

Fontys Paramedische Hogeschool

Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken

**Vergelijking van diagnostische beeldkwaliteit van een
thoraxopname op bed met of zonder grid alignment systeem
met verschillende belichtingsparameters.**

S.E.J.M. (Simone) Dohmen

Opdrachtgever: Afdeling radiologie, Laurentius Ziekenhuis, Roermond

Begeleider Fontys: Jolanda Vos

Onderzoeksverslag

Juni 2015

Voorwoord

Het laatste onderdeel van de opleiding Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) aan de Fontys Hogeschool te Eindhoven betreft een afstudeeronderzoek. Dit afstudeeronderzoek beschrijft een kwantitatief onderzoek naar de beeldkwaliteit van verschillende methodes voor het maken van thoraxopnames op bed. Een vergelijking wordt gemaakt tussen drie verschillende methodes, waarbij het effect van belichtingsparameters op de diagnostische waarde van de thoraxopnames is onderzocht.

Na het doorlopen van een 20 weken durende stage op de radiodiagnostiek en de nucleaire geneeskunde was het duidelijk dat mijn voorkeur uitging naar het werkveld van de radiodiagnostiek. Een afstudeeronderzoek binnen het werkveld radiodiagnostiek had daardoor de voorkeur. Dit afstudeeronderzoek sprak mij meteen aan, door het gebruik van een mobiel röntgensysteem met een nieuwe techniek: het grid alignment. Hierdoor is niet alleen de theorie die tijdens de opleiding is aangeboden toegepast, maar zijn ook nieuwe inzichten verworven binnen het vakgebied radiodiagnostiek. Het was daardoor een erg leuke, interessante en vooral leerzame periode.

Graag wil ik een aantal mensen bedanken voor de ondersteuning bij het onderzoek. Een speciaal woord van dank voor de hulp en begeleiding tijdens het onderzoek wordt gericht tot Drs. F. Raat (radioloog), Dr. ir. L. Sauren (klinisch fysicus), Drs. R. van Stiphout (radioloog), Loes van Dijk (radiodiagnostisch laborante) en Tom Cohnen (radiodiagnostisch laborant). Daarnaast wil ik alle radiodiagnostisch laboranten van de afdeling radiologie in het Laurentius Ziekenhuis bedanken voor de begeleiding tijdens het uitvoeren van de thoraxopnames op de afdelingen. Janno Kuipers (Regional Sales Manager van Tromp Medical) wil ik bedanken voor de verstrekte informatie en interesse gedurende het onderzoek. Ook wil ik Jolanda Vos (docente Fontys Paramedische Hogeschool Eindhoven) bedanken voor de ontvangen feedback en begeleiding vanuit de opleiding. Tot slot bedank ik mijn medeonderzoeker, Floortje Delsing, voor de prettige samenwerking tijdens het onderzoek.

Juni 2015

Simone Dohmen

Samenvatting

Inleiding

Uit recent wetenschappelijk onderzoek blijkt dat thoraxopnames op bed met grid alignment met dezelfde belichtingsparameters kunnen worden gemaakt als thoraxopnames op bed zonder strooistralenrooster. In voorgenoemd onderzoek wordt een ander mobiel röntgensysteem, strooistralenrooster en belichtingsparameters gebruikt dan in het Laurentius Ziekenhuis. Middels deze studie wordt onderzocht of deze drie verschillen in het Laurentius Ziekenhuis hetzelfde effect op de diagnostische beeldkwaliteit van thoraxopnames op bed hebben als voorgenoemd onderzoek.

Methode

In dit onderzoek (n=90 deelnemers), kregen 30 deelnemers een thoraxopname op bed zonder strooistralenrooster (methode A), 30 deelnemers een thoraxopname op bed met grid alignment met dezelfde belichtingsparameters als zonder strooistralenrooster (methode B) en 30 deelnemers een thoraxopname op bed met grid alignment met belichtingsparameters voor het strooistralenrooster (methode C). De thoraxopnames werden subjectief beoordeeld door twee beoordelaars op diagnostische beeldkwaliteit met vijf criteria (longweefsel, mediastinum, thoracale wervelkolom, lijnen en algehele beoordeling) door middel van een vijfpuntsschaal.

Resultaten

Na beoordeling werd bij de eerste beoordelaar tussen methode A en B bij de criteria longweefsel ($p=0.407$) en algehele beoordeling ($p=0.117$) geen statistisch significant verschil aangetoond en bij de criteria mediastinum ($p=0.003$), thoracale wervelkolom ($p=0.001$) en lijnen ($p=0.024$) wel. Bij de tweede beoordelaar werd tussen methode A en B een statistisch significant verschil zichtbaar tussen alle criteria ($p=0.000$ voor alle criteria). Bij een statistisch significant verschil tussen methode A en B scoorde methode B hoger. Tussen methode B en C liet geen enkel criteria van de twee beoordelaars een statistisch significant verschil zien. Methode A en C zijn niet vergeleken.

Conclusie

Methode B wordt daardoor op basis van dit onderzoek aanbevolen voor thoraxopnames op bed. De diagnostische beeldkwaliteit van thoraxopnames gemaakt met methode B is hetzelfde als methode C, terwijl de belichtingsparameters van methode B lager zijn (verlaging van de patiëntendosis). In vergelijking met de criteria van methode A is de diagnostische beeldkwaliteit bij methode B hoger of vergelijkbaar, door gebruik van het grid alignment.

Abstract

Introduction

Recent scientific research shows that a bedside chest X-ray made with grid alignment can be made with the same radiographic technique as a bedside chest X-ray made without anti-scatter grid (non-grid technique). The mobile X-ray system, anti-scatter grid and radiographic techniques in the aforementioned study are different from the Laurentius Hospital. This study explores whether these three differences in the Laurentius Hospital have the same effect on the diagnostic image quality of bedside chest X-rays as the aforementioned study.

Methods

In this study (n=90 participants), 30 participants received a bedside chest X-ray without anti-scatter grid (method A), 30 participants had gotten a bedside chest X-ray with grid alignment with the non-grid technique (method B) and 30 participants underwent a bedside chest X-ray with grid alignment with a radiographic technique for anti-scatter grid (method C). The chest X-rays were subjectively evaluated on diagnostic image quality by two evaluators on five criteria (lung tissue, mediastinum, thoracic spine, lines and overall image quality) through a five-point scale.

Results

The results of the first evaluator showed a statistical significant difference between method A and B for the criteria mediastinum ($p=0.003$), thoracic spine ($p=0.001$) and the lines ($p=0.024$). The criteria lung tissue ($p=0.407$) and the overall image quality ($p=0.117$), however, showed no statistical significant difference. The results of the second evaluator showed a statistical significant difference between method A and B for all criteria ($p=0.000$ for all criteria). Whenever a statistical significant difference occurred, method B always scored higher. None of the criteria between method B and C from the two evaluators showed any statistical significant difference. Method A and C aren't compared.

Conclusion

This study recommends method B for bedside chest X-ray. The diagnostic image quality of chest X-rays performed with method B and C is equal, while the radiographic technique from method B is lower (reduction of patient dosage). The diagnostic image quality from method B is either equal or higher when compared with method A, by the use of the grid alignment.

Inhoudsopgave

Inleiding.....	6
Methode en ethische paragraaf	8
Onderzoeksopzet	8
Deelnemers.....	8
Meetinstrumenten	9
Dataverzameling	9
Data-analyse.....	10
Ethische verantwoording.....	12
Resultaten	13
Discussie	16
Conclusie	19
Literatuurlijst.....	20
Bijlagen	22
Bijlage I Standaardprotocol	22
Bijlage II Formulier patiëntgegevens.....	23
Bijlage III Beoordelingsformulier diagnostische beeldkwaliteit.....	24
Bijlage IV Folder bij inschrijving: Hoofdstuk Rechten, plichten en privacy.....	25
Bijlage V Informatie rechten, plichten en privacy website	27
Bijlage VI Informatiebrief afdelingen	29
Bijlage VII Aantal thoraxopnames in zittende en liggende houding	30

Inleiding

Algemeen staat strooistraling bekend als belangrijke factor voor het verminderen van de diagnostische beeldkwaliteit van röntgenopnames (1). Met diagnostische beeldkwaliteit wordt de beoordeelbaarheid en afgrensbaarheid van anatomie bedoeld (2-3). Dit wordt gekenmerkt door de mate waarin twee verschillende structuren van elkaar zijn te onderscheiden (4). Strooistraling is straling die een afwijkende richting aanneemt en ontstaat wanneer de primaire röntgenstraling in aanraking komt met de patiënt (4). Naar mate de objectomvang toeneemt ontstaat meer strooistraling (4). Een oplossing voor het verminderen van strooistraling is een strooistralenrooster, maar dit wordt niet bij alle röntgenopnames gebruikt (3). Bij dunne objecten die weinig strooistraling te weeg brengen (kinderen, extremiteiten) wordt geen strooistralenrooster gebruikt en bij röntgenopnames die vervaardigd worden met een mobiel röntgensysteem wordt weinig gebruik gemaakt van een strooistralenrooster (1). Een röntgenopname die frequent wordt gemaakt met het mobiele röntgensysteem is een thoraxopname op bed, wanneer een patiënt de verpleegafdeling niet kan verlaten (5). Indicaties voor een thoraxopname zijn long- en hartpathologie en botafwijkingen (6). De thoraxopname op bed wordt in anterior-posterior (AP) stralenrichting gemaakt en een strooistralenrooster wordt hierbij aanbevolen (5).

Het voordeel van een strooistralenrooster bij een thoraxopname op bed is dat de negatieve invloed van strooistraling wordt beperkt, waardoor de diagnostische beeldkwaliteit van de thoraxopname wordt verbeterd (4). Het strooistralenrooster heeft volgens literatuur twee nadelen bij een thoraxopname met een mobiel röntgensysteem. Eén nadeel is dat plaatsing van de röntgenbuis ten opzichte van het strooistralenrooster de kans op verkeerde plaatsing en artefacten verhoogd, omdat dit visueel gebeurt (1-4). Voor een kwalitatief goede thoraxopname op bed met strooistralenrooster moet het focus van de röntgenbuis uitgelijnd zijn met het strooistralenrooster en de detector (1). Het tweede nadeel is dat bij thoraxopnames met strooistralenrooster hogere belichtingsparameters (kV (kiloVolt) en mAs (milli Ampère x seconde)) worden aangeraden om dezelfde dosis op de detector te ontvangen als bij thoraxopnames zonder strooistralenrooster (7). Hogere belichtingsparameters zorgen voor een hogere patiëntendosis, terwijl het beperken van de patiëntendosis onder het ALARA-principe (As Low As Reasonably Achievable) valt (4). Dit betekent dat de patiëntendosis zo laag mogelijk wordt gehouden voor de patiënt terwijl het stellen van een nauwkeurige diagnose mogelijk blijft (4-8). Bij het vaststellen van belichtingsparameters dient daardoor rekening te worden gehouden met de minimaal benodigde diagnostische beeldkwaliteit. Dit is de diagnostische beeldkwaliteit die minimaal nodig is om een diagnose te kunnen stellen (4).

Een oplossing voor deze nadelen is het gebruik maken van een mobiel röntgensysteem met 'grid alignment systeem'. Het grid alignment systeem is gebaseerd op automatische herkenning van de detector met strooistralenrooster door de röntgenbuis (9). Het systeem geeft exact aan hoe de röntgenbuis gepositioneerd dient te worden ten opzichte van het strooistralenrooster door middel van kanteling en verschuiving. Dit waarborgt correcte uitlijning van de röntgenbuis met het strooistralenrooster (9). Het verwerken en doorsturen van een röntgenopname naar het beeldscherm

gebeurd in de detector (Direct Radiography/DR), zonder tussenkomst van een uitleessysteem, waardoor een betere diagnostische beeldkwaliteit wordt geleverd (4-10). Het grid alignment systeem zorgt voor betere diagnostische beeldkwaliteit door de correcte uitlijning en DR-techniek, waardoor verlaging van de belichtingsparameters (verlaging patiëntendosis) bij gebruik van het grid alignment mogelijk kan zijn (10). Uit recent wetenschappelijk onderzoek is naar voren gekomen dat thoraxopnames op bed zonder strooistralenrooster en thoraxopnames op bed met grid alignment systeem met dezelfde belichtingsparameters kunnen worden gemaakt (1). De beeldkwaliteit van de thoraxopname op bed met grid alignment nam toe, zonder verhoging van de patiëntendosis (1).

In het Laurentius Ziekenhuis te Roermond wordt sinds 2014 gebruik gemaakt van een mobiel röntgensysteem met grid alignment systeem. Ten opzichte van voorgenoemd wetenschappelijk onderzoek worden in het Laurentius Ziekenhuis een ander mobiel röntgensysteem, strooistralenrooster en belichtingsparameters gebruikt. Dit onderzoek dient om te onderzoeken of de belichtingsparameters en het grid alignment systeem van het Laurentius Ziekenhuis hetzelfde effect hebben op de diagnostische beeldkwaliteit van een thoraxopname op bed (1). Door onderzoek te doen naar de verschillen in diagnostische beeldkwaliteit kan worden besloten of de thoraxopname op bed met grid alignment met dezelfde belichtingsparameters kan worden gemaakt als de thoraxopname op bed zonder strooistralenrooster. Dit is tevens de doelstelling van het onderzoek. De patiëntendosis ten gevolg van thoraxopnames op bed in het Laurentius Ziekenhuis kan hierdoor dalen, waardoor het belangrijk is verder onderzoek te doen. De onderzoeksvraag die voor dit onderzoek is geformuleerd luid: *In hoeverre wordt de diagnostische beeldkwaliteit bij een thoraxopname op bed beïnvloed door gebruik van het grid alignment systeem en de bijbehorende belichtingsparameters?*

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden zijn twee deelvragen opgesteld. De deelvragen luiden: *In hoeverre is een verschil in diagnostische beeldkwaliteit zichtbaar tussen een thoraxopname op bed zonder strooistralenrooster en een thoraxopname op bed met grid alignment met belichtingsparameters voor gebruik zonder strooistralenrooster?* en *In hoeverre is een verschil in diagnostische beeldkwaliteit zichtbaar tussen een thoraxopname op bed met grid alignment met belichtingsparameters voor gebruik zonder strooistralenrooster en een thoraxopname op bed met grid alignment met belichtingsparameters voor gebruik met strooistralenrooster?*

Methode en ethische paragraaf

Onderzoeksopzet

Voor het onderzoek werden met drie verschillende methoden thoraxopnames gemaakt, die werden vergeleken. Dit waren de thoraxopname op bed zonder strooistralenrooster (verder aan geduid als methode A), de thoraxopname op bed met grid alignment systeem met dezelfde belichtingsparameters als zonder strooistralenrooster (verder aan geduid als methode B) en de thoraxopname op bed met grid alignment systeem met belichtingsparameters voor het strooistralenrooster (verder aan geduid als methode C) (zie tabel 1). Voor de patiëntendosis gerelateerd aan de gebruikt belichtingsparameters gold: de patiëntendosis voor methode A en B was gelijk. De patiëntendosis voor methode C was hoger.

Tabel 1: Beschrijving van de drie methodes en bijbehorende afkorting (A/B/C).

Afkorting methode	Volledige naam methode	Belichtingsparameters van de methode (afhankelijk van BMI)
A	Thoraxopname op bed zonder strooistralenrooster	96 - 115 kV 1 - 1,6 mAs
B	Thoraxopname op bed met grid alignment met dezelfde belichtingsparameters als zonder strooistralenrooster	96 - 115 kV 1 - 1,6 mAs
C	Thoraxopname op bed met grid alignment met belichtingsparameters voor het strooistralenrooster	110 - 118 kV 1,8 - 3,2 mAs

De thoraxopnames werden gemaakt bij patiënten waarvoor een thoraxopname op bed was aangevraagd en werden verzameld in een beoordelingsmap in het Picture Archiving and Communication System (PACS). Twee radiologen (hierna te noemen beoordelaars) beoordeelden de thoraxopnames vanuit de beoordelingsmap. De resultaten van de beoordelaars werden verzameld en verwerkt in Excel, waarna beschrijvende en toetsende statistiek werd toegepast op de resultaten. Bij het kwantitatieve onderzoek werd door een vergelijking in de diagnostische beeldkwaliteit tussen methode A en methode B weergegeven of methode B bij dezelfde patiëntendosis beter bleef dan methode A. De onafhankelijke variabelen in dit onderzoek waren de verschillende methoden (zonder strooistralenrooster en met grid alignment). Bij methode A en methode B werden lagere belichtingsparameters gebruikt dan bij methode C. De drie gebruikte methodes waren methodes die standaard gebruikt werden op de afdeling. De afhankelijke variabele was het effect op de diagnostische beeldkwaliteit (11).

Deelnemers

De thoraxopnames op bed werden op de Intensive Care en reguliere verpleegafdelingen gemaakt. 90 patiënten hebben deelgenomen aan het onderzoek, dit waren 30 patiënten per methode. De gemiddelde leeftijd van de patiënten was 68,8 jaar. Geïnccludeerd in het onderzoek werden alle patiënten waarbij een thoraxopname op bed werd aangevraagd. Geëxcludeerd werden thoraxopnames op bed van baby's en kinderen jonger dan 18 jaar, evenals thoraxopnames in buikligging.

Meetinstrumenten

Het Carestream DRX-Revolution mobiele röntgensysteem werd gebruikt voor het maken van de thoraxopnames op bed. De thoraxopnames werden door dezelfde twee personen (onderzoekers) gemaakt, om variaties tussen resultaten van verschillende laboranten te voorkomen. De onderzoekers waren ervaren zodat de leercurve niet zichtbaar was in de resultaten. Bij de methodes B en C was de focus-detectorafstand standaard ingesteld op 112 cm. Bij methode A werd daardoor de afstand ook op 112 cm ingesteld (9). Dit werd gemeten met het meetlint dat bevestigd was aan de röntgenbuis. Bij de thoraxopnames met methode A werd de inschiethoek van de röntgenbuis visueel bepaald aan de hand van de wet van Dieck-Cieszynski. Volgens de wet van Dieck-Cieszynski werd gericht op de bissectrice tussen het vlak van de detector en het vlak van de ligging van de patiënt (4). De gehele thoraxopname op bed werd gemaakt volgens standaard protocol (zie bijlage I). De thoraxopname kon na uitvoering nog worden bijgesneden met postprocessing (nabewerking) op de Carestream DRX-Revolution, indien bleek dat een te groot röntgenveld was gekozen. Bij bijsnijden werd gelet op het in beeld zijn van de diafragmahoekpels.

Bij de methodes B en C werd een gericht strooistralenrooster gebruikt met een ratio van 8:1 (9). De belichtingsparameters die werden gebruikt zijn de standaard belichtingsparameters op de afdeling radiologie. De belichtingsparameters voor de thoraxopnames op bed (TOB) zijn benoemd in tabel 2.

Tabel 2: Belichtingsparameters bij verschillende BMI waardes

BMI	TOB Methode A	TOB Methode B	TOB Methode C
BMI < 20	96 kV en 1 mAs	96 kV en 1 mAs	110 kV en 1,8 mAs
BMI 20 t/m 28	102 kV en 1,2 mAs	102 kV en 1,2 mAs	112 kV en 2 mAs
BMI 28 t/m 35	110 kV en 1,4 mAs	110 kV en 1,4 mAs	115 kV en 2,5 mAs
BMI 35 >	115 kV en 1,6 mAs	115 kV en 1,6 mAs	118 kV en 3,2 mAs

Voor een thoraxopname met methode A werden dezelfde belichtingsparameters gebruikt als met methode B. De belichtingsparameters voor de thoraxopname werden geselecteerd met de Body Mass Index (BMI) van de patiënt. Dit is de standaard werkwijze binnen de afdeling radiologie, gebaseerd op het feit dat een grotere objectomvang hogere belichtingsparameters vraagt (4). De lengte en het gewicht waren gegevens die op de verpleegafdeling bekend waren. De BMI werd uitgerekend met de formule: $BMI = \text{gewicht in kg} / (\text{lengte in meter} * \text{lengte in meter})$ (12). Buitenexperimentele factoren waar geen rekening mee werd gehouden tijdens het onderzoek waren de omvang van het borstweefsel en de mate van in- en expiratie.

Dataverzameling

Op een formulier werden de patiëntgegevens en de gegevens van de thoraxopname genoteerd (zie Bijlage II). Eén formulier werd gebruikt voor de thoraxopnames van methode A, één formulier voor de thoraxopnames van methode B en één formulier voor de thoraxopnames van methode C. Gegevens die voor vervolgonderzoek van toepassing konden zijn, maar tijdens het onderzoek niet werden

gebruikt (indicatie en exposure index), werden genoteerd. De dataverzameling werd uitgevoerd middels een volgorde. Bij de eerste patiënt werd een thoraxopname volgens methode A gemaakt, bij de tweede patiënt een thoraxopname volgens methode B en bij de derde patiënt een thoraxopname volgens methode C. Deze cyclus werd herhaald en zorgde voor een evenwichtige verdeling van het aantal patiënten over de te onderzoeken methodes. De thoraxopnames werden verzameld in een beoordelingsmap in PACS. Op de thoraxopnames waren de patiëntnaam, geboortedatum etc. zichtbaar. Het was voor de beoordelaar niet mogelijk met deze gegevens op te zoeken met welke methode de thoraxopname was gemaakt. De methode en belichtingsparameters waren niet zichtbaar op de thoraxopname.

Data-analyse

De thoraxopnames werden in een map in PACS opgeslagen. De verzamelde data werden vanuit deze map door twee beoordelaars afzonderlijk beoordeeld op diagnostische beeldkwaliteit. De thoraxopnames werden beoordeeld op een Eizo 3 megapixel scherm. Bij beoordeling werd gebruik gemaakt van een beoordelingsformulier (zie bijlage III). De vijf criteria uit het beoordelingsformulier zijn benoemd in tabel 3 (2).

Tabel 3: Criteria m.b.t. beoordeling diagnostische beeldkwaliteit (2)

Criteria m.b.t. de beoordeling van de diagnostische beeldkwaliteit van de thoraxopnames
Beoordeling van de zichtbaarheid van het longweefsel
Beoordeling van de zichtbaarheid van het mediastinum
Beoordeling van de zichtbaarheid van de thoracale wervelkolom
Beoordeling van de zichtbaarheid van lijnen (maagsonde etc.)
Beoordeelbaarheid van de algehele thoraxopname

De beoordelaars beoordeelden de verschillende criteria van de anatomie door middel van de vijf puntsschaal uit tabel 4 (3).

Tabel 4: Cijfers m.b.t. beoordeling (3)

Cijfer	Uitleg
1	De relevante structuren zijn nauwelijks tot niet te onderscheiden. Het stellen van een diagnose is niet mogelijk.
2	De relevante structuren zijn redelijk goed van elkaar te onderscheiden. Een diagnose kan niet met zekerheid gesteld worden.
3	De relevante structuren zijn van elkaar te onderscheiden. Het stellen van een diagnose is in grote mate mogelijk.
4	De relevante structuren zijn goed van elkaar te scheiden. Er kan een diagnose gesteld worden.
5	De relevante structuren zijn scherp van elkaar te onderscheiden. Een diagnose kan met zekerheid worden gesteld.

Het gebruik maken van het postprocessing programma door de beoordelaars was toegestaan. De window- en contrastparameters vallen hieronder. Het totaal aantal thoraxopnames werd in twee delen aangereikt aan de beoordelaars. Halverwege de onderzoeksperiode werd de eerste helft thoraxopnames aan beide beoordelaars aangereikt ter beoordeling. De tweede helft volgde aan het einde van de onderzoeksperiode. Het aanreiken van de data in twee delen verminderde de kans op vermoeidheid van de beoordelaars. De data werden na het beoordelen per beoordelaar verzameld. De resultaten werden in Excel genoteerd.

Na het beoordelen van de thoraxopnames door de beoordelaars werd beschrijvende en toetsende statistiek gebruikt in het onderzoek (13). De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid werd getoetst, omdat de thoraxopnames door twee radiologen werden beoordeeld. Deze werd getoetst in SPSS versie 20, waar Cohen's Kappa werd berekend. Cohen's kappa gaf een waarde tussen -1 (tegenovergestelde mening) en 1 (precies overeenkomende mening) (14). Volgens Altman betekent een kappa-waarde $< 0,2$ een slechte betrouwbaarheid, van $0,2-0,4$ een matige betrouwbaarheid, van $0,4-0,6$ een redelijke betrouwbaarheid en een kappa-waarde van $0,6-0,8$ geeft een goede betrouwbaarheid weer (15-16). Bij een kappa-waarde tussen 0,8 en 1 is sprake van een zeer goede betrouwbaarheid (15-16). Aangezien de Cohen's kappa tussen de resultaten van de beoordelaars 0.062 was, dat een slechte betrouwbaarheid betekende, werd de statistische analyse twee keer uitgevoerd. De resultaten van de twee beoordelaars werden apart meegenomen. Na het berekenen van Cohen's Kappa werd van de verzamelde data per beeldkwaliteitscriterium het gemiddelde en de mediaan bepaald. Het gemiddelde werd vermeld met de standaarddeviatie als spreidingsmaat en de mediaan met de interkwartielafstand (IQR). Het gemiddelde werd gegeven om een nauwkeuriger beeld te geven van het cijfer per methode, doordat het gemiddelde afgerond werd op twee decimalen. De mediaan werd gebruikt voor statistische analyse, omdat de verzamelde data ordinaal waren (Likertschaal). De statistische toets die werd gebruikt is de Mann-Whitney U test in het programma SPSS (17).

De geconstateerde scores werden vergeleken om te onderzoeken of een thoraxopname met methode B betere, dezelfde of slechtere diagnostische beeldkwaliteit heeft ten opzichte van methode A en C. Onderstaande methodes werden onderling met elkaar vergeleken met Mann-Whitney U testen:

- Thoraxopname methode A en thoraxopname methode B.
- Thoraxopname methode B en thoraxopname methode C.

De criteria tussen bovenstaande methodes werden afzonderlijk vergeleken met Mann-Whitney U testen. De thoraxopname met methode A werd niet vergeleken met methode C. Een p-waarde $< 0,05$ werd als statistisch significant gezien (18).

Ethische verantwoording

In het Laurentius Ziekenhuis zijn 4 standaard methoden in gebruik voor thoraxopnames op bed. De laborant heeft de vrijheid zelf een keuze te maken tussen de verschillende methodes voor het maken van een thoraxopname (3 van deze methodes waren onderdeel van dit onderzoek, de 4^e methode was onderdeel van een ander onderzoek). Het protocol van het Laurentius ziekenhuis is niet voorzien van regels voor het gebruik van één methode, waardoor de vier methodes alle vier gangbaar waren op de afdeling. Tijdens het onderzoek werd daardoor alleen 'care as usual' toegepast, geen enkele methode was nieuw op de afdeling radiologie en met zekerheid kon worden gesteld dat het aantal thoraxopnames dat overgemaakt moest worden niet toenam (geen toename patiëntendosis). Doordat de methodes die gebruikt werden tijdens het onderzoek niet nieuw waren in het ziekenhuis en patiënten niet aan een hogere stralingsdosis werden blootgesteld, was het niet noodzakelijk de METC bij het onderzoek te betrekken.

De uitvoering van de thoraxopname verliep volgens standaardprocedure, van de patiënt werden geen extra handelingen gevraagd. Het hanteren van de standaardprocedure bracht voor de patiënt geen veranderingen met zich mee en het onderzoek was hierdoor niet WMO-plichtig. In het Laurentius Ziekenhuis geldt een regelgeving voor het gebruik van onderzoeksdata van de patiënt voor onderzoek in kwaliteitsverbetering. Wanneer patiënten zich inschrijven in het Laurentius ziekenhuis, wordt automatisch toestemming gegeven om onderzoeksdata van de patiënt te gebruiken voor onderzoek. Patiënten kunnen bezwaar maken indien wordt gewenst dat onderzoeksdata niet gebruikt worden voor onderzoek. Patiënten werden van deze informatie op de hoogte gesteld met een patiëntenfolder die wordt uitgereikt bij inschrijving (zie bijlage IV) en door informatie over de regelgeving op de website van het Laurentius Ziekenhuis (zie bijlage V). Een toestemmingsbrief werd niet gehanteerd. De verpleegafdelingen en IC werden van het onderzoek op de hoogte gesteld middels een informatiebrief (zie bijlage VI).

Resultaten

Voor de dataverzameling kwamen 92 personen in aanmerking, waarvan twee deelnemers werden uitgesloten van het onderzoek doordat het thoraxopnames in buikligging waren. 90 deelnemers werden hierdoor geïnccludeerd in het onderzoek: 30 deelnemers met een thoraxopname gemaakt volgens methode A, 30 deelnemers met een thoraxopname volgens methode B en 30 deelnemers met een thoraxopname volgens methode C. De verhouding mannen en vrouwen binnen de drie groepen was ongelijk. Bij methode A werden 24 mannen en 6 vrouwen meegenomen, bij methode B 20 mannen en 10 vrouwen en bij methode C 18 mannen en 12 vrouwen. In totaal namen 62 mannen en 28 vrouwen deel aan het onderzoek. De deelnemers waren ingedeeld aan de hand van de BMI om de belichtingsparameters te bepalen (tabel 5). De belichtingsparameters werden aangepast na het berekenen van de BMI. In de groep van methode C lag het gemiddelde BMI hoger dan in de groepen van methode A en B. Bij methode C was het gemiddelde BMI 29.3 (SD 8.94, minimum 19.7, maximum 58.8), bij methode A 27.1 (SD 5.90, minimum 20.3, maximum 51.7) en bij methode B 25.1 (SD 5.50, minimum 16.5, maximum 38.3).

Tabel 5: Mannen en vrouwen ingedeeld per methode (A, B of C) en op BMI.

BMI	Methode A		Methode B		Methode C		Totaal
	Mannen	Vrouwen	Mannen	Vrouwen	Mannen	Vrouwen	
BMI < 20*	0	0	3	3	0	2	8
BMI 20 t/m 28*	20	4	13	3	12	4	56
BMI 28 t/m 35*	4	1	4	2	6	2	19
BMI 35 > *	0	1	0	2	0	4	7
Totaal	24	6	20	10	18	12	90

* BMI = Body Mass Index = gewicht (kg)/lengte² (m)

Twee radiologen beoordeelden de thoraxopnames subjectief aan de hand van een vijfpuntsschaal. De thoraxopnames werden beoordeeld op diagnostische beeldkwaliteit en beoordeelbaarheid met vijf criteria. Met de resultaten werd de Cohen's Kappa berekend om inzicht te krijgen in de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid. De Cohen's Kappa was 0.062, dit betekende dat sprake was van een slechte betrouwbaarheid tussen de resultaten van beide beoordelaars. De resultaten van beide beoordelaars werden hierdoor apart meegenomen bij de statistische analyse. Bij de statistische analyse werd de Mann-Whitney U test gebruikt, omdat de resultaten ordinale data waren (Likertschaal). De resultaten werden apart weergegeven, voor beoordelaar 1 (tabel 7) en beoordelaar 2 (tabel 8). Thoracale wervelkolom werd in de tabellen benoemd als thoracale WK. Voor de Mann-Whitney U test werd de mediaan gebruikt. Het gemiddelde werd weergegeven, omdat dit verschillen tussen methodes beter weergaf door afronding in decimalen.

Tabel 7: Subjectieve beoordeling van beoordelaar 1 in gemiddelde (Gem.), standaarddeviatie (SD), mediaan (Med.), interkwartielafstand (IQR) en p-waarde.

Beoordelaar 1	Methode A				Methode B				Methode C				p-waarde*
	Gem.	SD	Med.	IQR	Gem.	SD	Med.	IQR	Gem.	SD	Med.	IQR	
Beoordeling Longweefsel	3.77	0.77	4	1	3.77	0.73	4	1	3.90	0.76	4	1	A & B: 0.407 B & C: 0.209
Beoordeling Mediastinum	3.33	0.71	3	1	3.83	0.53	4	0	3.80	0.55	4	1	A & B : 0.003** B & C: 0.440
Beoordeling Thoracale WK	1.80	0.76	2	1	2.50	0.82	3	1	2.80	0.96	3	1	A & B : 0.001** B & C: 0.111
Beoordeling Lijnen	3.37	0.67	3	1	3.67	0.84	4	1	3.80	0.71	4	0	A & B : 0.024** B & C: 0.319
Beoordeling Algeheel	3.47	0.63	4	1	3.70	0.70	4	1	3.87	0.73	4	1	A & B: 0.117 B & C: 0.184

* Mann-Whitney U Test

** De met rood gemarkeerde methode was bij een statistisch significant verschil de methode waarvan de mediaan het hoogst was.

In tabel 7 was af te lezen dat tussen methode A en B bij beoordelaar 1 geen statistisch significant verschil zichtbaar was bij de criteria beoordeling van het longweefsel ($p = 0.407$) en de algehele beoordeling van de thoraxopname ($p = 0.117$). Bij een vergelijking tussen methode A en B bij de criteria beoordeling van het mediastinum ($p = 0.003$), beoordeling van de thoracale wervelkolom ($p = 0.001$) en de beoordeling van de lijnen ($p = 0.024$) werd wel een statistisch significant verschil aangetoond. De mediaan was bij laatstgenoemde criteria (mediastinum, thoracale wervelkolom en lijnen) hoger bij methode B dan bij methode A. Tussen methode B en C was af te lezen dat bij elk criteria ($p = 0.209$, $p = 0.440$, $p = 0.111$, $p = 0.319$, $p = 0.184$ voor respectievelijk beoordeling longweefsel, mediastinum, thoracale wervelkolom, lijnen en algehele beoordeling) geen statistisch significant verschil werd aangetoond. De mediaan was tussen methode B en C voor elk criteria gelijk.

Tabel 8: Subjectieve beoordeling van beoordelaar 2 in gemiddelde (Gem.), standaarddeviatie (SD), mediaan (Med.), interkwartielafstand (IQR) en p-waarde.

Beoordelaar 2	Methode A				Methode B				Methode C				p-waarde*
	Gem.	SD	Med.	IQR	Gem.	SD	Med.	IQR	Gem.	SD	Med.	IQR	
Beoordeling Longweefsel	3.93	0.83	4	2	4.66	0.71	5	0	4.63	0.67	5	1	A & B: 0.000** B & C: 0.404
Beoordeling Mediastinum	3.37	1.07	3.5	1	4.30	0.98	5	1	4.27	1.05	5	1	A & B: 0.000** B & C: 0.497
Beoordeling Thoracale WK	2.93	0.94	3	2	4.07	0.91	4	1	4.20	1.10	5	1	A & B: 0.000** B & C: 0.144
Beoordeling Lijnen	3.80	0.92	4	1	4.57	0.86	5	1	4.47	0,90	5	1	A & B: 0.000** B & C: 0.314
Beoordeling Algeheel	3.40	0.86	3.5	1	4.33	0.88	5	1	4.37	1.00	5	1	A & B: 0.000** B & C: 0.293

* Mann-Whitney U Test

** De met rood gemarkeerde methode was bij een statistisch significant verschil de methode waarvan de mediaan het hoogst was.

In tabel 8 was leesbaar dat tussen methode A en B bij beoordelaar 2 bij elk criteria een statistisch significant verschil werd aangetoond ($p = 0.000$ voor beoordeling van het longweefsel, mediastinum, thoracale wervelkolom, lijnen en algehele beoordeling). De mediaan tussen methode A en B liet zien dat de mediaan voor elk criteria hoger was bij methode B in vergelijking tot methode A. Een vergelijking tussen methode B en C liet zien dat bij geen enkel criteria ($p = 0.404$, $p = 0.497$, $p = 0.144$, $p = 0.314$, $p = 0.293$ voor respectievelijk beoordeling longweefsel, mediastinum, thoracale wervelkolom, lijnen en algehele beoordeling) een statistisch significant werd aangetoond. De mediaan tussen methode B en C was bij de criteria beoordeling longweefsel, mediastinum, lijnen en algehele beoordeling gelijk. Bij het criterium beoordeling van de thoracale wervelkolom was de mediaan van methode B (4, IQR 1) lager dan bij methode C (5, IQR 1). Dit verschil was niet statistisch significant ($p = 0.144$).

Een statistisch significant verschil kon een indicatie zijn dat een verschil aanwezig was tussen de methodes en geen statistisch significant verschil kon een indicatie zijn dat weinig tot geen verschil aanwezig was tussen de methodes. De resultaten van beoordelaar 1 lieten zien dat tussen methode A en B bij de beoordeling van het longweefsel en de algehele beoordeling geen statistisch significant verschil aanwezig was. Bij de beoordeling van het mediastinum, thoracale wervelkolom en lijnen was wel een statistisch significant verschil zichtbaar. Bij beoordelaar 2 was tussen methode A en B bij elk criterium een statistisch significant verschil zichtbaar. Tussen methode B en C was bij beide beoordelaars bij geen enkel criterium een statistisch significant verschil aangetoond.

Discussie

Dit onderzoek was gericht op het in beeld brengen van de invloed van het grid alignment systeem en bijbehorende belichtingsparameters op de diagnostische beeldkwaliteit van een thoraxopname op bed. De diagnostische beeldkwaliteit van methode A werd vergeleken met methode B en methode B werd vergeleken met methode C. De resultaten lieten zien dat tussen methode A en B bij beoordelaar 1 bij drie criteria (mediastinum, thoracale wervelkolom en lijnen) een statistisch significant verschil werd aangetoond. De criteria longweefsel en algehele beoordeling lieten geen statistisch significant verschil zien. Bij beoordelaar 2 liet elk criteria tussen methode A en B een statistisch significant verschil zien. Methode B scoorde bij een statistisch significant verschil hoger dan methode A. Opvallend is dat tussen methode A en B bij beoordelaar 2 bij de criteria longweefsel en algehele beoordeling een statistisch significant verschil zichtbaar is en bij beoordelaar 1 niet. Dit betekent dat beoordelaar 2 methode B voor deze twee criteria een hoger cijfer geeft dan methode A en dat beoordelaar 1 de methodes bij deze twee criteria gelijk beoordeeld. Ondanks dit verschil wordt methode B op geen enkel criteria lager beoordeeld dan methode A. Tussen methode B en C werd voor beide beoordelaars bij geen enkel criteria een statistisch significant verschil aangetoond. Bij het criteria thoracale wervelkolom van beoordelaar 2 tussen methode B en C scoort methode B lager dan methode C. Dit verschil is echter niet statistisch significant ($p = 0.144$), waardoor de kans wordt vergroot dat dit verschil op toeval berust. Methode B levert daardoor dezelfde beeldkwaliteit als methode C bij beide beoordelaars.

Volgens Gauntt et al. (1) kunnen voor een thoraxopname op bed met grid alignment systeem dezelfde belichtingsparameters worden toegepast dan voor een thoraxopname op bed zonder strooistralenrooster (methode B). De resultaten laten zien dat methode B en C hetzelfde worden beoordeeld op diagnostische beeldkwaliteit en in vergelijking met de voorgenoemde literatuur komt dit overeen. Dit weerlegt de conclusie die volgens Balter et al. (7) wordt getrokken dat bij een thoraxopname met strooistralenrooster de belichtingsparameters verhoogd dienen te worden om aan dezelfde diagnostische beeldkwaliteit te voldoen. Wanneer methode C vervangen kan worden door methode B zou dit een verlaging in patiëntendosis tot gevolg hebben. Volgens Barnes et al. (19) levert een thoraxopname met methode B een betere diagnostische beeldkwaliteit dan een thoraxopname met methode A. In vergelijking met de resultaten komt dit overeen voor alle criteria van beoordelaar 2 en de criteria mediastinum, thoracale wervelkolom en lijnen van beoordelaar 1. In dit onderzoek zou volgens beoordelaar 1 de diagnostische beeldkwaliteit van het longweefsel en de algehele beoordeling gelijk zijn tussen methode A en B.

Dit onderzoek heeft als sterk punt dat alle thoraxopnames door twee dezelfde onderzoekers zijn uitgevoerd, waardoor de variatie wordt beperkt in de wijze waarop de thoraxopnames zijn gemaakt. De onderzoekers zijn twee weken begeleid in het maken van thoraxopnames op bed, zodat de leercurve niet zichtbaar is in het onderzoek. Deze thoraxopnames zijn niet meegenomen in het onderzoek. Het tweede sterke punt is dat de thoraxopnames in willekeurige volgorde zijn beoordeeld.

De thoraxopnames werden geblindeerd aangereikt aan de beoordelaars, waardoor de beoordeling niet is beïnvloed door kennis van de methode waarmee de thoraxopname is gemaakt. Het derde sterke punt is dat het onderzoek reproduceerbaar is. Wanneer een onderzoeker het onderzoek opnieuw wil uitvoeren, kan dit op dezelfde wijze worden uitgevoerd. Het vierde sterke punt van het onderzoek is dat het verschil in BMI tussen patiënten is gecompenseerd door het aanpassen van de belichtingsparameters volgens protocol. De belichtingsparameters werden aangepast na berekening van het BMI (4). Volgens Bontrager et al. (20) vraagt een grotere objectomvang hogere belichtingsparameters. Hierdoor wordt de invloed van het verschil in BMI beperkt (20).

Een beperking van het onderzoek is dat de deelnemers voor de beoordeling van de thoraxopnames niet zijn ingedeeld in BMI groepen vanwege het beperkte aantal deelnemers aan het onderzoek. Dit kan zorgen voor verschillen tussen de resultaten. Volgens Hensen et al. (4) en Bontrager et al. (20) vergt toename in BMI hogere belichtingsparameters om dezelfde stralingsdosis op de detector te ontvangen dan bij een laag BMI. Daarnaast ontstaat bij toename in BMI meer strooistraling die de diagnostische beeldkwaliteit kan beperken (4-20). De diagnostische beeldkwaliteit tussen de verschillende BMI categorieën is niet vergeleken, terwijl tussen deze categorieën verschil in diagnostische beeldkwaliteit aanwezig kan zijn. Een tweede beperking van het onderzoek is dat de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid volgens Altman (15) een slechte betrouwbaarheid weergeeft tussen de beoordelaars (Cohen's Kappa: 0.062). De uitkomstmaat 'diagnostische beeldkwaliteit van de thoraxopnames' is daardoor onbetrouwbaar. Dit is de reden waardoor is besloten de resultaten van beide beoordelaars apart te verwerken en analyseren. Redenen voor het niet consistent beoordelen van de thoraxopnames kunnen verschillen in ervaring en opleiding van de beoordelaars in het beoordelen van thoraxopnames zijn. Het kan ook betekenen dat de opgestelde criteria en de vijfpuntsschaal op meerdere manieren geïnterpreteerd kunnen worden. Op intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid is in het onderzoek niet getoetst.

Een derde beperking is dat de patiënten niet evenwichtig zijn verdeeld op BMI en geslacht over de drie methodes. Het aantal mannen en vrouwen bij de drie methodes is niet gelijk, bij methode A zijn 24 mannen ingedeeld en 6 vrouwen, bij methode B 20 mannen en 10 vrouwen en bij methode C 18 mannen en 12 vrouwen. Volgens Mettler (21) zorgt het borstweefsel bij vrouwen voor een verschil in diagnostische beeldkwaliteit van thoraxopnames vergeleken met thoraxopnames van mannen. Borstweefsel absorbeert een deel van de straling, waardoor het longweefsel achter het borstweefsel witter wordt weergegeven en de vasculaire structuren prominenter aanwezig zijn (21). Dit zou de resultaten kunnen beïnvloeden. Volgens Mettler (21) zou methode A (minder vrouwen) beter worden beoordeeld op diagnostische beeldkwaliteit dan methode B en C (meer vrouwen), wanneer het borstweefsel bij vrouwen invloed heeft op de diagnostische beeldkwaliteit van de thoraxopname. Dit is in dit onderzoek echter niet het geval, methode B en C worden beter beoordeeld op diagnostische beeldkwaliteit dan methode A. Een vierde beperking van het onderzoek is dat de thoraxopnames niet in dezelfde houding zijn gemaakt. Gestreefd is om zoveel mogelijk thoraxopnames zittend te maken, omdat de vloeistofspiegels in zittende houding voor een betere kwaliteit van de thoraxopname zorgen

volgens Hensen et al. (4). Volgens Tip et al. (22) kunnen bij thoraxopnames gemaakt in liggende houding huidplooien minder goed te onderscheiden zijn van een pneumothorax. Dit komt doordat bij een pneumothorax bij een thoraxopname in zittende houding de lucht craniaal aanwezig is en bij een thoraxopname in liggende houding ventraal (22). Het was niet mogelijk om alle thoraxopnames zittend te maken. Een deel van de thoraxopnames is daardoor liggend gemaakt. Een overzicht van het aantal thoraxopnames per methode in liggende en zittende houding is zichtbaar in bijlage VII. Het aantal thoraxopnames in zittende houding is hoger bij methode A. Tussen methode B en C is het aantal thoraxopnames in zittende houding vergelijkbaar.

Een punt in het onderzoek waar geen invloed op kon worden uitgeoefend is de inspiratie. Onbekend is of de patiënten maximale inspanning hebben geleverd met inademen voor de thoraxopname. Dat het ademhalingscommando geen invloed heeft gehad op de diagnostische beeldkwaliteit van de thoraxopnames kan niet met zekerheid worden gezegd. Volgens Rodenwaldt et al. (23) ademen patiënten bij een thoraxopname op bed minder diep in dan bij een thoraxopname die staand wordt gemaakt. Bij minder diepe inademing liggen de buikorganen hoger in de thorax dan bij diepe inademing. Het mediastinum, de hili en de vasculaire structuren worden hierbij samengedrukt en de zichtbaarheid van het longweefsel wordt verminderd (23). Bij diepe inademing worden de longen groter afgebeeld waardoor de beoordeelbaarheid van de thoraxopname wordt verbeterd (23).

Naar aanleiding van de beperkingen van het onderzoek wordt aanbevolen om vervolgonderzoek te doen naar de diagnostische beeldkwaliteit tussen de drie methodes. Om zekerheid te krijgen dat het BMI, gewicht, en de lengte geen invloed hebben op de diagnostische beeldkwaliteit is vervolgonderzoek nodig. Vervolgonderzoek waarbij patiënten ook voor de beoordeling van de thoraxopnames worden ingedeeld op BMI. Indeling op geslacht en houding (liggend/zittend) kan meegenomen worden bij vervolgonderzoek, om de invloed van het borstweefsel bij vrouwen en de houding op de diagnostische beeldkwaliteit te onderzoeken. Een grotere groep deelnemers is nodig om hiervoor representatieve subgroepen te maken. Een fantoomstudie wordt aangeraden om het verschil tussen de drie methodes te onderzoeken zonder de variabelen geslacht, houding, leeftijd, lengte, gewicht en BMI. Een volgende aanbeveling is om bij subjectieve beoordeling bij eventueel vervolgonderzoek vooraf de criteria en beoordelingspunten met de beoordelaars af te stemmen of een vierpuntsschaal te gebruiken. Volgens Schram et al. (24) verhoogd een vierpuntsschaal de betrouwbaarheid, omdat bij een vierpuntsschaal niet voor een neutrale middencategorie gekozen kan worden, in tegenstelling tot de vijfpuntsschaal. Een andere aanbeveling is om de beoordelaars twee keer dezelfde thoraxopnames te laten beoordelen, om de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid te onderzoeken. Een hoge overeenkomst tussen de cijfers betekent een hogere betrouwbaarheid volgens Verhoeven (25). De diagnostische beeldkwaliteit kan objectief worden onderzocht door het plaatsen van ROI's (Regions of Interest) op dezelfde plaatsen op elke thoraxopname (26). Volgens Hakkert et al. (26) kan hierdoor een objectieve beoordeling gebaseerd op waardes gegeven worden.

Conclusie

Op basis van dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat de diagnostische beeldkwaliteit van thoraxopnames op bed gemaakt met methode B niet slechter is dan de diagnostische beeldkwaliteit van thoraxopnames op bed gemaakt met methode A en C. Het grid alignment systeem verhoogt de diagnostische beeldkwaliteit, want de diagnostische beeldkwaliteit bij methode B is vergelijkbaar of hoger dan bij methode A. Tussen methode B en C wordt dezelfde diagnostische beeldkwaliteit geleverd, terwijl de belichtingsparameters van methode B lager zijn (verlaging patiëntendosis, ALARA-principe) ten opzichte van methode C. Ondanks dat voorzichtig dient om te worden gegaan met het verbinden van conclusies aan de resultaten (lage interbeoordelaarsbetrouwbaarheid) kunnen deze een belangrijke betekenis hebben. Voor de praktijk betekent dit dat de thoraxopname op bed kan worden gemaakt volgens methode B. De patiëntendosis zou dan dalen ten opzichte van methode C.

Literatuurlijst

1. Gauntt DM, Barnes GT. An automatic and accurate x-ray tube focal spot/grid alignment system for mobile radiography: system description and alignment accuracy. *Medical Physics (Med. Phys.)* 2010;37:6402–6410.
2. Moore CS, Wood TJ, Avery G, Balcam S, Needler L, Smith a, et al. Investigating the use of an antiscatter grid in chest radiography for average adults with a computed radiography imaging system. *The British Journal of Radiology (Br. J. Radiol.)* 2015;88:1-9.
3. Lehnert T, Naguib NNN, Wutzler S, Bauer RW, Kerl JM, Burkhard T, et al. Comparative Study Between Mobile Computed Radiography and Mobile Flat-Panel Radiography for Bedside Chest Radiography. *Investigative Radiology (Invest. Radiol.)* 2014;49(1):1–6.
4. Hensen J, Jaarsveld-Bolman K, Dam T, Dol-Jansen J, Geers-van Gemeren S. *Radiologie Techniek en onderzoek*. 1st ed. Amsterdam: Reed Business; 2011.
5. Veldkamp WJH, Kroft LJM, Geleijns J. Dose and perceived image quality in chest radiography. *European Journal of Radiology (Eur. J. Radiol.)* 2009;72:209–217.
6. Ekpo EU, Hoban AC, McEntee MF. Optimisation of direct digital chest radiography using Cu filtration. *Radiography Elsevier Ltd* 2014;20(4):346–350.
7. Balter S, Strauss KJ. To grid or not to grid. *Catheterization and Cardiovascular Interventions* 2013;82(5):1.
8. Uffmann M, Schaefer-Prokop C. Digital radiography: The balance between image quality and required radiation dose. *European Journal of Radiology (Eur. J. Radiol.)* 2009;72:202–208.
9. Carestream Health Inc. The CARESTREAM Tube and Grid Alignment System provides better image quality and consistent techniques for portable diagnostic radiography. CAT 200 0016 2012;9–12.
10. De Boo DW, Weber M, Deurloo EE, Streekstra GJ, Freling NJ, Dongelmans D, et al. Computed radiography versus mobile direct radiography for bedside chest radiographs: Impact of dose on image quality and reader agreement. *Clinical Radiology* 2011;66(9):826–832.
11. Statistiekbegeleider. Onderscheid afhankelijke en onafhankelijke variabelen met SPSS. (2012). Verkregen via URL: <http://www.statistiekbegeleider.nl/blog/uitleg-onderscheid-afhankelijke-en-onafhankelijke-variabelen-met-spss-2/> (1 maart 2015).
12. BMI uitrekenen. BMI formule. (2015). Verkregen via URL: <http://www.bmi-uitrekenen.com/bmi-formule/> (1 maart 2015)
13. Wouters E, Van Zaalén Y. *Praktijkgericht onderzoek in de paramedische zorg*. 1st ed. Bussum: Coutinho; 2012.
14. Tilburg Universiteit. Cohen's kappa. (2014). Verkregen via URL: <https://www.tilburguniversity.edu/nl/studenten/vaardigheden/spsshelpdesk/edesk/kappa/> (1 maart 2015)
15. Altman DG. *Practical Statistics for Medical Research*. 1st ed. London: Chapman & Hall/CRC; 1990.

16. Rijksuniversiteit Groningen, Fidler V, Burgerhof H, Post W. Statistiek. (z.j.). Verkregen via URL: www.rug.nl/research/epidemiology/downloadarea/overeenstemming.ppt (3 maart 2015)
17. AMC Clinical Research Unit. Keuze toets. (2015). Verkregen via URL: http://os1.amc.nl/wikistatistiek/index.php?title=KEUZE_TOETS (3 maart 2015)
18. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Berekenen 95% betrouwbaarheidsinterval. (2015). Verkregen via URL: http://www.rivm.nl/Onderwerpen/P/PREZIES/Incidentieonderzoek_POWI/Berekenen_95_betro_uwbaarheidsinterval (3 maart 2015)
19. Barnes GT, Gauntt DM. BRAGA: An easy to use and accurate grid alignment system to control scatter and improve image quality in bedside radiography. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* 2008;4:1-5.
20. Bontrager KL, Lampignano J. *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*. 8th ed. St. Louis Missouri: Elsevier Mosby Inc.; 2013.
21. Mettler FA. *Essentials of Radiology*. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders Inc.; 2013.
22. Tip M, Hosson S, Pijl M. *De Thoraxfoto: Een Stapsgewijze Beoordeling*. 1st ed. Houten: Bohn Stafleu van Loghum; 2012.
23. Rodenwaldt J. Röntgenuntersuchung des Thorax. *Pneumologie* 2011;8:437–448.
24. Schram DH, Hacquebord H. *Lezen in het VMBO: Onderzoek, Interventie, Praktijk*. 1st ed. Amsterdam: Eburon Uitgeverij; 2007.
25. Verhoeven N. *Wat is onderzoek?*. 4th ed. Den Haag: Boom Lennema uitgevers; 2011.
26. Hakkert M, Tempelman G, Dam T, Dol-Jansen J, Geers-van Gemeren S. *Computertomografie Techniek, onderzoek en stralingshygiëne*. 1st ed. Amsterdam: Elsevier gezondheidszorg; 2010

Bijlagen

Bijlage I Standaardprotocol

Standaardprotocol thoraxopnamen op bed Laurentius Ziekenhuis Roermond.

Techniek

- Focus-film. 1.12 mtr.
- Standaard handbelichtingen op revolution, let op wel of geen rooster.
BMI <20 Standaardinstelling lichte patiënt
BMI 20-28 Standaardinstelling gemiddelde patiënt
BMI 28-35 Standaardinstelling zware patiënt
BMI >35 Instellen naar eigen inzicht laborant

Indien geen BMI voorhanden is mag deze op eigen inzicht van de laborant geschat worden.

Positionering

- De patiënt zit of ligt in AP-positie. Zo rechtop mogelijk in bed laten zitten.
- De kin naar voren en iets omhoog.
- De schouders ontspannen; niet opgetrokken!

Centrering

Centreren in de mediaanlijn. Bovengrens lichtvizer op C7. Ondergrens niet lager dan de onderkant van de ribbenboog.

Methode A / Methode B / Methode C

Nummer patiënt	M/V	Patiëntnaam	Geboorte Datum	Accession nummer	Datum Foto	Leng te	Gewic ht	BMI	kV	mAs	Focus detector afstand	Positie patiënt (Liggend/ Zittend)	Exposure Index	Indicatie

Beoordelingsformulier beeldkwaliteit thoraxopnames**Accession nummer:****Uitleg cijferbepaling**

Eerst wordt er een korte uitleg gegeven bij de verschillende cijfers. Deze uitleg geldt voor de verschillende criteria waarop beoordeeld wordt. Het cijfer dat van toepassing is op het desbetreffende criterium kan hieronder worden omcirkelt. Wanneer het criterium voor de beoordeelbaarheid van de lijnen niet van toepassing is, gelieve geen cijfer te omcirkelen. Per criterium kan slechts één cijfer omcirkelt worden.

Cijfer	Uitleg
1	De relevante structuren zijn nauwelijks tot niet te onderscheiden. Het stellen van een diagnose is niet mogelijk.
2	De relevante structuren zijn redelijk goed van elkaar te onderscheiden. Een diagnose kan niet met zekerheid gesteld worden.
3	De relevante structuren zijn van elkaar te onderscheiden. Het stellen van een diagnose is in grote mate mogelijk.
4	De relevante structuren zijn goed van elkaar te scheiden. Er kan een diagnose gesteld worden.
5	De relevante structuren zijn scherp van elkaar te onderscheiden. Een diagnose kan met zekerheid worden gesteld.

Criteria thoraxopname

Beoordeling van de zichtbaarheid van het longweefsel	1	2	3	4	5
Beoordeling van de zichtbaarheid van het mediastinum	1	2	3	4	5
Beoordeling van de zichtbaarheid van TWK	1	2	3	4	5
Beoordeling van de zichtbaarheid van lijnen (maagsonde)	1	2	3	4	5
Beoordeelbaarheid van de algehele thoraxopname	1	2	3	4	5

Initialen beoordelaar:

Laurentius Ziekenhuis folder 'Opname in het ziekenhuis', die meegegeven wordt aan patiënten.

Hoofdstuk: Rechten, plichten en privacy rechten en plichten

U heeft als patiënt een aantal rechten en plichten. Deze rechten en plichten zijn vastgelegd in de Wet op de Geneeskundige Behandelingsovereenkomst (WGBO), Wet Bescherming Persoonsgegevens (WBP) en de Wet Klachtrecht Cliënten Zorgsector (WKCZ). Deze wetten zijn van belang voor iedereen die met medische zorg te maken krijgt. Zodra u, als patiënt, naar een arts gaat voor onderzoek of behandeling, is er sprake van een geneeskundige behandelingsovereenkomst. De WGBO heeft tot doel uw rechtspositie als patiënt te versterken.

De WGBO schrijft regels voor:

- Recht op informatie
- Toestemming voor een medische behandeling (toestemmingsvereiste)
- Recht op inzage in het patiëntendossier Recht op aanvulling of correctie (van een deel) van uw patiëntendossier
- Recht op vernietiging (van een deel) van uw patiëntendossier
- Recht op privacy
- Recht op vertegenwoordiging (van patiënten die niet zelf kunnen beslissen)
- Recht op klagen

Naast rechten heeft u ook plichten. U moet de hulpverlener duidelijk en volledig informeren, zodat deze een goede diagnose kan stellen en een deskundige behandeling kan geven. U bent zelf verantwoordelijk voor het opvolgen van de adviezen die u van de hulpverleners krijgt. Daarnaast dient u zoveel mogelijk mee te werken aan onderzoek en behandeling door adviezen en voorschriften op te volgen die de hulpverlener u geeft. U dient, voor zover van toepassing, er voor te zorgen dat de hulpverlener tijdig door of namens u betaald wordt voor zijn verrichtingen.

Meer informatie over rechten en plichten vindt u op onze website www.lzr.nl snel naar – patiëntenvoorlichting – rechten en plichten patiënt of vraag naar de folder 'Rechten en plichten'.

Informatie over inzage in uw medisch dossier vindt u eveneens op onze website of vraag naar de folder 'Recht op inzage'.

Privacy

Tijdens de behandeling in ons ziekenhuis worden er administratieve en medische gegevens van u vastgelegd. Het ziekenhuis garandeert uw privacy. Alle gegevens zijn, net als de (elektronische) 24 patiëntendossiers, streng beveiligd en alleen voor bevoegden toegankelijk. Hulpverleners hebben tegenover anderen een geheimhoudingsplicht.

Het is van algemeen belang dat patiëntengegevens ook kunnen worden gebruikt voor wetenschappelijk onderzoek en statistiek. Daarom is ons ziekenhuis aangesloten bij het PALGA (Pathologisch Anatomisch Landelijk Geautomatiseerd Archief). Dit landelijk geautomatiseerd archief ontvangt van het ziekenhuis gegevens die niet tot persoonlijke gegevens herleidbaar zijn.

Het Laurentius ziekenhuis is wettelijk verplicht de kwaliteit van de zorg systematisch te bewaken en te verbeteren. Dat kan alleen wanneer het ziekenhuis daar onderzoek naar doet. Hiervoor mogen gegevens over patiënten worden gebruikt, zoals de reden van opname, gegevens over de behandeling en gegevens over eventueel bij de behandeling opgetreden complicaties (bijvoorbeeld een infectie). Met behulp van deze gegevens wordt onderzocht wat de mogelijke oorzaak van zo'n complicatie is geweest en welke maatregelen kunnen worden getroffen om complicaties in de toekomst zoveel mogelijk te voorkomen. De gegevens kunnen ook geanonimiseerd aan derden, bijvoorbeeld aan de inspectie van de gezondheidszorg, ter beschikking gesteld worden. Hiernaast kan uw adres bijvoorbeeld worden gebruikt om u een enquête te sturen over uw ervaringen in ons ziekenhuis. Soms doen wij dit onderzoek zelf, soms laten wij een externe instantie dit onderzoek verrichten.

Wenst u niet aan dit soort onderzoeken mee te werken, dan kunt u bezwaar maken door het bezwaarformulier 'Gebruik patiëntgegevens voor kwaliteitsbewaking' ingevuld en ondertekend te retourneren aan Stafjuristen Laurentius Ziekenhuis Roermond, Postbus 920, 6040 AX ROERMOND.

Dit formulier kunt u vinden op onze website www.lzr.nl – snel naar – patiëntenvoorlichting – rechten en plichten patiënt – recht op privacy – gebruik van patiëntgegevens voor kwaliteitsbewaking.

U kunt het formulier ook opvragen bij de contactpersoon inzage patiëntendossiers, telefoon (0475) 38 25 07 of via e-mail inzagekopiedossier@lzt.nl

Voor meer informatie of het privacyreglement kunt u bij de afdeling patiëntencommunicatie terecht, telefoon (0475) 38 22 36 of via e-mail pat.com@lzt.nl

Informatie die verstrekt wordt op de website van het Laurentius Ziekenhuis volgens onderstaande URL's:

<http://www.lzr.nl/default.aspx?MenuItemID=a4b10292-053a-45fe-adb9-1c909b37e818>

<http://www.lzr.nl/default.aspx?MenuItemID=a4b10292-053a-45fe-adb9-1c909b37e818>

Recht op privacy

Als patiënt heeft u recht op bescherming van uw persoonlijke gegevens. U moet er vanuit kunnen gaan dat alles wat u met uw hulpverlener bespreekt geheim blijft. Hulpverleners moeten vertrouwelijk met uw gegevens omgaan. Alleen de personen die betrokken zijn bij de behandeling zijn op de hoogte van uw situatie. Informatie mag niet worden doorgegeven aan bijvoorbeeld uw partner, familie of vrienden. Dat mag alleen met uw toestemming.

Uitwisseling van persoonlijke gegevens

Het kan zijn dat medische gegevens over u uitgewisseld worden met andere behandelaars buiten het ziekenhuis. Wanneer de behandelaar u voor dezelfde zorgvraag doorverwijst naar een behandelaar buiten het ziekenhuis mag hij uw toestemming veronderstellen voor het doorsturen van uw medische gegevens, die relevant zijn voor de andere behandelaar. In alle andere gevallen dient u uw behandelaar toestemming te geven voor het uitwisselen van uw gegevens. De behandelaar zal u vragen een toestemmingsverklaring in te vullen. Indien dit niet is gebeurd, kunt u hier het toestemmingsformulier uitprinten. Het formulier dient u in te vullen, te ondertekenen en af te geven bij de betreffende arts van het ziekenhuis.

Voor uitwisseling van uw medische gegevens met de huisarts gelden andere afspraken.

Ook voor uitwisseling van gegevens met de MAASTRO Clinic en IKNL gelden andere afspraken.

Gebruik van patiëntengegevens voor kwaliteitsbewaking

Het Laurentius ziekenhuis is wettelijk verplicht de kwaliteit van de zorg systematisch te bewaken en te verbeteren. Dat kan alleen wanneer het ziekenhuis daar onderzoek naar doet. Hiervoor mogen gegevens over patiënten gebruikt worden.

Lees hier meer over (Deze informatie wordt onderstaand weergegeven onder het blauwe kopje: Gebruik van patiëntengegevens voor kwaliteitsbewaking).

Het recht op privacy houdt nog meer in. Medische handelingen moeten worden uitgevoerd zonder dat anderen dat kunnen zien. U kunt ook vragen om een gesprek met uw behandelend arts in een aparte ruimte te voeren.

In het algemeen geldt dat uw privacy zoveel mogelijk moet worden gerespecteerd.

Gebruik van patiëntengegevens voor kwaliteitsbewaking

Het Laurentius ziekenhuis is wettelijk verplicht de kwaliteit van de zorg systematisch te bewaken en te verbeteren. Dat kan alleen wanneer het ziekenhuis daar onderzoek naar doet. Hiervoor mogen gegevens over patiënten gebruikt worden, zoals de reden van opname, gegevens over de behandeling en gegevens over eventueel bij de behandeling opgetreden complicaties (bijvoorbeeld een infectie). Met behulp van deze gegevens wordt onderzocht wat de mogelijke oorzaak van zo'n complicatie is geweest en welke maatregelen kunnen worden getroffen om complicaties in de toekomst zoveel mogelijk te voorkomen.

De gegevens kunnen ook geanonimiseerd aan derden, bijvoorbeeld aan de inspectie van de gezondheidszorg, ter beschikking gesteld worden. Daarnaast kan uw adres bijvoorbeeld gebruikt worden om u een enquête te sturen over uw ervaringen in ons ziekenhuis. Soms doen wij dit onderzoek zelf, soms laten wij een externe instantie dit onderzoek verrichten.

Bezwaar maken

Wenst u niet aan dit soort onderzoek mee te werken, dan kunt u bezwaar maken door het Bezwaarformulier 'Gebruik patiëntgegevens voor kwaliteitsbewaking' in te vullen, ondertekenen en op te sturen naar het adres op het formulier.

Bezwaar ongedaan maken

Mocht u uw bezwaar weer willen intrekken en toestemming geven om uw patiëntgegevens te gebruiken voor onderzoek in het kader van kwaliteitsbewaking, kunt u het Formulier ongedaan maken bezwaar gebruik patiëntgegevens in het kader van kwaliteitsbewaking invullen, ondertekenen en opsturen naar het adres op het formulier.

Onderzoek naar ervaringen van patiënten door MediQuest

Ter verantwoording naar de Inspectie van Gezondheidszorg (IGZ) en de Stichting Miletus (een samenwerkingsverband van verzekeraars) laat het Laurentius Ziekenhuis Roermond periodiek de kwaliteit van de zorgverlening onderzoeken.

Dit onderzoek wordt niet uitgevoerd door het ziekenhuis zelf of een instantie die aan het ziekenhuis verbonden is, maar door MediQuest. Deze meetorganisatie voldoet aan strenge accreditatievoorwaarden en de Wet bescherming persoonsgegevens (WBP).

U kunt dus een vragenlijst ontvangen over uw ervaringen met bijvoorbeeld artsen of fysiotherapeuten of over de zorg die het ziekenhuis verleent. Er zijn ook vragenlijsten die betrekking hebben op de zorg rond bepaalde aandoeningen (bijvoorbeeld diabetes of reuma). Door uw ervaringen met ons ziekenhuis te verwerken in uw antwoorden wordt het voor andere patiënten mogelijk om prestaties van verschillende zorgaanbieders met elkaar te vergelijken (zie www.kiesbeter.nl).

Bezwaar maken

Mocht u niet aan dit type onderzoeken willen meewerken, dan kunt u bezwaar maken door het bezwaarformulier 'Gebruik patiëntgegevens voor kwaliteitsbewaking' in te vullen, ondertekenen en op te sturen naar het adres op het formulier.

Bezwaar ongedaan maken

Mocht u uw bezwaar weer willen intrekken en toestemming geven om uw patiëntgegevens te verstrekken aan MediQuest in het kader van kwaliteitsbewaking, kunt u het formulier ongedaan maken bezwaar gebruik patiëntgegevens in kader van kwaliteitsbewaking invullen, ondertekenen en opsturen naar het adres op het formulier.

Afdelingsbrief.

Deelname afstudeeronderzoek

Betreft: Afstudeeronderzoek Radiologie

Periode: 16/03/2015 – 2/07/2015

Tot en met de zomervakantie zal er een afstudeeronderzoek lopen vanuit de afdeling radiologie. In het afstudeeronderzoek onderzoeken we de beeldkwaliteit bij een thoraxopname op bed bij verschillende methoden. Het afstudeeronderzoek betreft enkel patiënten waarbij een thoraxopname is aangevraagd. Er zullen geen 'overbodige' thoraxopnames worden gemaakt.

Wij zullen hiervoor enkele gegevens nodig hebben van de patiënt. Graag willen wij de lengte en het gewicht van de desbetreffende patiënten weten, om hiermee de BMI uit te kunnen rekenen. De patiënten zullen worden geanonimiseerd.

De patiënten zullen geen hinder ondervinden van het onderzoek. Het is een thoraxopname die volgens de standaardprocedure wordt gemaakt. Enkel noteren wij extra gegevens.

Wij zullen (indien de patiënt de gegevens zelf niet weet en deze zijn niet bekend) de gegevens aan de verpleging van de afdeling komen vragen.

Alvast bedankt voor uw begrip!

Simone Dohmen en Floortje Delsing,
Studenten afstudeeronderzoek Radiologie

Bijlage VII Aantal thoraxopnames in zittende en liggende houding

Aantal thoraxopnames in zittende en liggende houding.

	Methode A	Methode B	Methode C
Zittend	19	15	14
Liggend	11	15	16