på målinger uden for tolerance.

Manuel vurdering: Kig hele billedserier igennem og forhold dig til om de ser fornuftige ud (suppler evt. med sagitale- og coronale rekonstruktioner fra serier med tynde snit). Overvej følgende former for spørgsmål i din betragtning. Ser billederne overordnet korrekte ud? Fremtræder der artefakter? Er positioneringen af fantomet korrekt?

Baseline-måling: En baseline anvendes til at evaluere, om aktuelt målte værdier (typisk en statuskontrol) er stabile inden for en given tolerance. Anvendelse af en baseline er således yderst følsom for, at den aktuelle måling bliver udført identisk med målingen ved dannelse af baseline. Ligeledes vil en baseline dannet, hvor skanneren har været misjusteret, eller uden for kalibrering mm. være svær at benytte. Det anbefales derfor, at:

- baseline dannes umiddelbart i forlængelse af service, hvor skanneren justeres og kalibreres 100 % ind.
- analyserede billedeserier gemmes i DICOM-format mhp. at kunne krydstjekke skan- og rekonstruktionsparametre.

Overskridelse af tolerancer ved statuskontrol: Undersøg dato for seneste vandkalibrering. Overvej at gentage målingen efter fornyet kalibrering.

Fantom-afhængighed (Catphan): Artiklen ”How to measure CT image quality: Variations in CT-numbers, uniformity and low contrast resolution for a CT quality assurance phantom, Kristine Gulliksrød, Caroline Stokke, Anne Catrine Trægde Martinsen, Physica Medica 30 (2014) s. 521-526” [15] omhandler et studie, hvor forskellige Catphan fantomer af samme type sammenlignes. En af konklusionerne er, at den bedste kvalitetskontrol opnås, hvis man anvender samme fysiske fantom hver gang på den enkelte skanner.

Temperaturafhængighed: Det er observeret, at CT-tallet af et givent materiale afhænger af temperaturen af fantomet. Et fantom med stue-temperatur vil således ikke give samme CT-tal som et fantom, der er koldt efter at have stået i bilens bagagerum om natten. To måleserier (f.eks. baseline og statuskontrol), hvor alle CT-tal ændres i samme retning, og den største absorption

³¹ Dette skal ikke forstås som en fuldstændig liste over, hvad man kan overveje i sin analyse af resultater.

ses, hvor fantomet er koldest (størst densitet), kan indikere, at temperaturen af fantomet har været forskellig i de to måleserier.

CT-tal-linearitet: Lineariteten kan vurderes tilfredsstillende, hvis regressionskoefficienten $R^2 \geq 0,98$. Denne anbefaling er taget fra "A proposed protocol for acceptance and constancy control of computed tomography systems: A Nordic Association for Clinical Physics (NACP) work group report. Acta Radiologica 2013 54 188-198" [11].

Snittykkelser: Den analyserede snittykkelse kan afhænge af mange ting, herunder:

1. Billedbehandling af det billede som analysen stammer fra.
2. Fantomets positionering, herunder om fantomets base f.eks. er parallelt med skanplan.
3. Form og type på analyserede objekt, herunder om analyse baseres på kontinuert wire eller bead rampe? Vurder evt. analysen af snittykkelse på begge typer objekter. (Sørg altid for at skanne evt. Catphan fantom, så begge objekter indgår i billedserien).

MTF: Ved overskridelse af baseline defineret som gennemsnit af tre målepunkter, kan man forholde sig til variationen af de tre målepunkter.

Se reference [9,11,12,13,14] for andre standarder og rapporter:

Bilag 7: Bemærkninger til version 2

Fra version 1 til version 2 er der ikke ændret i omfanget af dosismålinger.

Dette bilag beskriver trufne beslutninger i udarbejdelse af protokollen for kontrol af billedkvalitet version 2

Version 2 er udarbejdet mhp. at følge IEC standarderne ”IEC 61223-3-5 Acceptance test” og ”IEC 61223-2-6 Constancy test”. Dette medfører tre typer af målinger:

1. Modtagekontrol jf. ”IEC acceptance”.
2. Dannelse af baseline jf. ”IEC constancy”.
3. Statuskontrol jf. ”IEC constancy”.

En delmængde af kontrollerne ved statuskontrol er opmåling mod baseline.

Hvor det er muligt, baseres tolerancer på IEC standarderne.

Modtagekontrol tager typisk udgangspunkt i fabrikantens metoder i forhold til bl.a. fantom, skan- og rekonstruktionsparametre, analyse og tolerance. I et alternativ til fabrikantens metode for modtagekontrol (metode 2, beskrevet i denne vejledning) samt for dannelse af baseline og statuskontrol, er der lavet en lang række valg i udarbejdelsen af protokollen. Disse forsøges beskrevet nedenfor.

I protokollen er det specificeret hvilke typer skanprotokoller og hvilke analyseobjekter i fantomet, der skal anvendes til hver af de beskrevne kontroller. Specifikationerne er udarbejdet på baggrund af en række forsøg, hvis formål har været at udpege en metode, hvor overskridelse af tolerance for en given kontrol kan relateres til skannerens performance, og ikke er et udtryk for en metodisk usikkerhed. Således er det eftervist på en række skannere, at de enkelte kontroller ligger fint inden for tolerance i en periode, hvor hver skanner har opført sig stabilt. Der er også forsøgt at blive taget hensyn til, så vidt muligt at have mindst mulig variation i metoderne mellem de enkelte kontroller. Som eksempler kan nævnes, at indledningsvist angives en række faste skan- og rekonstruktionsparametre, som, hvis ikke andet er nævnt, er gældende for den enkelte kontrol. Kontrol af støj, CT-tal i homogent vandfantom og uniformitet er identiske på nær placering og størrelse af ROI.

Kontroller, der baseres på analyse af ROI-værdier

Skanteknik: IEC-standarder anbefaler generelt, at målinger baseres på aksiale skanninger. Den præcise årsag til dette kendes ikke men skyldes formentlig, at aksial skanteknik var ”normalen” mens i hvert fald IEC acceptance (udgivet 2004) blev udarbejdet. En forsøgsserie udført af arbejdsgruppen har vist, at aksial skanteknik medfører en relativ stor variation af ROI-værdier fra nabosnit til nabosnit, og hvis ikke præcis samme snit blev anvendt til en given analyse i dannelse af baseline og efterfølgende statuskontrol, kunne det i sig selv medføre variationer tæt på tolerancerne. Samme forsøgsserier viste, at variationer fra snit til snit er meget mindre ved anvend-

delse af spiral skanteknik, hvorfor denne skanteknik blev valgt som udgangspunkt for alle kontroller baseret på analyse af ROI-værdier. Disse forhold beskrives yderligere i bilag 1.

Fantomvalg ROI målinger: Det er besluttet, at analyser baseret på ROI-målinger (støj, CT-tal og uniformitet) skal udføres på baggrund af skanning af den homogene vanddel af skannerens systemfantom, da dette fantom kan opbevares ved stabil temperatur. Beslutningen blev truffet ud fra en række forsøg, som har vist, at CT-tal målt i Catphan fantom varierer, når fantomet ændrer temperatur inden for det område som forekommer ved anvendte opbevarings- og transportmetoder. F.eks. ses variationer på op til ~10 HU i forhold til om fantomet har stuetemperatur eller er ”vinterkoldt” efter opbevaring i en bils bagagerum. En ikke realiserbar løsning på problemet ville være at kræve, at alle sygehuse med CT-skannere havde sit eget Catphan fantom, så det enkelte Catphan fantom altid kunne opbevares ved stabil temperatur. Med henblik på simpelt at kunne sammenholde alle ROI-målinger og minimere antallet af skanninger skal målemetoden for måling af støj følge de andre ROI-målinger herunder valg af fantom. Beslutning om at anvende skannerens systemfantom til alle analyser, der baseres på ROI-målinger, følger desværre ikke den grundlæggende tanke om at ensarte metoden på tværs af fabrikanter.

Fantomvalg CT-tal linearitet: Måling af linearitet, selvom den udføres vha. ROI, kan forsat måles i f.eks. Catphan fantom. Formålet med målingen er eftervisning af lineær sammenhæng mellem røntgenattenuation og CT-tal, og erfaring har vist, at denne på rimelig vis kan eftervises uafhængigt af fantomets temperatur.

Skanprotokoller støj og CT-tal: Støj og CT-tal (vandværdier) i homogent vandfantom kontrolleres ved en række skanprotokoller, som repræsenterer skannerens forskellige strålekvaliteter i forhold til valg af rørspejding og fysisk filtrering af strålebundet.

Skanprotokoller uniformitet: Kontrol af uniformitet begrænses til kun at udføres ved de forskellige bow-tie filtre, da andre påvirkninger af uniformiteten formentlig vil give udslag i kontrollerne af CT-tal linearitet, støj og CT-tal i homogent fantom.

Skanprotokoller CT-tal linearitet: Følges metode 2 til modtagekontrol er kontrol af CT-tal linearitet (Catphan), støj (systemfantom) og CT-tal (systemfantom) baseret på samme skanprotokoller. Ved statuskontrol måles CT-tal linearitet kun i en delmængde af skanprotokollerne fra modtagekontrol. Den mindre delmængde ved statuskontrol begrundes i, at hvis lineariteten er opretholdt ved denne delmængde, og målinger af støj og CT-tal også er stabile, så vil lineariteten sandsynligvis også være opretholdt ved den mængde af skanprotokoller, der udføres ved modtagekontrol men ikke ved statuskontrol. Eftervisning af linearitet mellem røntgenattenuation og CT-tal kan evalueres absolut, hvorfor der ikke skal dannes en baseline for kontrol af CT-tal linearitet.

Størrelse og komposition af fantom: Ved modtagekontrol angiver IEC standarden, at fantomet skal være homogent, cylindrisk og have en diameter på mellem 16 og 20 cm og være ækvivalent til absorption af minimum 16 cm vand for hovedskanninger, og diameter mellem 30 og 35 cm og ækvivalent til absorption af minimum 30 cm vand for kropsskanninger. Vælger man ikke at udføre modtagekontrol efter fabrikantens anvisning men derimod at udføre modtagekontrol ved metode 2, er der af praktiske årsager ikke stillet krav til fantomets størrelse. I forhold til dannelsen af baseline og opmåling mod denne foreskriver IEC-standard, at man ikke behøver at skelne mellem fantomstørrelse og komposition for hovedskanninger og kropsskanninger, men at man kan nøjes med vælge en af de størrelser, der anvendes ved modtagekontrol.

Tolerancer ved modtagekontrol for støj, CT-tal, uniformitet: Det er medtaget, at tolerancer angivet i IEC acceptance bilag B også er gældende, selvom der kontrolleres efter fabrikantens angivelser og op mod fabrikantens tolerancer. Arbejdsgruppen har indarbejdet, at tolerancer efter bilag B bør (ikke skal) være gældende, hvis disse er mere snævre end fabrikantens tolerance ud fra et skøn om, at tolerancerne i Bilag B giver nogle fornuftige rammer. Strengt taget gælder tolerancerne i bilag B dog kun, hvis fabrikanten ikke har egne tolerancer. (Dette forhold er også gældende for kontrol af MTF).

Tolerancer ved kontrol af uniformitet: I forhold til anvendelsen af ”bør” i tolerancen på uniformiteten: En tolerance hvor den absolutte uniformitet kræves at ligge under en given værdi, ville, pga. skannerspecifikke udformninger af bowtie-filteret, kræve skannerspecifikke krav til fantomet og dosisoutputtet ved forskellige strålekvaliteter.

Tolerancer CT-tal linearitet: IEC forholder sig ikke til kontrol af linearitet af CT-tal. Kontrollen er inkluderet, da arbejdsgruppen mener, at det giver god mening at få kendskab til dette forhold, herunder måling af CT-tal for en række forskellige materiale. Anvendes Catphan fantom og det foreslåede automatiske analysesoftware, fås resultaterne af denne kontrol også uundgåeligt ved f.eks. analyse af snittykkelse.

Registreringsark CT-tal linearitet: I det medfølgende registreringsark er der en Ja/Nej celle mhp. manuel angivelse af, om lineære sammenhæng mellem røntgenattenuation og CT-tal er eftervist. Dette er nødvendigt, pga. manglende kvantitative tolerance om linearitet, hvilket er en nødvendighed hvis registreringsarket skal evaluere automatisk. Så vidt arbejdsgruppens er orienteret, er der under brug af version 1, ikke set lineære sammenhænge mellem røntgenattenuation og CT-tal med regressionskoefficient under 0,99, hvorfor der ikke forventes problemer i forhold til brug af denne manuelle Ja/Nej celle.

Måling af vandværdier

Tolerancer IEC: IEC constancy forholder sig kun til, at CT-tal målt i homogent fantom højst må variere ± 4 HU fra baselineværdien. IEC acceptance tager udgangspunkt i fabrikantens egne tolerancer for måling af ”korrekt” CT-tal af forskellige materialer herunder vand. I tilfælde af at fabrikanten ikke har specificeret en tolerance for ”korrekt” vandværdi, angiver IEC acceptance bilag B, at CT-tal må variere ± 4 HU fra den nominelle angivne værdi, og at vand per definition har en nominel værdi på 0 HU.

Tolerance implementeret: Kontrol af vandværdier er udarbejdet mhp. at kunne lave den samme absolutte måling ved modtage- og statuskontrol, hvorfor metode 2 beskrevet i denne vejledning også skal følges ved modtagekontrol. Den givne tolerance for måling af vand er som udgangspunkt sat efter, at vandværdier målt i central 10 % ROI skal ligge i intervallet 0 ± 4 HU ud fra en begrundelse om, at skanneren kalibreres til at give en vandværdi på 0 HU. Hvis anvendelse af central 40 % ROI i højere grad matcher kalibreringsrutinen, kan værdier herfra anvendes. Hvis fabrikanten angiver, at intervallet 0 ± 4 HU ikke kan anvendes som tolerance for vandværdier uafhængigt af ROI størrelse, så evalueres vandværdierne ved statuskontrollen både i forhold til fabrikantens angivelse af tolerance samt tolerancen på ± 4 HU i forhold til den ved modtagekontrol målte værdi (baseline). Dette betyder også, at anvendelse af baseline afhænger af den benyttede tolerance. Værdi til baseline vil kunne tages fra modtagekontrol og kræver ikke supplerende måling.

Registreringsark: Det skal angives i registreringsarket, hvilken tolerance der anvendes til kontrol af vandværdier. Angives en tolerance, der kun tillader værdier i intervallet 0 ± 4 HU, vil registreringsarket udelukkende evaluere dette. Angives værdier der tillader vandværdier over 0 ± 4 HU, vil evalueringen ved statuskontrol kræve en baselineværdi. Registreringsarket vil i dette tilfælde evaluere om vandværdi enten ligger udenfor fabrikantens angivne interval eller ligger uden for ± 4 HU af baselineværdi.

Variation af vandværdier i z-retning ved aksial skanteknik: Variation af vandværdier i z-retning skal kontrolleres for skannere, hvor aksial skanteknik anvendes. Testen giver ikke mening for spiral skanteknik. Dette er ikke en test, der beskrives i IEC standarderne, hvorfor der heller ikke findes en tolerance for, hvilken variation der kan accepteres langs z-retningen. Arbejdsgruppens vurdering er, at den eneste meningsfulde kvantitative tolerance er, at CT-tal for hvert snit skal holde sig inden for samme tolerance, som anvendes for kontrol af CT-tal målt i homogent vandfantom. Dette suppleres med en kvalitativ tolerance, hvor det lægges op til at vurdere, om den målte variation i z-retningen lever op til den forventede kvalitet. Som eksempel kan der måske sættes spørgsmål til om en variation fra -4 HU til $+4$ HU over detektorbredden er forenelig med den forventede kvalitet. Arbejdsgruppen har diskuteret, om der skulle protokolleres værdier fra alle snit, eller om man kunne nøjes med at notere min og max. Valget faldt på værdier fra alle snit, da anvendelse af min og max let kan give et forkert resultat, hvis det analyserede område inkludere andet end vand (f.eks. når fantomets vanddel er mindre end detektorbredden).

Kontrol af korrekt afstandsgengivelse/pixelstørrelse

IEC forholder sig ikke til kontrol af korrekt afstandsgengivelse/pixelstørrelse. Arbejdsgruppen mener dog, at det giver god mening at få kendskab til dette forhold, hvorfor testen er inkluderet. Kontrollen udføres kun ved modtagekontrol, da korrekt afstandsgengivelse/pixelstørrelse til arbejdsgruppens orientering ikke har set ændret sig under brug af en skanner. Det er vurderet tilstrækkeligt, at kontrollen kun testes ved én skanprotokol, idet tolerancen antageligt enten vil være overskredet for alle skanprotokoller eller ingen skanprotokoller. Anvendes Catphan fantom og det foreslåede automatiske analysesoftware, fås resultaterne af denne test uundgåeligt.

Kontrol af snittykkelser

Skanprotokol: Hvis de målte snittykkelser er inden for tolerance for én strålekvalitet, er de det sandsynligvis også for alle andre strålekvaliteter. Derfor skal denne kontrol kun udføres for én strålekvalitet.

Analyseobjekt og skanparametre: I udarbejdelsen af protokollen er afhængigheden af mAs-niveau og analyseobjekt (kontinuert rampe eller bead-rampe) undersøgt ved brug af Catphan fantom og aksial skanteknik. I forhold til mAs-niveau sås ingen forbedring ved at øge dette. Ved små snittykkelser gav anvendelse af bead-rampe, målinger, der lå tættere på de nominelle værdier, hvorimod konklusionen om valg af analyseobjekt var skannerafhængig ved større snittykkelser. Målingerne tydede dog på, at bead-rampe med rimelighed kunne anvendes for alle snittykkelser, mens den kontinuerte rampe ikke altid kunne anvendes for små snittykkelser. Den foreslåede skanprotokol tager derfor udgangspunkt i bead-rampen. En forbedring, som dog vil gøre metoden mere besværlig, kunne indføres ved at vælge analyseobjektet på baggrund af nomi-

nelle snittykkelse. Overgangen fra bead-rampe til kontinuert rampe skal formentlig ligge omkring en nominal snittykkelse på 1,5 mm.

Rekonstruktionsparametre: Der skal anvendes rekonstruktionsfilter uden udglattende effekt. Udglatnings- effekter medfører, at de højkontrastobjekter, som snittykkelsen beregnes ved (wire/bead rampe), fremstår ”bredere” i snitbilledet, end hvad der fysisk kan relateres til tykkelsen af snittet.

Skanteknik: Det er forsat uafklaret, om kontrollen kan udføres ved spiralskanning. Da det vil forenkle metoden at kunne anvende samme type skanprotokol for alle test og i højere grad efterligne kliniske forhold, er der i protokollens bilag indarbejdet en valgfri kontrol mhp. at gøre erfaringer på brug af spiral skanteknik til kontrol af snittykkelse. Foreløbige test i forhold til valg af analyseobjektet kontra nominal snittykkelse viser samme tendens som skitseret ved brug af aksial skanteknik.

Kontrol af MTF

Skanprotokol: Statuskontrol af MTF udføres som en relativ måling mod baseline, og har til formål at kontrollere, om MTF ændrer sig. Hvis MTF ændrer sig for én strålekvalitet, gør den det antageligt også for alle andre strålekvaliteter, hvorfor MTF kun kontrolleres for en strålekvalitet.

Analyseobjekt og skanparametre: I udarbejdelsen af protokollen er afhængigheden mAs-niveau, FOV, snittykkelse og analyseobjekt (ært eller wire) undersøgt ved brug af Catphan fantom og aksial skanteknik. Konklusionen var, at mAs-niveau på 200, FOV på 21 cm, mindst mulig snittykkelse og analyse over ært gav en forholdsvis stabil måling.

Dannelse af stabil baseline: Ovenstående beskrevne målinger (blandt andre) og dialog med bl.a. Wolfram Stiller³², forfatter til artiklen ”Toward standardized quantitative image quality (IQ) assessment in computed tomography (CT): A comprehensive framework for automated and comparative IQ analysis based on ICRU Report 87. *Physica Medica* 2016 Jan;32(1):104-15.” har gjort arbejdsgruppen opmærksom på, at en stabil MTF typisk kun kan dannes ved at basere den på et gennemsnit af flere målinger.

Derfor er det indført, at baselineværdien fastsættes som gennemsnittet af tre skanninger. Det er uafklaret, hvorvidt repositionering af fantom og/eller ændring af position for skanstart mm. mellem disse tre gentagelser giver den mest ”stabile” og brugbare baseline.

Skanteknik: Det er forsat uafklaret, om kontrollen kan udføres ved spiralskanning. Da det vil forenkle metoden at kunne anvende samme type skanprotokol for alle test og i højere grad efterligne kliniske forhold, er der i protokollen indarbejdet en valgfri kontrol mhp. at gøre erfaringer i brug af spiral skanteknik til kontrol af MTF. Skanprotokollen til denne valgfrie kontrol er identisk med skanprotokollen til kontrol af SSP.

³² Dr. Wolfram Stiller, Diagnostic & Interventional Radiology (DIR), University Hospital Heidelberg, Germany

Tolerance: For tolerance af MTF ved modtagekontrol gælder samme forhold, som beskrevet for støj, CT-tal i homogent fantom og uniformitet.

Kontrol af SSP

Skanneprotokol: Statuskontrol af SSP udføres som en relativ måling mod baseline, og har til formål at kontrollere, om SSP ændrer sig. Hvis SSP ændrer sig for én strålekvalitet, gør den det antageligt også for alle andre strålekvaliteter, hvorfor SSP kun kontrolleres for en strålekvalitet.

En udvidelse af kontrol af SSP kunne indeholde flere kombinationer af pitch, rekonstrueret snit-tykkelse og detektorkonfiguration.

Tolerance: IEC forholder sig til denne form for kontrol i bilag G (IEC acceptance) og bilag C (IEC constancy), men angiver ikke en tolerance. Arbejdsgruppen har ikke kunnet finde meningsfulde tolerancer andetsteds.

Kontrol af Cone Beam artefakt

IEC forholder sig ikke til sådan en kontrol, men den er indført af to årsager:

1. Brede kollimeringer bliver mere og mere normalt, og dermed er det potentielt større risiko for at have en skanner med cone beam artefakter, som påvirker den diagnostiske billedkvalitet negativt.
2. Tilstedeværelse af cone beam artefakt vil kunne påvirke resultatet af de andre billedkvalitetskontroller i protokollen.

Kontrollen udføres kun ved modtagekontrol, idet cone beam artefakter antageligt enten er til stede eller ikke er til stede, og ikke ”pludselig” dukker op efter længere tids brug af skanneren.

Kontrol af lavkontrast

Protokollen indeholder ingen test for evaluering af lavkontrasten, da arbejdsgruppen ikke har kunnet finde en meningsfuld objektiv kontrol af dette forhold.

IEC-standarden ”Constancy” beskriver, at man kan anse lavkontrasten for at ligge inden for specifikationerne, hvis støj og CT-tal ligger indenfor specifikationerne. Dette kan tolkes som, at kontrol af lavkontrast indirekte kontrolleres ved at målinger af støj og CT-tal ligger indenfor tolerance ved hhv. modtage- og statuskontrol.

Bilag 8: Bemærkninger til version 1

Forud for version 1 var der gjort en del overvejelser, og der er her forsøgt redegjort for de truffne beslutninger.

Valg af måleudstyr

Overvejelserne gik på, om man skulle skifte gældende standard metodik baseret på målinger med 100 mm pencil ionkammer ud med nyere målemetodik baseret på punkt-dosis-probe³³.

Fordelene ved en punkt-dosis-probe er bl.a:

- Mulighed for at måle dosimetrisk størrelse direkte fra spiralskan.
- Mulighed for at afbillede stråleprofilen og måle dens brede for forskellige kollimeringer.
- Mulighed for at basere sin dosimetri på integration af stråleprofilen udover de standard 100 mm.
- Implementering af dosismetodik som anbefalet i AAPM report 111 [8].

Ulemper ved en punkt-dosis-probe:

- Dosimetrisk målinger med punkt-dosis-probe er som udgangspunkt fokuseret på spiralskanninger, mens dosimetrisk målinger med pencil ionkammer er fokuseret på aksiale skanninger. Bl.a. fordi spiralskan og aksial skan ikke altid muliggør at vælge samme kollimeringer og detektorkonfigurationer, skal dosimetrikontrol på en specifik skanner altid baseres på samme type måleprobe. Det vil derfor ikke være muligt at fastsætte en baseline med en type måleprobe og senere måle op mod denne baseline med en anden type måleprobe.
- Ved målinger periferet for isocenter med punkt-dosis-probe (f.eks. i CTDI-fantom) vil måleresultatet reelt kun være reproducerbart ved bestemte pitch-værdier, som for en given kollimering og dens fysisk strålebrede inkl. penumbra vil afhænge af afstandene fra isocenter til hhv. den perifere måleposition og til fokuspunktet. Mange skannere vil ikke muliggøre valg af disse bestemte pitch-værdier.
- Ikke standard udstyr. Det vil kræve en forholdsvis stor tilvænnning at skifte måleudstyr. Sådan en tilvænningsperiode vil medføre en del ekstra arbejde med oplæring samt at

³³ For uddybning af brug af punkt dosis probe og dens fordele og ulempe henvises til hospitalsfysikerprojekt ”*Kan CT Dose Profiler anvendes til dosimetrisk målinger i et body CTDI fantom*” af Asbjørn Seegert

sikre at dosimetrisk målinger er i overensstemmelse med den medfølgende nye måle-metodik og tolerancer. Derudover vil der også være en økonomisk udfordring i at anskaffe det nye måleudstyr.

- Fordelen ved med en punkt-dosis-probe at kunne basere dosimetrien på spiralskanninger og integrere stråleprofilen ud over standard 100 mm er især at muliggøre en dosimetrikontrol, der i langt højere grad afspejler klinisk brug af skanneren. En standard kollimering på 40 mm ville kræve et fantom på i hvert fald 30 cm (svarende til 2 standard CTDI fantomer) for nogenlunde at give en stråleprofil med længde svarende til en klinisk situation. Det blev ved udarbejdelsen af denne protokol og revurderingen til version 2 vurderet urealistisk at basere dosimetrikontrollen på fantomer af denne størrelse og længde. Anvendelse af 1 stk. CTDI fantom ville muliggøre integration af stråleprofilen op til 150 mm. Men selvom en forøgelse af integrationslængden fra 100 mm til 150 mm ville betyde en bedre integration af stråleprofilen, vil man stadig være et stykke fra at måle på en stråleprofil matchende den, som fremkommer ved en kollimering på 40 mm i klinisk brug. For en kollimering på 40 mm giver tabel 5 procentsatser for integration af stråleprofilen i et CTDI fantom af forskellige længder i forhold til, hvis man havde integreret den fulde stråleprofil fremkommet i et 60 cm CTDI.

| | 30 cm CTDI fantom, 30 cm integration af stråleprofil | 15 cm CTDI fantom, 15 cm integration af stråleprofil | 15 cm CTDI fantom, 10 cm integration af stråleprofil |
|--|--|--|--|
| Integration langs center akse i et standard CTDI fantom | 91 % | 63 % | 52 % |
| Integration langs perifer akse i et standard CTDI fantom | 99 % | 90 % | 87 % |
| Samlede beregning af $CTDI_{vol}$ | 97 % | 82 % | 74 % |

Tabel 5: Procentsatser for integration af stråleprofiler i forhold til integration af den fulde stråleprofilen i et 60 cm. Målinger udført på en Siemens Definition Flash med punkt-dosis-proben "CT Dose Profiler" fra RTI.

- Skannerens angivelse af strålings-outputs "CTDI_{vol}" er baseret på 100 mm integration af stråleprofilen fremkommet i et 15 cm standard CTDI fantom. For at validere dette tal vil man skulle udføre målinger baseret på 100 mm integration af stråleprofilen fremkommet i standard CTDI fantomet.

Baseret på ovenstående blev det besluttet fortsat at basere dosimetrikontrollen på 100 mm pencil ionkammer.

Valg af skankombinationer

Der udføres to typer af dosimetrimålinger i kontrollen:

1. Målinger i CTDI-fantom.
2. Målinger free-in-air.

Målinger i CTDI-fantom anvendes til at validere skannerens egen dosisangivelse ”CTDI_{vol}”.
Målinger free-in-air anvendes til at validere, at skannerens output er konstant for en lang række skankombinationer (baselinemålinger) samt at kontrollere dosis-mAs linearitet og dosis-reproducerbarhed.

Ved modtagekontrol blev valget af skankombinationer defineret efter - for såvel målinger i CTDI-fantom som målinger free-in-air - at få målt ved alle rørsændinger og fysiske filtre (bow tie filtre) for et udvalg af klinisk relevante kollimeringer og detektorkonfigurationer.

Ved statuskontrol gentages alle målinger free-in-air mhp. at sikre, at skannerens output er konstant for de anvendte skankombinationer og for at sikre forsats dosis-mAs-linearitet og dosis-reproducerbarhed.

For målinger i CTDI-fantom udføres ved statuskontrol kun en delmængde af målinger udført ved modtagekontrol. Skannerens angivelse af CTDI_{vol} er til arbejdsgruppens orientering forsats baseret på tabelopslag. Hvis den lille delmængde af målinger udført ved statuskontrol validerer opslaget af CTDI_{vol}, og skannerens output målt free-in-air er stabilt, kan man tillade sig at konkludere, at de resterende målinger i CTDI-fantom udført ved modtagekontrol også vil være valide ved statuskontrollen.