

Fontys Paramedische Hogeschool

Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT)

Afstudeerscriptie

De invloed van het niet correct instellen van de scanrange op de effectieve dosis bij een CT-thorax

Emma van Berne, 2212076

Eindhoven, 7 juni 2016

Begeleider: Rob Vogels

Opdrachtgever: ZNA Middelheim



Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van de afstudeerfase aan de bachelor opleiding Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) aan de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de afdeling radiologie in het Ziekenhuis Netwerk Antwerpen (ZNA) Middelheim. In deze afstudeerscriptie is onderzocht wat de invloed is van het niet correct instellen van de scanrange op de effectieve dosis bij een CT-thorax.

Mijn dank gaat uit naar Johan Bauwens voor het opstellen van dit projectvoorstel en de begeleiding tijdens de metingen. Mede dankzij zijn inspanning heb ik de kans gekregen om een mooi afstudeeronderzoek uit te kunnen voeren. Vanuit de opleiding wil ik mijn afstudeerbegeleider Rob Vogels bedanken voor de goede begeleiding en feedback tijdens het onderzoek. Tot slot wil ik mijn afstudeercollega en medestudent Veerle van de Weijer bedanken voor haar steun tijdens dit onderzoek en de fijne samenwerking. Dankzij Veerle heb ik dit onderzoek met veel plezier uit kunnen voeren.

Helmond, Juni 2016

Emma van Berne

Samenvatting

Inleiding

In praktijk wordt de scanrange regelmatig groter ingesteld dan nodig voor het desbetreffende protocol. Daarnaast wordt de patiënt regelmatig onjuist gecentreerd voor de scan, hierdoor ontbreekt anatomie op het scanogram. Indien anatomie ontbreekt, wordt de scanrange buiten de grenzen van het scanogram ingesteld of in enkele gevallen wordt een nieuw scanogram gemaakt. Het doel van deze studie is te onderzoeken hoe vaak het in praktijk voorkomt dat een grotere scanrange wordt ingesteld dan nodig en hoe vaak de scanrange buiten de grenzen van het scanogram ingesteld wordt bij een CT-thorax onderzoek en wat de invloed van beide situaties is op de effectieve dosis. Daarnaast wordt onderzocht in welke situatie het instellen van de scanrange buiten de grenzen van scanogram of het maken van een nieuw scanogram de minste dosis geeft aan de patiënt.

Methode

Middels retrospectief dataonderzoek is onderzocht hoe vaak de scanrange niet correct is ingesteld in de praktijk. In totaal zijn 201 standaard CT-thorax onderzoeken geïnccludeerd. Vervolgens is een observationeel kwantitatief onderzoek uitgevoerd. Hierbij is met behulp van het Alderson RANDO fantoom de invloed van het niet correct instellen van de scanrange op het scanogram onderzocht op een Aquilion one CT systeem.

Resultaten

Retrospectief dataonderzoek toonde dat bij 89% van de geïnccludeerde standaard CT-thorax onderzoeken de scanrange niet correct is ingesteld. Resultaten van de fantoomstudie waarbij de scanrange groter geplaatst is dan nodig, toonden dat de effectieve dosis toeneemt naarmate het aantal millimeter toeneemt voor zowel craniaal als caudaal. Voor het instellen van de scanrange buiten de craniale grens van het scanogram geldt eveneens dat de effectieve dosis toeneemt naarmate het aantal millimeter toeneemt. Voor caudaal neemt de effectieve dosis af naarmate het aantal millimeter toeneemt.

Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat het niet correct instellen van de scanrange een veelvoorkomend probleem is, wat kan resulteren in een maximale dosisverhoging van 15%.

Abstract

Introduction

In practice, the scanrange is usually set wider than necessary for the used protocol. In addition, the patient is often not properly centered for the scan, as a result anatomy is missing on the scanogram. If this is the case, the scanrange is planned outside the border of the scanogram or a new scanogram is created. The aim of this study is to investigate how often the scanrange of a CT-thorax is set wider than necessary, how often the scanrange is planned outside the cranial or caudal border of the scanogram, and how this influences the effective dose. Additionally, this study shows in what situation either planning outside the border of the scanogram or making a new scanogram exposes the least radiation dose to the patient.

Methods

A retrospective data analysis is used to gain insight into the frequency in which the scanrange is not set up correctly in practice. In total 201 standard CT-thorax examinations are included. Subsequently, observational quantitative research has been conducted. With the help of an Alderson RANDO phantom, the influence of an incorrect setting of the scanrange has been examined using an Aquilion one CT system.

Results

The retrospective data analysis revealed that the scanrange was set incorrectly in 89% of the included CT-thorax examinations. Results from the phantom study show that, in regards to the cases in which the scanrange was set unnecessarily wide, the effective dose increased both cranially and caudally as a result of the increased number of millimeters. When setting the scanrange outside the cranial border of the scanogram, the effective dose also increases as the number of millimeters increases. In contrast, the effective dose decreases as the number of millimeters increases caudally.

Conclusion

Setting the scanrange wrong is a common problem, which can result in a maximum dose increase of 15%.

Inhoudsopgave

Inleiding	6
Methode	8
Onderzoeksdesign	8
Meetinstrumenten	8
Data verzameling	9
Data analyse	11
Ethisch aspect	12
Resultaten	13
Retrospectief dataonderzoek	13
Fantoomstudie	14
Discussie	18
Conclusie	21
Literatuur	22
 Bijlagen	 22
1. Scanprotocol standaard CT-thorax	II

Inleiding

Computertomografie (CT) wordt beschouwd als de belangrijkste bijdrage aan medische blootstelling van ioniserende straling aan de bevolking (1–4). Met de komst van de multi-slice helical CT zijn de klinische toepassingen van CT verbreed, wat heeft geleid tot een toename van het aantal CT-onderzoeken in de Verenigde Staten en Europa (5). In 2012 zijn in België 2,1 miljoen CT-onderzoeken uitgevoerd, een stijging van 75% in bijna tien jaar tijd (6,7). In België worden in verhouding vier keer meer CT-onderzoeken uitgevoerd dan in Nederland (7). Hoewel CT ongeveer 10% van de onderzoeken met röntgenstraling vertegenwoordigt, is CT verantwoordelijk voor bijna 50% van de collectieve stralingsdosis gekoppeld aan medische beeldvorming (1,8–11). CT levert een veel hogere stralingsdosis dan andere radiologische procedures (9,12–14). Een CT-onderzoek van de thorax levert bijvoorbeeld meer dan honderd maal de stralingsdosis op van een röntgenfoto van de thorax (12,13). Blootstelling aan ioniserende straling draagt bij aan het ontwikkelen van kanker (3,8,12,15,16). Straling geassocieerde risico's op kanker zijn met name van belang voor jonge vrouwelijke patiënten waarbij de borst blootgesteld wordt aan straling, vanwege het extra risico op borstkanker (3). Het risico per 10.000 scans varieert en is afhankelijk van het scan-type (3). Het risico is met name hoog voor een CT-Thorax, CT-abdomen en een whole-body CT-onderzoek (3).

CT is uniek vergeleken met andere beeldvormende technieken, doordat een 3D beeldopname van de gehele thoracale regio kan worden verkregen binnen enkele seconden (17). Hierdoor wordt een CT-thorax vaak gebruikt als diagnostisch hulpmiddel (16). De gemiddelde effectieve dosis van een CT-thorax onderzoek bedroeg 7,6 millisievert (mSv) in 2013 op basis van de International Commission on Radiological Protection (ICRP)-60 (18). De meest stralingsgevoelige weefsels bij een CT-thorax zijn het longweefsel en het borstklierweefsel (17). Wanneer de dosis 100 milli-Gray (mGy) bedraagt, bestaat voor de patiënt een risico op het oplopen van longkanker (16). Het risico op het oplopen van borstkanker bestaat al bij een dosis lager dan 100 mGy (16). Tijdens een CT-thorax onderzoek ontvangen de borsten bij vrouwelijke patiënten een dosis van 30-50 mGy, ondanks het feit dat de borsten niet het doelwit van beeldopname zijn (15). Door het grote aantal CT-onderzoeken dat jaarlijks wordt uitgevoerd, moet een grote nadruk gelegd worden op dosisoptimalisatie, zodat patiënten geen onnodige stralingsdosis ontvangen tijdens een CT-onderzoek (16).

Een effectieve aanpak voor dosisoptimalisatie is de toepassing van Automatic Exposure Control (AEC), welke de patiëntendosis aanzienlijk vermindert in multi-detector computertomografie (MDCT) zonder verlies van beeldkwaliteit (4,8,15). Tegenwoordig hebben vrijwel alle CT-systemen een vorm van AEC die werkt met een driedimensionale buisstroom modulatie (19). Het principe van deze systemen is de gewenste beeldkwaliteit en stralingsdosis op een reproduceerbare manier te realiseren middels aanpassing van de buisstroom naar de omvang, het gewicht en de verzwakking van de patiënt (19). Een andere methode voor dosisoptimalisatie is het waarborgen van de juiste scanlengte voor het gekozen scanprotocol, dat is uitsluitend het afbeelden van de benodigde anatomie (16). Voor zowel de AEC als het correct plannen van de scan is het scanogram van belang. AEC haalt informatie over de

vorm en densiteit van de patiënt uit dit scanogram (4,20). Het scanogram is een overzichtsfoto die voorafgaand aan ieder CT-onderzoek gemaakt wordt om de scanrange in te stellen (16). Het instellen van de scanrange, gebaseerd op anatomische oriëntatiepunten en het protocol, dient op het scanogram ingesteld te worden voordat het CT-onderzoek uitgevoerd wordt bij de patiënt (15). Indien de scanrange buiten de grenzen van het scanogram ingesteld wordt, heeft de AEC geen anatomische informatie van dit gebied, waardoor de patiënt in dat gebied een hogere of lagere dosis kan ontvangen dan noodzakelijk. In de praktijk wordt de scanrange regelmatig niet correct ingesteld op het scanogram, bijvoorbeeld door de scanrange groter in te stellen dan nodig voor het desbetreffende scanprotocol. Daarnaast komt het regelmatig voor dat de patiënt niet juist gecentreerd wordt voor de scan, hierdoor ontbreekt anatomie op het scanogram, waardoor de scanrange vaak blind bepaald wordt. In enkele gevallen wordt echter gekozen voor het maken van een nieuw scanogram bij ontbrekende anatomie, in plaats van de scanrange buiten craniale of caudale grens van het scanogram in te stellen.

Het doel van deze studie is:

- a) te onderzoeken hoe vaak het voorkomt dat een grotere scanrange ingesteld wordt dan nodig en hoe vaak het voorkomt dat de scanrange buiten de craniale of caudale grens van het scanogram ingesteld wordt bij een diagnostisch CT-thorax onderzoek
- b) te onderzoeken wat de invloed is op de effectieve dosis bij volwassen patiënten indien een grotere scanrange ingesteld wordt dan nodig en wanneer de scanrange buiten de craniale of caudale grens van het scanogram ingesteld wordt bij een diagnostisch CT-thorax onderzoek
- c) in welke situatie het maken van een nieuw scanogram of de scanrange buiten de grenzen van het scanogram instellen de minste dosis geeft aan de patiënt bij ontbrekende anatomie op het scanogram

Methode

Onderzoeksdesign

Om antwoord te geven op de onderzoeksvragen van deze studie is retrospectief dataonderzoek en observationeel kwantitatief onderzoek uitgevoerd. Middels retrospectief dataonderzoek is onderzocht hoe vaak de scanrange groter ingesteld is dan nodig en hoe vaak de scanrange buiten de grenzen van het scanogram is ingesteld. Ook is aan de hand van retrospectief dataonderzoek gekeken hoeveel centimeter de scanrange regelmatig groter ingesteld is dan nodig. Middels een fantoomstudie is onderzocht wat de invloed is op de effectieve patiëntendosis indien de scanrange groter ingesteld is dan nodig aan de craniale of caudale zijde binnen het scanogram. Daarnaast is aan de hand van een fantoomstudie onderzocht wat de invloed is op de effectieve patiëntendosis indien de scanrange buiten de craniale of caudale grens van het scanogram ingesteld is. Tot slot is onderzocht of er een omslagpunt is waarbij het beter is om een nieuw scanogram te maken dan de scanrange buiten de grenzen van het scanogram in te stellen, gekeken naar de patiënten dosis. Het onderzoek is uitgevoerd in het Ziekenhuis Netwerk Antwerpen (ZNA) Middelheim.

Meetinstrumenten

Type scanner

De metingen voor de fantoomstudie zijn verkregen met een Aquilion one CT systeem (Type TSX-301A, Toshiba, Japan). Dit is een dynamische volumescanner met een detector bestaande uit 320 rijen van ieder 0,5 mm. Alle metingen zijn verricht in helical scan mode. Het protocol dat gebruikt is in deze studie is beschreven in bijlage 1. Voor betrouwbaarheid van de metingen is de CT-scanner gekalibreerd voordat de metingen verricht zijn.

Toshiba maakt gebruik van een gecombineerd dosismodulatie systeem genaamd ^{SURE}Exposure 3D (21). Dit modulatiesysteem past de buisstroom aan naar de vorm en densiteit van de patiënt op basis van een scanogram in anteroposterior (AP) richting en een scanogram in laterale richting (21). Dit modulatie systeem maakt ook een nauwkeurige schatting van de verzwakking van individuele patiënten, zelfs wanneer de patiënt niet goed gecentreerd is in de gantry van de CT (22). Het niet correct centreren van de patiënt kan tot gevolg hebben dat een te lage dosis gegeven wordt. Hierdoor kan de scan te veel ruis krijgen en daardoor mislukken (20). Ook kan het zijn dat onnodig veel dosis gegeven wordt (20). Met behulp van ^{SURE}Exposure 3D kan daarom gecorrigeerd worden voor de tafelhoogte.

Fantoom

Het fantoom dat gebruikt is voor de metingen is een Alderson RANDO fantoom, ART-200X (Radiology Support Devices, Carson, Verenigde Staten) (23). Het fantoom is gemaakt van weefsel equivalent materiaal en is ontworpen volgens de International Commission on Radiation Units & Measurements (ICRU)-44 normen(23). Het fantoom bestaat uit wekedelen, bot- en longweefsel (23). Voor de metingen is gebruikt gemaakt van een mannelijk fantoom waarvan de romp gebaseerd is op een persoon van 175 centimeter lang en met een gewicht van 73,5 kg (23).

Data verzameling

Retrospectief dataonderzoek

Middels retrospectief dataonderzoek is onderzocht hoe vaak de scanrange groter ingesteld is dan nodig en hoe vaak de scanrange buiten de grenzen van het scanogram ingesteld is. De patiënt wordt niet altijd juist gecentreerd, waardoor de scanrange blind bepaald wordt, omdat het gebied van interesse craniaal of caudaal buiten de grens van het scanogram valt. Daarnaast is onderzocht hoeveel metingen nodig zijn voor de fantoomstudie waarbij de scanrange craniaal of caudaal groter is geplaatst dan nodig. Voor de craniale en caudale zijde van het scanogram zijn metingen verricht waarbij de scanrange steeds met het zelfde aantal millimeter (mm) is verplaatst. Om er achter te komen hoeveel mm de scanrange groter geplaatst wordt dan nodig in de praktijk, zijn alle standaard CT-thorax onderzoeken van oktober 2015 tot en met januari 2016 bekeken. Aan de hand van deze bevindingen is het aantal mm bepaald welke voor de metingen van de fantoomstudie gebruikt zijn. Uit dit retrospectief dataonderzoek is de grootte van de stappen en tot welke maximale afstand gemeten is, bepaald.

Voor beide onderzoeken zijn alle standaard CT-thorax onderzoeken vanaf 19 oktober 2015 tot en met 14 januari 2016 geïnccludeerd, waarvan de patiënten 18 jaar of ouder zijn. Exclusiecriteria zijn: CT longembolie, High Resolution Computer Tomography (HRCT) onderzoek van de longen, CT-onderzoek thoraxtrauma, CT-angiografie en een CT thorax onderzoek met de vraagstelling 'mammacarcinoom'. Dit laatste wordt namelijk aan de craniale zijde ruim gescand, zodat de gehele oksel mee gescand wordt. De instelling van een standaard CT-thorax onderzoek, gebaseerd op het protocol in het ZNA Middelheim, is 10 mm boven de bovenste longtop tot en met 20 mm onder de dorsale sinus pleurae. Te krap instellen van de scanrange vergroot de kans op een onvolledige scan, hierdoor is gekozen voor een marge van 10 mm. Om te bepalen of een scan te groot is ingesteld, is gemeten vanaf 20 mm boven de bovenste longtop en vanaf 30 mm onder de dorsale sinus pleurae.

Fantoomstudie

Groter instellen van de scanrange

Voor de uitgangspositie van de fantoommetingen is een standaard scanogram vervaardigd waarop de bovenste longpunten en de dorsale sinus pleurae afgebeeld zijn. De beginpositie van dit scanogram is gemarkeerd op het fantoom en dient als uitgangspunt. Vervolgens is een nieuw scanogram gemaakt waarbij 100 mm anatomie boven de craniale grens (10 mm boven de bovenste longtop) aanwezig is. Dit is gedaan zodat de scanrange vanaf de craniale grens met 100 mm verlengd kan worden binnen de grenzen van het scanogram. Hierna is de scan uitgevoerd met als craniale grens 10 mm boven de bovenste longtop en als caudale grens 20 mm onder de dorsale sinus pleurae. De begin- en eindpositie van de tafel tijdens de scan zijn genoteerd. Het uitgevoerde scanogram en de uitgevoerde scan hebben als referentieonderzoek gediend van deze fantoomstudie waarmee alle metingen voor het craniaal groter plaatsen van de scanrange dan nodig vergeleken zijn. Hetzelfde is gedaan voor caudaal, maar dan is een scanogram gemaakt waarbij 100 mm anatomie onder de caudale grens (20 mm onder de dorsale sinus pleurae) aanwezig is. Het uitgevoerde scanogram en de uitgevoerde scan hebben als

referentieonderzoek gediend van deze fantoomstudie waarmee alle metingen voor het caudaal groter plaatsen van de scanrange dan nodig vergeleken zijn.

De grootte van de stappen is aan de hand van het retrospectief dataonderzoek vastgesteld. Vervolgens is de scanrange op het scanogram met stappen van 5 mm verlengd. Het verlengen van de scanrange in craniale richting is gedaan door de beginpositie van de tafel in de Z-richting telkens 5 mm aan te passen in craniale richting. Aan de hand hiervan is steeds 5 mm meer anatomie bekend op het scanogram en kan de scanrange telkens verlengd worden. De ondergrens van het scanogram is 20 mm onder dorsale sinus pleurae gebleven. De scan is steeds 5 mm verlengd en daarna uitgevoerd. Het aantal mm dat dit herhaald is, is afhankelijk van het retrospectief dataonderzoek dat plaats heeft gevonden voordat de metingen verricht zijn. Hetzelfde is gedaan voor de caudale zijde, alleen is de eindpositie van de tafel in de Z-richting telkens met 5 mm verlengd in caudale richting. De bovengrens van het scanogram is 10 mm boven de bovenste longtop gebleven. Het Computed Tomography Dose Index volume ($CTDI_{vol}$ in Gy) en het dosis-lengteproduct (DLP in Gy·cm) van elk scanogram en elke scan zijn beschreven in tabellen. Na elke uitgevoerde scan is de patiënt eerst afgesloten voordat een nieuwe scan gemaakt is, zodat de $CTDI_{vol}$ en DLP betrouwbaar zijn gebleven.

Instellen van de scanrange buiten de grenzen van het scanogram

Om vervolgens te onderzoeken wat de invloed is op de patiënten dosis indien de scanrange buiten de craniale of caudale grens van het scanogram ingesteld wordt, is voor de craniale zijde van de metingen een standaard scanogram vervaardigd waarop de bovenste longpunten en de dorsale sinus pleurae afgebeeld zijn. Hierna is de scan uitgevoerd met als craniale grens 10 mm boven de bovenste longtop en als caudale grens 20 mm onder de dorsale sinus pleurae. De begin- en eindpositie van de tafel tijdens de scans zijn genoteerd. Het uitgevoerde scanogram en de uitgevoerde scan hebben als referentieonderzoek gediend van deze fantoomstudie waarmee alle metingen voor het instellen van de scanrange buiten de craniale grens vergeleken zijn. Hetzelfde is gedaan voor caudaal waarbij het uitgevoerde scanogram en de uitgevoerde scan als referentieonderzoek gediend hebben waarmee alle metingen voor het instellen van de scanrange buiten de caudale grens vergeleken zijn.

De beginpositie van het scanogram is 5 mm verlaagd ten opzichte van de beginpositie van de tafel in de Z-richting van het referentieonderzoek. Het scanogram is dan 5 mm verplaatst (de lengte van het scanogram blijft gelijk), waardoor aan de craniale zijde van het scanogram 5 mm anatomie ontbreekt. Hierna is de scan uitgevoerd met dezelfde begin- en eindpositie van de tafel als die van het referentieonderzoek. De beginpositie van het scanogram is telkens 5 mm verder verlaagd in de Z-richting ten opzichte van de vorige positie. Dit is herhaald totdat de 105 mm bereikt is. Deze grens is aangehouden, omdat de scanrange niet verder dan 105 mm buiten het scanogram ingesteld kan worden met dosismodulatie. De scan is telkens gemaakt met dezelfde tafelwaardes als die van het referentieonderzoek, zodat alle anatomie die zichtbaar moet zijn op de scan, in beeld is. Hetzelfde is uitgevoerd in caudale richting waarbij anatomie ontbreekt aan de caudale zijde van het scanogram. Dit is weer herhaald totdat de 105 mm bereikt is. Het Computed Tomography Dose Index volume ($CTDI_{vol}$

in Gy) en het dosis-lengteproduct (DLP in Gy·cm) van elk scanogram en elke scan zijn beschreven in tabellen. Na elke uitgevoerde scan is de patiënt eerst afgesloten voordat een nieuwe scan gemaakt is, zodat de CTDI_{vol} en DLP betrouwbaar zijn gebleven.

Data analyse

Retrospectief dataonderzoek

De data van het retrospectief onderzoek is verwerkt in tabellen. Aan de hand hiervan is duidelijk geworden hoe vaak de scanrange niet correct ingesteld is op het scanogram en tot welke maximale afstand de scanrange groter ingesteld is dan nodig.

Fantomstudie

De dosisgegevens van alle scans zijn verwerkt in tabellen. De effectieve dosis is vervolgens berekend met behulp van de formule:

$$\text{Effectieve dosis (E, mSv)} = \text{DLP (Gy·cm)} \times \text{Conversiefactor (mSv/ mGy·cm)}$$

De conversiefactor voor het thoraxgebied is 0,017 (20,24).

Aan de hand van de variabelen in tabel 1 is naast de effectieve dosis, ook de totale effectieve dosis en het verschil in totale effectieve dosis ten opzichte van de referentieonderzoeken berekend.

Tabel 1: Variabelen in effectieve dosis

Effectieve dosis referentie scanogram (mSv)	a_x
Effectieve dosis referentieonderzoek (mSv)	b_x
Totale effectieve dosis (mSv)	E_x^{totaal}
Verschil in totale effectieve dosis (mSv)	Δ E_x^{totaal}
Totale effectieve dosis na nieuw scanogram (mSv)	E_x^{nieuw}

De formule voor het berekenen van de totale effectieve dosis is:

$$E_x^{\text{totaal}} = a_x + b_x$$

De x in deze formule staat voor het aantal mm (x=10, x=20 etc.). Voor het referentie scanogram en het referentieonderzoek geldt x = 0. Het verschil (Δ) in totale effectieve dosis is berekend met de formule:

$$\Delta E_x^{\text{totaal}} = (a_x + b_x) - (a_0 + b_0).$$

Zo is duidelijk geworden wat het verschil is in totale effectieve dosis tussen een correct uitgevoerd onderzoek (referentieonderzoek) en een incorrect uitgevoerd onderzoek.

Aan de hand van deze verzamelde data is onderzocht wanneer er een omslagpunt is. De variabele E_x^{nieuw} is de totale effectieve dosis nadat gekozen is voor het maken van een nieuw scanogram, in plaats van de scanrange buiten de craniale of caudale grens in te stellen bij ontbrekende anatomie. Dit houdt in dat de dosis van een incorrect scanogram opgeteld wordt bij de dosis van een correct scanogram en een correct uitgevoerd onderzoek (referentieonderzoek). De formule hiervoor is:

$$E_x^{\text{nieuw}} = a_x + (a_0 + b_0)$$

De uitkomst van bovenstaande formule is vergeleken met de uitkomsten van de formule voor het berekenen van de totale effectieve dosis.

Om de invloed van het niet correct instellen van de scanrange op de effectieve dosis bij een CT-thorax onderzoek te meten, is gekeken naar de totale effectieve dosis van een onderzoek met een niet correct ingestelde scanrange in vergelijking met een correct uitgevoerd onderzoek. Met behulp van twee grafieken is de invloed op totale effectieve dosis duidelijk en overzichtelijk weergegeven. In deze grafieken worden de gegevens van het groter instellen van de scanrange dan nodig en het instellen van de scanrange buiten de grenzen van het scanogram weergegeven met twee lijnen, een lijn voor de craniale gegevens en een lijn voor de caudale gegevens. Daarnaast is in de grafiek van het instellen van de scanrange buiten de grenzen van het scanogram een derde lijn weergegeven. Deze lijn geeft de dosis weer indien een nieuw scanogram gemaakt is in plaats van de scanrange buiten de grens van het scanogram in te stellen. Zo is duidelijk weergegeven in welke situatie het beter is om een nieuw scanogram te maken dan de scanrange buiten de grenzen van het scanogram in te stellen.

Ethisch aspect

De beschikbare data van het ZNA Middelheim is vrijgegeven voor het retrospectief dataonderzoek. Toegang tot deze data is beperkt voor medewerkers van het ZNA Middelheim. Tijdens het verwerken van de data zijn de resultaten geanonimiseerd. Het beschikbaar stellen van de data heeft geen invloed voor de patiënten.

Resultaten

De resultaten zijn beschreven aan de hand van de uitkomsten van het retrospectief dataonderzoek en de fantoommetingen.

Retrospectief dataonderzoek

In tabel 2 zijn het aantal CT-thorax onderzoeken vermeld van 19 oktober 2015 tot en met 14 januari 2016 waarvan de scanrange craniaal of caudaal groter geplaatst is dan nodig of waarbij de scanrange buiten de craniale of caudale grens van het scanogram ingesteld is. In totaal zijn 201 onderzoeken geïnccludeerd waarvan 23 scans correct ingesteld zijn. Van het totaal aantal geïnccludeerde onderzoeken zijn 91 onderzoeken zowel in craniale als in caudale richting niet correct ingesteld. Bij de geïnccludeerde onderzoeken is de scanrange 197 keer groter ingesteld dan nodig en is de scanrange 75 keer buiten de grenzen het scanogram ingesteld. In totaal is 89% van de geïnccludeerde onderzoeken niet correct ingesteld.

Tabel 2: Aantal standaard CT-Thorax onderzoeken voor het groter plaatsen van de scanrange dan nodig en het instellen van de scanrange buiten de craniale of caudale grens van het scanogram

	Groter instellen scanrange		Scanrange buiten de grens instellen	
	Craniaal	Caudaal	Craniaal	Caudaal
Aantal standaard CT-thorax onderzoeken	82	115	50	25

Het aantal CT-thorax onderzoeken waarbij de scanrange aan de caudale zijde groter geplaatst is dan nodig is hoger dan aan de craniale zijde (57% versus 41%). Daarnaast is het aantal CT-thorax onderzoeken waarbij de scanrange buiten de craniale grens van het scanogram is ingesteld hoger dan buiten de caudale grens van het scanogram (25% versus 12%).

Aan de hand van het retrospectief dataonderzoek is onderzocht hoeveel metingen nodig zijn voor de fantoomstudie waarbij de scanrange craniaal of caudaal groter geplaatst is dan nodig. De scanrange is craniaal niet meer dan 34 mm groter geplaatst dan nodig bij de geïnccludeerde onderzoeken (tabel 3). Voor caudaal is de scanrange niet meer dan 94 mm groter geplaatst dan nodig bij de geïnccludeerde onderzoeken (tabel 3). Om deze afstand ruim te omvatten is gekozen om craniaal te meten tot en met 55 mm en caudaal tot en met 100 mm. Voor de nauwkeurigheid van de metingen is gekozen voor stappen van 5 mm, omdat het aantal scans dat groter ingesteld is dan nodig steeds na elke 5 mm varieert.

*Tabel 3: Retrospectief dataonderzoek van het groter plaatsen
(in mm) van de scanrange dan nodig*

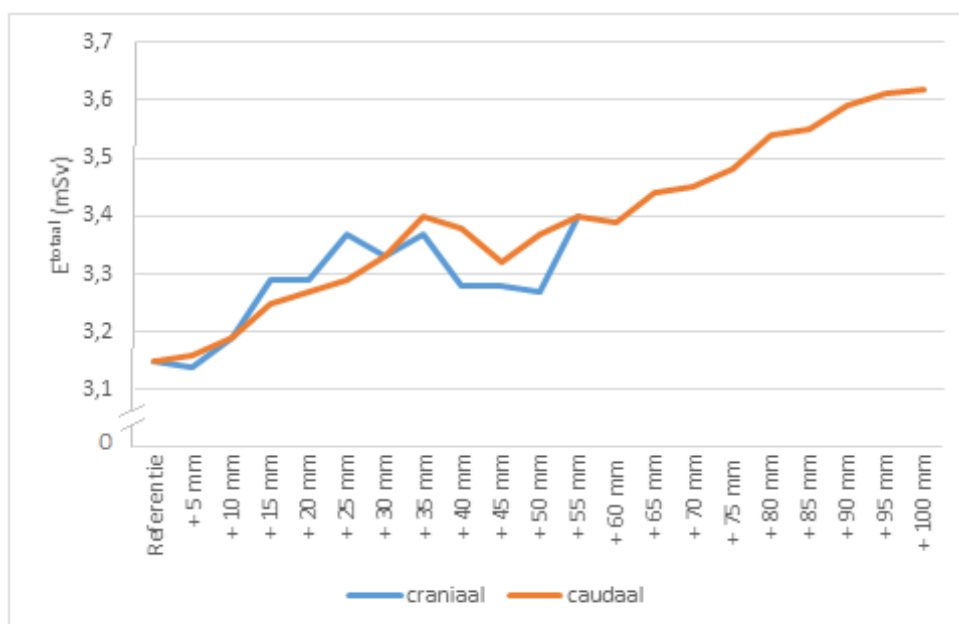
Aanpassing van de scanrange	Aantal CT- onderzoeken craniaal	Aantal CT- onderzoeken caudaal
+ 1-4 mm	16	10
+ 5-9 mm	24	13
+ 10-14 mm	22	12
+ 15-19 mm	10	11
+ 20-24 mm	6	18
+ 25-29 mm	5	15
+ 30-34 mm	1	10
+ 35-39 mm		7
+ 40-44 mm		4
+ 45-49 mm		5
+ 50-54 mm		3
+ 55-59 mm		1
+ 60-64 mm		
+ 65-69 mm		1
+ 70-74 mm		
+ 75-79 mm		3
+ 80-84 mm		1
+ 85-89 mm		2
+ 90-94 mm		1

Fantomstudie

De invloed op de totale effectieve dosis van het groter instellen van de scanrange dan nodig op het scanogram is weergegeven in figuur 1 en tabel 4. De invloed op de totale effectieve dosis van het instellen van de scanrange buiten de grenzen van het scanogram is weergegeven in figuur 2 en tabel 5. De effectieve dosis van een standaard CT-thorax scanogram (AP + Lateraal) bedraagt altijd 0,07 mSv. Aan de hand van de effectieve dosis van het scanogram en de effectieve dosis van de scans zijn in tabel 4 en 5 de totale effectieve dosis en het verschil in totale effectieve dosis berekend.

Groter instellen van de scanrange

Naarmate het aantal mm toeneemt van het groter plaatsen van de scanrange dan nodig, neemt de dosis ook toe voor zowel craniaal als caudaal (figuur 1). Daarnaast neemt de totale effectieve dosis toe met maximaal 0.25 mSv (8%) ten opzichte van het referentieonderzoek wanneer de scanrange in craniale richting groter ingesteld is dan nodig (tabel 4). Voor caudaal neemt de totale effectieve dosis met maximaal 0.47 mSv (15%) toe ten opzichte van het referentieonderzoek (tabel 4).



Figuur 1: Het verloop van de totale effectieve dosis naarmate de scanrange groter ingesteld is dan nodig in craniale en caudale richting
 E^{totaal} = totale effectieve dosis, mSv= millisievert, mm = millimeter

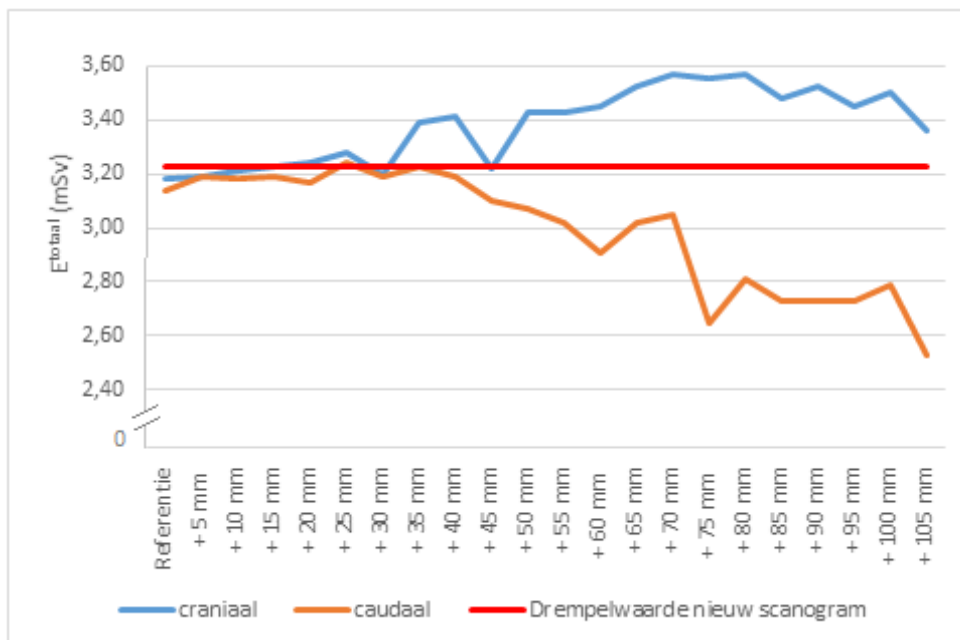
Tabel 4: Resultaten van het groter instellen van de scanrange dan nodig in craniale en caudale richting

	CTDI _{vol} (mGy)		DLP (Gy·cm)		E (mSv)		E ^{totaal} (mSv)		Δ E ^{totaal} (mSv)	
	craniaal	caudaal	craniaal	caudaal	craniaal	caudaal	craniaal	caudaal	craniaal	caudaal
Referentie	4,30	4,30	181,00	181,00	3,08	3,08	3,15	3,15	0	0
+ 5 mm	3,90	4,30	180,60	181,90	3,07	3,09	3,14	3,16	-0,01	0,01
+ 10 mm	4,20	4,30	183,80	183,40	3,12	3,12	3,19	3,19	0,04	0,04
+ 15 mm	4,30	4,30	189,20	187,00	3,22	3,18	3,29	3,25	0,14	0,10
+ 20 mm	4,30	4,30	189,90	188,50	3,22	3,20	3,29	3,27	0,14	0,12
+ 25 mm	4,30	4,30	193,90	189,40	3,30	3,22	3,37	3,29	0,22	0,14
+ 30 mm	4,20	4,30	192,00	191,90	3,26	3,26	3,33	3,33	0,18	0,18
+ 35 mm	4,20	4,10	194,00	195,70	3,30	3,33	3,37	3,40	0,22	0,25
+ 40 mm	4,10	4,20	189,10	194,60	3,21	3,31	3,28	3,38	0,13	0,23
+ 45 mm	4,10	4,10	189,10	191,20	3,21	3,25	3,28	3,32	0,13	0,17
+ 50 mm	4,00	4,10	188,50	194,10	3,20	3,30	3,27	3,37	0,12	0,22
+ 55 mm	4,10	4,10	195,80	195,60	3,33	3,33	3,40	3,40	0,25	0,25
+ 60 mm		4,10		195,10		3,32		3,39		0,24
+ 65 mm		4,10		198,10		3,37		3,44		0,29
+ 70 mm		4,10		198,80		3,38		3,45		0,30
+ 75 mm		4,10		200,40		3,41		3,48		0,33
+ 80 mm		4,10		203,90		3,47		3,54		0,39
+ 85 mm		4,10		204,80		3,48		3,55		0,40
+ 90 mm		4,10		207,10		3,52		3,59		0,44
+ 95 mm		4,10		208,30		3,54		3,61		0,46
+ 100 mm		4,00		209,00		3,55		3,62		0,47

CTDI_{vol}=computertomografie dose index volume, DLP= dosis lengte product, E= effectieve dosis, E^{totaal} = totale effectieve dosis, Δ E^{totaal}= verschil in totale effectieve dosis tussen de correcte scan (referentieonderzoek) en de incorrecte scans, mGy = milligray, mGy.cm = milligray per centimeter, mSv = millisievert, mm = millimeter

Instellen van de scanrange buiten de grenzen van het scanogram

De rode lijn in figuur 2 geeft de effectieve dosis weer indien gekozen wordt voor het maken van een nieuw scanogram in plaats van de scanrange buiten de craniale of caudale grens van het scanogram in te stellen. Deze effectieve dosis bedraagt 3,23 mSv en is berekend door de dosis van het scanogram op te tellen bij de totale effectieve dosis van het referentieonderzoek. Voor de totale effectieve dosis van het referentieonderzoek is een gemiddelde berekend van 3.18 mSv (craniaal) en 3.14 mSv (caudaal). Vanaf 35 mm (op de 45 mm na) komt de blauwe lijn boven de rode lijn uit, hier is de dosis van het instellen van de scanrange buiten de craniale grens hoger dan het maken van een nieuw scanogram (figuur 2). Daarnaast is voor craniaal een stijgende lijn te zien, de dosis neemt toe naarmate het aantal mm van het stellen van de scanrange buiten de craniale zijde van het scanogram toeneemt. Voor caudaal is een dalende lijn te zien, de dosis neemt vanaf 40 mm af naarmate het aantal mm van het stellen van de scanrange buiten de caudale zijde van het scanogram toeneemt.



Figuur 2: Het verloop van de totale effectieve dosis naarmate de scanrange buiten de grens van het scanogram ingesteld is in craniale en caudale richting
 E^{totaal} = totale effectieve dosis, mSv= millisievert, mm = millimeter

De totale effectieve dosis neemt toe met maximaal 0.39 mSv (12%) ten opzichte van het referentieonderzoek wanneer de scanrange buiten de craniale grens van het scanogram ingesteld is (tabel 5). Voor caudaal neemt de totale effectieve dosis af met maximaal 0.61 mSv (19%) ten opzichte van het referentieonderzoek wanneer de scanrange buiten de caudale grens van het scanogram ingesteld is (tabel 5).

Tabel 5: Resultaten van het instellen van de scanrange buiten de craniale en caudale grens van het scanogram

	CTDI _{vol} (mGy)		DLP (Gy·cm)		E (mSv)		E ^{totaal} (mSv)		ΔE^{totaal}	
	craniaal	caudaal	craniaal	caudaal	craniaal	caudaal	craniaal	caudaal	craniaal	caudaal
Referentie	4,30	4,30	183,20	180,40	3,11	3,07	3,18	3,14	0	0
+ 5 mm	4,30	4,30	183,70	183,80	3,12	3,12	3,19	3,19	0,01	0,05
+ 10 mm	4,40	4,30	184,60	183,10	3,14	3,11	3,21	3,18	0,03	0,04
+ 15 mm	4,40	4,30	185,90	183,40	3,16	3,12	3,23	3,19	0,05	0,05
+ 20 mm	4,40	4,30	186,20	182,50	3,17	3,10	3,24	3,17	0,06	0,03
+ 25 mm	4,50	4,40	188,60	186,20	3,21	3,17	3,28	3,24	0,10	0,10
+ 30 mm	4,30	4,30	184,10	183,50	3,13	3,12	3,20	3,19	0,02	0,05
+ 35 mm	4,60	4,40	195,00	185,60	3,32	3,16	3,39	3,23	0,21	0,09
+ 40 mm	4,60	4,30	196,40	183,50	3,34	3,12	3,41	3,19	0,23	0,05
+ 45 mm	4,40	4,20	185,50	178,40	3,15	3,03	3,22	3,10	0,04	-0,04
+ 50 mm	4,70	4,20	197,70	176,20	3,36	3,00	3,43	3,07	0,25	-0,07
+ 55 mm	4,70	4,10	197,70	173,60	3,36	2,95	3,43	3,02	0,25	-0,12
+ 60 mm	4,70	3,90	199,10	166,90	3,38	2,84	3,45	2,91	0,27	-0,23
+ 65 mm	4,80	4,10	203,20	173,30	3,45	2,95	3,52	3,02	0,34	-0,12
+ 70 mm	4,90	4,10	205,90	175,40	3,50	2,98	3,57	3,05	0,39	-0,09
+ 75 mm	4,80	3,60	204,50	151,80	3,48	2,58	3,55	2,65	0,37	-0,49
+ 80 mm	4,90	3,80	205,90	161,00	3,50	2,74	3,57	2,81	0,39	-0,33
+ 85 mm	4,70	3,70	200,40	156,40	3,41	2,66	3,48	2,73	0,30	-0,41
+ 90 mm	4,80	3,70	203,20	156,40	3,45	2,66	3,52	2,73	0,34	-0,41
+ 95 mm	4,70	3,70	199,10	156,60	3,38	2,66	3,45	2,73	0,27	-0,41
+ 100 mm	4,80	3,80	201,80	160,10	3,43	2,72	3,50	2,79	0,32	-0,35
+ 105 mm	4,60	3,40	193,60	144,70	3,29	2,46	3,36	2,53	0,18	-0,61

CTDI_{vol}=computertomografie dose index volume, DLP= dosis lengte product, E= effectieve dosis, E^{totaal} = totale effectieve dosis, ΔE^{totaal} = verschil in totale effectieve dosis tussen de correcte scan (referentieonderzoek) en de incorrecte scans, mGy = milligray, mGy.cm = milligray per centimeter, mSv = millisievert, mm = millimeter

Discussie

Het doel van dit onderzoek was:

- a) te onderzoeken hoe vaak het voorkomt dat de scanrange groter ingesteld is dan nodig en hoe vaak het voorkomt dat de scanrange buiten de craniale of caudale grens van het scanogram ingesteld is bij een diagnostisch CT-thorax onderzoek
- b) te onderzoeken wat de invloed is op de effectieve dosis bij volwassen patiënten indien een grotere scanrange ingesteld is dan nodig en wanneer de scanrange buiten de craniale of caudale grens van het scanogram ingesteld is bij een diagnostisch CT-thorax onderzoek
- c) in welke situatie het maken van een nieuw scanogram of de scanrange buiten de grenzen van het scanogram instellen de minste dosis geeft aan de patiënt bij ontbrekende anatomie op het scanogram

Retrospectief dataonderzoek heeft aangetoond dat bij 9 van de 10 standaard CT-thorax onderzoeken de scanrange niet correct ingesteld is. Van de 201 geïncludeerde onderzoeken is 45% zowel in craniale als in caudale richting niet correct ingesteld. De scanrange is 197 keer groter ingesteld dan nodig en de scanrange is 75 keer buiten de grenzen van het scanogram ingesteld. De fantoomstudie heeft aangetoond dat naarmate het aantal mm toe neemt van het groter plaatsen van scanrange dan nodig, de dosis ook toeneemt voor zowel craniaal als caudaal. De maximale dosisverhoging voor het groter plaatsen van de scanrange aan de craniale zijde bedraagt 0.25 mSv (8%) ten opzichte van het referentieonderzoek. Voor caudaal bedraagt de dosisverhoging maximaal 0.47 mSv (15%) ten opzichte van het referentieonderzoek. Daarnaast heeft de fantoomstudie aangetoond dat naarmate het aantal mm toeneemt van het instellen van de scanrange buiten de craniale grens van het scanogram, de dosis ook toeneemt. Dit kan zorgen voor een maximale dosisverhoging van 0.39 mSv (12%) ten opzichte van het referentieonderzoek. Voor caudaal geldt echter dat de dosis vanaf 40 mm afneemt naarmate het aantal mm van het instellen van de scanrange buiten de caudale grens van het scanogram toeneemt. Dit kan zorgen voor een maximale dosisverlaging van 0.61 mSv (19%) ten opzichte van het referentieonderzoek. Daarnaast geeft vanaf 35 mm het instellen van de scanrange buiten de craniale grens van het scanogram een hogere effectieve dosis dan het maken van een nieuw scanogram.

De resultaten van het groter maken van de scanrange dan nodig in deze fantoomstudie komt overeen met een recent onderzoek van Badawy et al. (16). Uit deze studie blijkt eveneens dat de effectieve dosis toeneemt naarmate de scanlengte verlengd wordt (16). De toename van de dosis in deze fantoomstudie voor zowel craniaal als caudaal kan verklaard worden doordat het groter instellen van de scanrange dan nodig ook zorgt voor het scannen van meer anatomie van de patiënt. Dit zorgt voor verhoging van de effectieve dosis, doordat een groter deel van de patiënt straling ontvangt dan nodig is. Het is belangrijk dat patiënten geen onnodige stralingsdosis ontvangen. Dit is vooral belangrijk wanneer stralingsgevoelige organen in het gescande gebied liggen. Het effect van het groter plaatsen van de scanrange verschilt namelijk per gebied (16). Het instellen van een grotere scanrange dan nodig kan risico's hebben voor stralingsgevoelige organen (10,16). Voor een CT-thorax kan de bijdrage van de effectieve dosis verhoogd worden indien de scanrange craniaal groter geplaatst wordt dan nodig

waardoor meer van de schildklier gescand wordt en caudaal waardoor meer van de lever gescand wordt (16). In deze stralingsgevoelige organen is de toename van de effectieve dosis groter, wat het risico op het ontwikkelen van kanker kan vergroten (10,16). In de praktijk is het daarom belangrijk dat de scanrange niet afwijkt van het protocol.

De fantoomstudie waarbij de scanrange buiten de craniale grens van het scanogram ingesteld is, toonde dat de dosis toeneemt naarmate het aantal mm van het instellen van de scanrange buiten het scanogram toeneemt. Opvallend is dat voor caudaal de dosis (vanaf 40 mm) afneemt naarmate het aantal mm van het instellen van de scanrange buiten het scanogram toeneemt. Indien de scanrange buiten de grens van het scanogram ingesteld wordt, heeft de AEC geen anatomische informatie van dit gebied, waardoor tijdens de scan voor dat gebied de laatst gemeten mAs-waarde gebruikt wordt. Echter wordt in cranio-caudale richting gescand, waardoor dit alleen voor caudaal geldt. Dit kan betekenen dat de laatst gemeten mAs-waarde, welke gebruikt wordt voor het caudale gedeelte waarvan de AEC geen anatomische informatie heeft, te laag is voor dat gebied. Voor craniaal kan de laatst gemeten mAs-waarde niet gebruikt worden, omdat de scan craniaal start bij het gebied waarvan de anatomische informatie ontbreekt. In dit geval wordt geïnterpoleerd met de waarde van de eerste meting. Dit zou het verschil in toename en afname tussen craniaal en caudaal kunnen verklaren. Daarnaast geeft vanaf 35 mm het instellen van de scanrange buiten de craniale grens van het scanogram een hogere effectieve dosis dan het maken van een nieuw scanogram. Dit toont aan dat het in praktijk beter is om een nieuw scanogram te maken indien de scanrange 35 mm of meer buiten de craniale grens van het scanogram ingesteld moet worden, gekeken naar de effectieve dosis.

Een sterk punt van dit onderzoek is dat voorafgaand aan de fantoomstudie, een retrospectief dataonderzoek is uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat 89% van de standaard CT-thorax onderzoeken niet correct ingesteld is. Uit dit percentage blijkt de relevantie van dit onderzoek voor de praktijk. Daarnaast zijn de resultaten van deze specifieke fantoomstudie waarbij de scanrange groter ingesteld is dan nodig, vergelijkbaar met een ander recent uitgevoerd onderzoek van Badawy et al. (16). Echter is in dit onderzoek gekozen om vooraf retrospectief dataonderzoek uit te voeren waarbij onderzocht is hoe vaak de scanrange niet correct ingesteld wordt op het scanogram. Dit is gedaan om de representativiteit van dit onderzoek verder te vergroten. Een ander sterk punt is dat in dit onderzoek, in tegenstelling tot het vergelijkbare onderzoek van Badawy et al. de invloed op de effectieve dosis van het groter instellen van de scanrange dan nodig voor craniaal en caudaal apart onderzocht is. De anatomie aan de craniale zijde verschilt namelijk met de anatomie aan de caudale zijde, waardoor het effect op de dosis kan verschillen. Daarnaast is de fout van het niet correct instellen van de scanrange in de praktijk goed nagebootst in dit onderzoek. Aan de hand van retrospectief dataonderzoek is namelijk gekeken hoe vaak de scanrange niet correct ingesteld is vanaf oktober 2015 tot en met januari 2016 bij alle standaard CT-thorax onderzoeken en tot hoeveel mm de scanrange maximaal groter geplaatst is dan nodig. Deze fouten in de praktijk zijn aan de hand van deze fantoomstudie nagebootst en gemeten, wat dit onderzoek representatief maakt voor de praktijk.

Een beperking van dit onderzoek is dat de metingen op een fantoom zijn uitgevoerd. Een fantoom heeft minder weefseldensiteiten dan een echt persoon. Het gebruikte fantoom in deze studie is namelijk een fantoom zonder het materiaal van de dichtheid van vet. Daarnaast variëren de anatomie en weefseldensiteiten van ieder persoon. De dosis zou daarom in praktijk kunnen afwijken van de fantoommetingen. Een andere beperking van dit onderzoek is dat de oorzaak van het niet correct instellen van de scanrange onbekend is. Ook kan geen verklaring worden gegeven voor het feit dat de scanrange frequenter aan de caudale zijde van het scanogram groter ingesteld wordt dan nodig en dat de scanrange frequenter aan de craniale zijde buiten het scanogram ingesteld wordt. Onbekendheid onder de werknemers van de CT-afdeling betreffende de scangrenzen van het protocol zou een mogelijke verklaring kunnen vormen voor het feit dat de scanrange frequent niet correct wordt ingesteld. Daarnaast is in dit onderzoek uitsluitend gekeken naar de invloed op de dosis en niet naar wat het niet correct instellen van de scanrange voor invloed kan hebben op de beeldkwaliteit. Met name het instellen van de scanrange buiten de grenzen van het scanogram kan invloed hebben op de beeldkwaliteit, omdat de AEC de buisstroom niet correct kan berekenen voor het gebied waarvan de anatomie ontbreekt. Het instellen van de scanrange buiten de caudale grens van het scanogram geeft namelijk wel een lagere totale effectieve dosis dan het referentieonderzoek, maar een lagere dosis kan een nadelige invloed hebben op de beeldkwaliteit (14).

Aangezien in dit onderzoek een fantoom gebruikt is zonder materiaal met de dichtheid van vet, is het aan te bevelen de metingen te herhalen met een obese-fantoom (8). Obesitas blijft namelijk wereldwijd een groeiend probleem voor de volksgezondheid en CT speelt een belangrijke rol in de diagnostische evaluatie van patiënten met obesitas (8). De hoeveelheid lichaamsvet van een patiënt heeft invloed op de mate van verzwakking (8). Meer lichaamsvet geeft meer verzwakking, waardoor een hogere buisstroom nodig is voor een gelijkblijvende signaal-ruisverhouding (8). Dit resulteert in een hogere stralingsdosis voor de patiënt (8). Ook is het interessant te onderzoeken wat de oorzaak zou kunnen zijn voor het feit dat de scanrange regelmatig niet correct ingesteld wordt op het scanogram, zodat een oplossing voor dit probleem in de praktijk kan worden gevonden. Daarnaast zou deze fantoomstudie in een vervolgonderzoek herhaald kunnen worden door niet uitsluitend te kijken naar de invloed op de dosis van het instellen van de scanrange buiten de grenzen van het scanogram, maar ook naar wat dit voor invloed kan hebben op de beeldkwaliteit.

Aan de hand van de resultaten van het retrospectief dataonderzoek kan gesteld worden dat het niet correct instellen van de scanrange een veelvoorkomend probleem is in dit vakgebied. De resultaten van de fantoomstudie toonden dat dit voor maximaal 15% dosisverhoging kan zorgen. Het is echter wenselijk de dosis zo laag mogelijk te houden, omdat de patiënt op deze manier geen onnodige straling ontvangt. Voor de continuïteit is het daarom belangrijk dat de scans wel volgens protocol ingesteld gaan worden. Een aanbeveling voor de praktijk is een eenduidig protocol op te stellen voor een CT-thorax onderzoek met duidelijke grenzen. Dit moet bij alle werknemers die de bevoegdheid hebben om CT-onderzoeken uit te voeren in het ZNA Middelheim bekend zijn en eenduidig uitgevoerd worden om het probleem van het niet correct instellen van de scanrange op het scanogram te minimaliseren.

Conclusie

Aan de hand van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat het niet correct instellen van de scanrange een veelvoorkomend probleem is in de praktijk. De resultaten van de fantoomstudie waarbij de scanrange groter geplaatst is dan nodig, tonen aan dat de totale effectieve dosis toeneemt met maximaal 8% voor craniaal en maximaal 15% voor caudaal ten opzichte van het referentieonderzoek. Voor het instellen van de scanrange buiten de craniale grens van het scanogram bedraagt de maximale toename van de effectieve dosis 12% ten opzichte van het referentieonderzoek. Voor caudaal geldt een dosisafname van maximaal 19% ten opzichte van het referentie onderzoek. Het omslagpunt voor het maken van een nieuw scanogram, in plaats van de scanrange buiten de grenzen van het scanogram in te stellen, ligt op de 35 mm voor craniaal. Indien de scanrange craniaal meer dan 35 mm buiten het scanogram ingesteld moet worden, is het beter om een nieuw scanogram te maken gekeken naar de effectieve dosis.

Literatuur

1. Perisinakis K, Damilakis J, Voloudaki a, Papadakis a, Gourtsoyiannis N. Patient dose reduction in CT examinations by optimising scanogram acquisition. *Radiat Prot Dosimetry*. 2001;93(2):173–8.
2. Tzedakis a, Damilakis J, Perisinakis K, Stratakis J, Gourtsoyiannis N. The effect of z overscanning on patient effective dose from multidetector helical computed tomography examinations. *Med Phys*. 2005;32(6):1621–9.
3. Martillotti J, Silva N, Chhabra J, Molstrom C, Coughlin R, O'Loughlin M, et al. Dose of reduced z-axis length of computed tomography angiography (CTA) of the chest for pulmonary embolism using 64-detector rows and adaptive iterative reconstruction techniques. *Emerg Radiol*. 2013;20(1):39–44.
4. Lechel U, Becker C, Langenfeld-J??ger G, Brix G. Dose reduction by automatic exposure control in multidetector computed tomography: Comparison between measurement and calculation. *Eur Radiol*. 2009;19(4):1027–34.
5. Theocharopoulos N, Damilakis J, Perisinakis K, Gourtsoyiannis N. Energy imparted-based estimates of the effect of z overscanning on adult and pediatric patient effective doses from multi-slice computed tomography. *Med Phys*. 2007;34(4):1139–52.
6. Onthaal - RIZIV [Internet]. [cited 2016 May 23]. Available from: <http://www.riziv.fgov.be/nl/Paginas/default.aspx>
7. Volksgezondheid grijpt in tegen Belgische scanverslaving - HLN.be [Internet]. [cited 2016 May 23]. Available from: <http://www.hln.be/hln/nl/33/Fit-Gezond/article/detail/1787719/2014/02/05/Volksgezondheid-grijpt-in-tegen-Belgische-scanverslaving.dhtml>
8. Chan VO, McDermott S, Buckley O, Allen S, Casey M, O'Laoide R, et al. The relationship of body mass index and abdominal fat on the radiation dose received during routine computed tomographic imaging of the abdomen and pelvis. *Can Assoc Radiol J*. 2012;63(4):260–6.
9. Shousha HA. Absorbed photon dose measurement and calculation for some patient organs examined by computed tomography. 2009;164(3):192–6.
10. Zhang Y, Li X, Paul Segars W, Samei E. Organ doses, effective doses, and risk indices in adult CT: Comparison of four types of reference phantoms across different examination protocols. *Med Phys*. 2012;39(6):3404.
11. Sodickson A, Baeyens PF, Andriole KP, Prevedello LM, Nawfel RD, Hanson R, et al. Recurrent

- CT, cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults. *Radiology* [Internet]. 2009;251(1):175–84. Available from: <http://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2511081296>
12. Hill C. HHS Public Access. 2015;73(4):389–400.
 13. Miglioretti DL, Johnson E, Williams A, Greenlee RT, Weinmann S, Solberg LI, et al. The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk. *JAMA Pediatr* [Internet]. 2013;167(8):700–7. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3936795&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 14. Ravenel JG, Scalzetti EM, Huda W, Garrisi W. Radiation exposure and image quality in chest CT examinations. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;177(2):279–284.
 15. Sulieman A, Tammam N, Alzimami K, Elnour AM, Babikir E, Alfuraih A. Dose reduction in chest CT examination. *Radiat Prot Dosimetry* [Internet]. 2015;165(1-4):185–9. Available from: <http://rpd.oxfordjournals.org/content/165/1-4/185.abstract?sid=86fbdfc0-77c3-47a8-beee-7f302d946ca6>
 16. Badawy MK, Galea M, Mong KS, Paul U. Computed tomography overexposure as a consequence of extended scan length. *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2015;59(5):586–9.
 17. Angel E, Yaghmai N, Jude CM, Demarco JJ, Christopher H, Goldin JG, et al. of Tube Current Modulation. 2010;193(5):1340–5.
 18. Gemiddelde effectieve dosis per type CT-onderzoek - Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu [Internet]. [cited 2016 May 30]. Available from: http://www.rivm.nl/Onderwerpen/M/Medische_Stralingstoepassingen/Trends_en_stand_van_zaken/Diagnostiek/Computer_Tomografie/Gemiddelde_effectieve_dosis_per_type_CT_onderzoek
 19. Söderberg M, Gunnarsson M. Automatic exposure control in computed tomography - an evaluation of systems from different manufacturers. *Acta radiol* [Internet]. 2010;51(6):625–34. Available from: <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/02841851003698206> \n<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/02841851003698206>
 20. Hakkert M, Tempelman G, Dam T, Dol-jansen J, Geers- van Gemeren S. Computertomografie Techniek, onderzoek en stralingshygiëne. Amsterdam: Reed Business; 2010. 156,157, 568 p.
 21. Söderberg M, Gunnarsson SM. Master of Science Thesis Automatic exposure control in CT : an investigation between different manufacturers considering radiation dose and image quality.

- Physics (College Park Md). 2008;1–63.
22. Zhang B Di. Auto Couch Height Positioning Compensation – Making SURE Exposure a Smarter Dose Reduction Tool.
 23. Radiology Support Devices | ART [Internet]. [cited 2016 Mar 14]. Available from: http://www.rsdphantoms.com/rt_art.htm
 24. Tsalaifoutas IA, Thalassinou S, Efsthathopoulos EP. A comprehensive method for calculating patient effective dose and other dosimetric quantities from CT DICOM images. Am J Roentgenol. 2012;199(1):133–41.

Bijlagen

1. Scanprotocol standaard CT-thorax

Parameters scanogram

	kV	mA	Scanlengte
AP scanogram	120	50	400.0
Lateraal scanogram	120	100	400.0

AP = anteroposterior, kV = kilovolt, mA = milliampère, mm = millimeter

Parameters scan

kV	100
Rotatietijd	0.5 sec
Scanlengte	366.0 mm
Totale scantijd	3.1 sec
Coupedikte	3.0 mm
Coupe increment	3.0 mm
Collimatie	64 x 0.5 mm
Focus	Small

AP = anteroposterior, kV = kilovolt, mA = milliampère,

mm = millimetre, sec = seconden

Positionering patiënt:

Feet first en in rugligging

Scanrichting:

Cranio-caudale richting