



Paramedische Hogeschool



ziekenhuis
rivierenland

Fontys Paramedische Hogeschool

Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken

Dosisreductie bij röntgenfoto's van de wervelkolom, het
bekken en de buik vanuit een vergelijking tussen
ziekenhuizen.

-Onderzoeksverslag-

Daisy Verbrugge

Studentnummer: 2188099

Begeleider: Rob Vogels

-Tiel, juni 2015-

Uitvoerder: Daisy Verbrugge

Functie: Student Bachelor MBRT

Adres: Leliestraat 3, 4001 DR, Tiel

Telefoonnummer: 06-28789189

E-mailadres: d.verbrugge@student.fontys.nl

Afstudeerbegeleider: Rob Vogels

Functie: Master docent Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven

Adres: Ds. Th. Fliednerstraat 2, 5631 BN, Eindhoven

Telefoonnummer: 06-83980657

E-mailadres: r.vogels@fontys.nl

Opdrachtgever: Leo Romijn

Functie: Klinisch Fysicus

Adres: President Kennedylaan 1, 4002 WP, Tiel

Telefoonnummer: 06-52741057

E-mailadres: romijn@zrt.nl

Voorwoord

In dit verslag beschrijf ik mijn afstudeerproject ter afronding van de opleiding Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) aan de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de afdeling radiologie van het Ziekenhuis Rivierenland te Tiel. Het doel was om te onderzoeken of er optimalisatie mogelijk is van de stralingsprotocollen horende bij de röntgenfoto's van de wervelkolom, het bekken en de buik. In dit onderzoek wordt optimalisatie gezien als dosisverlaging bij gelijkblijvende beeldkwaliteit.

Het uitvoeren van dit project was een schitterende kans om iets bij te dragen aan de afdeling waar ik vier jaar mijn opleiding heb mogen volgen. Het was ontzettend leuk om een onderzoek te doen welke goed toepasbaar is op de afdeling. De afdeling is heel enthousiast over de onderzoeksresultaten waardoor het aannemelijk is dat mijn resultaten toegepast worden in de praktijk.

Het was erg leerzaam om in contact te komen met verschillende ziekenhuizen en om te zien hoeveel verschil er zit in de stralingsprotocollen en de dosis die gegeven wordt aan patiënten. Door de inbreng van andere ziekenhuizen heb ik stralingsprotocollen prospectief onderzocht waar ik normaal zelf niet aan gedacht had. Het grote aantal reacties van andere ziekenhuizen was verassend en ik wil dan ook alle ziekenhuizen ontzettend bedanken voor hun bijdrage en het enthousiasme dat ze getoond hebben.

Ik wil ook alle collega's op de afdeling radiologie van Ziekenhuis Rivierenland Tiel van harte bedanken. Iedereen heeft zich heel enthousiast ingezet om data te verzamelen voor mijn project. Mijn dank gaat uit naar de medewerkers van de administratie en de laboranten. Dit project is mede mogelijk gemaakt door hun enthousiasme. Daarnaast mijn speciale dank voor de radiologen die mij geholpen hebben met het beoordelen van alle opnames op beeldkwaliteit; Drs. Hoenderop en Drs. Tonino. Speciale dank ook aan Diana Kuijlenburg, mijn praktijkbegeleider, die me na vier jaar uitstekende begeleiding ook tijdens het afstudeerproject onmisbare feedback en steun heeft gegeven. Mijn dank aan het hoofd van de afdeling, Ed Drooggelman, voor het toestemmen in de uitvoer van mijn project op zijn afdeling, zijn snelle reacties en zijn feedback. Mijn dank gaat ook uit naar de klinisch fysicus en mijn opdrachtgever, Leo Romijn, voor zijn feedback, betrokkenheid en enthousiasme voor mijn project. Natuurlijk ook mijn dank aan Rob Vogels, mijn begeleider op school, voor zijn geduld, toewijding, vakinhoudelijke kennis en feedback. Bedankt dat je vanaf dag één in dit project en in mij geloofd hebt en dat vertrouwen op mij hebt overgebracht op de momenten dat ik dit nodig had.

Het was een fantastische ervaring om dit project te mogen uitvoeren en ik heb er heel veel ervaring, vakkennis en zelfkennis in opgedaan.

Daisy Verbrugge, juni 2015, Tiel

Samenvatting

Inleiding

Het gevaar van het digitale röntgensysteem is de mogelijkheid om röntgenfoto's met een hogere stralingsdosis te maken dan voor een voldoende beeldkwaliteit nodig is. Stralingsdosis dient zo laag mogelijk te zijn vanwege stochastische gezondheidseffecten. Optimalisatie van stralingsprotocollen voorkomt dat patiënten een onnodig hoge stralingsdosis krijgen. Het doel van deze studie is om te onderzoeken of er optimalisatie mogelijk is in de röntgenfoto's van de wervelkolom, het bekken en de buik door het aanpassen van de stralingsparameters.

Methode

Via radiologieafdelingen met het Buckstysteem Ysio zijn EXI-lijsten verzameld. In de EXI-lijsten is de laagste mediaan Dose Area Product (DAP)-waarde bepaald per onderzocht stralingsprotocol. Het bij de laagste mediaan DAP-waarde horende stralingsprotocol is prospectief onderzocht in vergelijking met de huidige stralingsprotocollen. Patiënten in de leeftijd van 25 jaar tot en met 65 jaar en met een Body Mass Index (BMI) van $18,5 \text{ kg/m}^2$ – 30 kg/m^2 zijn geïnccludeerd. Van ieder stralingsprotocol is de mediaan DAP-waarde bepaald. De beeldkwaliteit is subjectief beoordeeld door twee radiologen aan de hand van een driepuntsschaal.

Resultaten

De DAP-waarde van het testprotocol van het buikoverzicht is vergelijkbaar met de controlegroep, maar bij een hogere BMI. De DAP-waarden van de overige testprotocollen zijn lager dan van de controlegroep bij een zelfde of hogere BMI. Bij alle stralingsprotocollen is de beeldkwaliteit beoordeeld als voldoende tot goed. Er is 27-60% dosisreductie behaald.

Conclusie

Het is mogelijk om, met behulp van een vergelijking tussen stralingsprotocollen, de DAP-waarden en daarmee de stralingsdosis van de onderzochte stralingsprotocollen te verlagen bij gelijkblijvende beeldkwaliteit.

Summary

Introduction

The danger of the digital X-ray system is the possibility to produce X-ray images with a higher radiation dose than necessary for a proper image quality. The radiation dose has to be as low as possible because of the stochastic health effects. Optimization of radiation protocols prevents exposure to an unnecessarily high radiation dose. The aim of this study is to investigate whether optimization in the X-ray images of the spinal column, the pelvis and the abdomen is possible by changing the radiation parameters.

Methods

EXI-lists were collected through radiology departments with the Buckysystem Ysio. The lowest median Dose Area Product (DAP)-value for each radiation protocol was defined in the EXI-list. The radiation protocol adjoined to the lowest median DAP-value was prospectively researched in comparison to the current radiation protocols. Patients in the age group 25 to 65 years old and with a BMI between 18.5 kg/m² and 30 kg/m² were included. Of each radiation protocol the median of the DAP-value was determined. The image quality was evaluated by two radiologists on a three-point-scale.

Results

The DAP-value of the test protocol of the abdomen is equal to the DAP-value of the reference group, however, with an higher BMI. The DAP-values of the other test protocols are lower than those of the reference group at an equal or higher BMI. The image quality of all radiation protocols was sufficient to good. A dose reduction of 27-60% was achieved.

Conclusion

It is possible to lower the DAP-values, and therefore the radiation dose, of the researched radiation protocols without lowering the image quality with the use of a comparison between radiation protocols.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
Summary	5
1. Inleiding.....	7
2. Methode	9
2.1 Vooronderzoek	9
2.1.1 Participanten	9
2.1.2 Uitkomstmaten	9
2.1.3 Dataverzameling en analyse	10
2.2 Hoofdonderzoek	11
2.2.1 Participanten	11
2.2.2 Meetinstrumenten	11
2.2.3 Dataverzameling	12
2.2.4 Data- en statistische analyse	12
2.2.5 Ethische verantwoording	12
3. Resultaten.....	13
3.1 Vooronderzoek	13
3.2 Hoofdonderzoek	15
4. Discussie en conclusie	16
5. Literatuurlijst.....	19
6. Bijlages	I
Bijlage 1: Aangeschreven ziekenhuizen	I
Bijlage 2: Situatieschets parameters Ysio	II
Bijlage 3: Brief ziekenhuisparticipatie	III
Bijlage 4: 3-puntsschaal ter beoordeling beeldkwaliteit en criteria.....	VI
Bijlage 5: Instructiebrief voor de laboranten	VII
Bijlage 6: Formulier Patiënten participatie	IX
Bijlage 7: Positief advies TAC en raad van bestuur	X
Bijlage 8: Protocollen vergeleken in het vooronderzoek per protocolnaam	XI
Bijlage 9: Beoordeling beeldkwaliteit radiologen	XIX

1. Inleiding

Jaarlijks worden er in Nederland 9,8 miljoen röntgenfoto's gemaakt (1, 2). De overstap van analoge naar digitale röntgenfoto's was een ontwikkeling in de conventionele radiologie waardoor het mogelijk werd om een hogere beeldkwaliteit te krijgen bij een lagere patiëntendosis (3). Uit een onderzoek van het Rijkinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) blijkt echter dat de voordelen van digitale röntgenfoto's kunnen resulteren in onzorgvuldig gebruik van de röntgenapparaten door Medisch Beeldvormings- en Bestralingsdeskundigen (MBB'ers) (4). Uit dit onderzoek komt naar voren dat de stralingsdosis voor de patiënten door onzorgvuldig gebruik zou kunnen stijgen in plaats van dalen (4). Volgens het beroepsprofiel maakt de MBB'er röntgenfoto's aan de hand van een stralingsprotocol en alleen indien nodig wordt hiervan afgeweken (5). Het stralingsprotocol waarin een vast parameterpakket staat, is voor het grootste deel bepalend voor de gemiddelde toegediende dosis van elke röntgenfoto.

Het digitale systeem corrigeert de beeldkwaliteit, waardoor onder- of overbelichting veel minder snel te zien is in de opname (3). Doordat onder- en overbelichting minder zichtbaar is in de röntgenfoto kan dose creep ontstaan (6, 7). Dose creep houdt in dat de dosis langzaam hoger wordt bij gelijkblijvende beeldkwaliteit (8). Röntgenstraling kan wijzigingen en breuken in het DNA van een cel veroorzaken (9). De resultaten van deze wijzigingen zijn afhankelijk van de hoeveelheid schade, het soort schade en het type cel (9). Echter de hoeveelheid schade aangebracht door röntgenstraling met een lage dosis is niet duidelijk, waardoor de gezondheidsgevolgen op lange termijn ook niet duidelijk zijn (10-12). Deze schade is een stochastisch effect, gebaseerd op een kans die toeneemt bij hogere dosissen (9).

Het RIVM geeft het advies stralingsparameters te optimaliseren om dosisverhoging te voorkomen (4). In de beroepscode van de MBB'er, opgesteld door de Nederlandse Vereniging Medische Beeldvorming en Radiotherapie (NVMBR), wordt gewezen op het optimaliseringsprincipe (13). Optimalisatie is nodig om de dosis voor elk onderzoek zo laag mogelijk te houden bij voldoende beeldkwaliteit (4). Voldoende beeldkwaliteit houdt in dat de röntgenfoto te beoordelen is op pathologie. Bij optimalisatieonderzoeken wordt onderzocht of met het gehanteerde stralingsprotocol een zo laag mogelijke dosis wordt gegeven bij een beeldkwaliteit die voldoende is voor diagnostiek (14). Volgens het optimaliseringsprincipe in de beroepscode is optimalisatie de verantwoordelijkheid van de MBB'er (13). Door het niet handhaven van het optimaliseringsprincipe bestaat de kans dat patiënten een hogere stralingsdosis ontvangen dan nodig is.

De röntgenfoto's van de wervelkolom, het bekken en het buikoverzicht (BOZ) vormen samen één derde van het totaal aantal gemaakte röntgenfoto's in 2010 in Nederland (1). Een aantal weefsels die in deze anatomische gebieden liggen zijn gevoeliger voor röntgenstraling dan andere weefsels, zoals de lever, de darmen, het ruggenmerg en de gonaden (15). Er kunnen defecten in deze weefsels ontstaan die zelfs tot de dood kunnen leiden (15, 16). Optimalisatie van deze röntgenfoto's is daardoor extra belangrijk. Dosisreductie kan bereikt worden door het aanpassen van de stralingsparameters. De stralingsdosis van een

conventionele röntgenfoto wordt onder andere bepaald door buisspanning, buisstroom, belichtingstijd, Source Interaction Distance (SID), de aanwezigheid van een filter en de diafragmaagrootte (3). De SID is de afstand van de stralingsbron tot de detector. Hierbij geldt, volgens de omgekeerde kwadratenwet, dat bij een dubbele afstand het dosistempo met twee in het kwadraat, dus een factor vier, afneemt (17). In een eerdere studie is aangetoond dat de toevoeging van een filter van 0,1 mm koper (Cu) en 1,0 mm aluminium bij een thoraxopname een intreedosisbesparing van 35 % kan opleveren (6). Daarnaast is het mogelijk om de Automatic Exposure Control (AEC) te activeren. Het doel van de AEC is om onafhankelijk van de omstandigheden dezelfde detectordosis te krijgen bij een ingestelde buisspanning (3). Bij gebruik van de AEC is het belangrijk om de juiste meetvelden te selecteren. Als de verkeerde meetvelden geselecteerd zijn heeft dit een slechte beeldkwaliteit tot gevolg, omdat de röntgenbuis te snel afslaat. De gewenste detectordosis is in te stellen met de parameter genaamd Dose. Er wordt veel onderzoek gedaan naar optimalisatie van stralingsprotocollen (18-20). Echter er is nog geen duidelijkheid in hoeverre de stralingsdosis van een röntgenfoto verlaagd kan worden tot er verlies van beeldkwaliteit optreedt. In de praktijk leidt dit tot de vraag of de huidige stralingsprotocollen geoptimaliseerd kunnen worden. Aangezien er op dit moment hierover onduidelijkheid is, wordt er in deze studie onderzocht of er optimalisatie mogelijk is in de stralingsprotocollen van de wervelkolom, het bekken en het BOZ. Met optimalisatie wordt in dit onderzoek een lagere dosis met behoud van beeldkwaliteit bedoeld.

Het doel van deze studie is te onderzoeken in hoeverre er dosisreductie mogelijk is met behoud of verbetering van de beeldkwaliteit bij röntgenfoto's van de wervelkolom, het bekken en de buik door middel van het aanpassen van de stralingsparameters.

2. Methode

In deze kwantitatieve studie is onderzocht in hoeverre dosisreductie mogelijk is met behoud of verbetering van de beeldkwaliteit door het aanpassen van de belichtingsparameters. Het onderzoek bestaat uit een retrospectief vooronderzoek en een prospectief hoofdonderzoek. De studie is uitgevoerd in Ziekenhuis Rivierenland te Tiel.

2.1 Vooronderzoek

2.1.1 Participanten

Vanaf februari 2015 tot en met maart 2015 zijn 38 radiologieafdelingen in Nederland met eenzelfde buckysysteem aangeschreven, te weten het Ysio-systeem van Siemens Medical systems (bijlage 1). De Ysio-systemen die na 31-12-2013 geplaatst zijn, werden geëxcludeerd, omdat van deze Ysio's mogelijk te weinig data te verkrijgen is. De Ysio-systemen die geplaatst zijn op de Spoedeisende Hulp (SEH) zijn geëxcludeerd. Dit is gedaan omdat dit onderzoek gericht is op stralingsprotocollen die bedoeld zijn voor de standaard patiënt. Op de SEH worden stralingsprotocollen regelmatig aangepast op basis van de situatie van de patiënt, waardoor deze data niet in het onderzoek passen.

2.1.2 Uitkomstmaten

De parameters die in deze studie onderzocht worden zijn de buisspanning, het gebruik van een Cu filter, de SID, de diafragma grootte, de AEC, de MField, de dose, de exposiewaarde en de aanwezigheid van een strooistralenrooster (bijlage 2). De buisspanning wordt in het onderzoek uitgedrukt in kiloVolt (kV) en de exposiewaarde wordt uitgedrukt in milliAmpère maal seconde (mAs). De AEC bepaalt de signaal-ruisverhouding (SNR) en daarmee de beeldkwaliteit van de röntgenfoto. Een hogere buisspanning resulteert in een betere SNR, maar ook in een hogere patiëntendosis (3). De instelling van de buisspanning is voor de meeste stralingsprotocollen, die gemaakt zijn met een geactiveerde AEC, bepalend voor de Dose Area Product (DAP). Een verschil in dikte, van de patiënt, van 3 cm heeft een verdubbeling of halvering van de buisstroom bij gelijkblijvende SNR tot gevolg (21). Bij het buckysysteem Ysio wordt er boven de 70 kV standaard een aluminium filter van 1 mm gebruikt. Daarnaast kan er gekozen worden voor een 0,1 mm, 0,2 mm of 0,3 mm Cu filter. De SID is de afstand van de bron tot de detector. Het diafragma grootte kan alleen betrouwbaar bepaald worden bij een bekende SID. De diafragma grootte is de grootte van het belichte veld op de detector. Met de MField parameter worden de geactiveerde meetvelden geselecteerd. Er zijn zeven mogelijkheden bij het selecteren van geactiveerde meetvelden. Deze mogelijkheden staan uitgeschreven in bijlage 2. De detector is in staat om aan de hand van de intensiteit van de stralenbundel te bepalen welke stralendosis de detector bereikt heeft. De dose is een instelling

waarmee bepaald wordt bij welke stralendosis op de detector de gewenste intensiteit bereikt is. Bij het bereiken van deze stralendosis slaat de röntgenbuis af.

In dit onderzoek de DAP-waarde van de verschillende stralingsprotocollen per protocolnaam onderzocht. De DAP-waarde is niet hetzelfde als de patiëntendosis, maar wordt in dit onderzoek wel gebruikt als dosiswaarde (22, 23). Het kost veel extra tijd om de patiëntendosis te meten en uit eerder onderzoek blijkt de DAP-waarde voldoende informatief (22). De eenheid van de DAP-waarde is micro Gray (μGy) maal vierkante meter (m^2) en daarmee corrigeert de DAP-waarde voor de grootte van het diafragma. De DAP-waarde onafhankelijk van de afstand tot de DAP-meter. De grootte van het veld neemt toe bij meer afstand, maar de dosis neemt af, waardoor de DAP-waarde op elke afstand van de buis gelijk is (24). Een afbeelding hiervan is ingevoegd in figuur 3 in bijlage 2. Vanwege een niet normale verdeling van de data is bij de DAP-waarde de mediaan en de interkwartielrange (IQR) bepaald.

2.1.3 Dataverzameling en analyse

Siemens Medical Systems heeft een lijst aan ons verstrekt met de ziekenhuizen die in het bezit zijn van een Ysio. Aan de hand van deze lijst is er een brief gestuurd aan de praktijkbegeleiders of radiologen van de radiologieafdelingen met een Ysio Buckysysteem van Siemens Medical Systems (bijlage 3). In de brief werd gevraagd om de EXI-lijsten van 2014 met daarin de parameters en de bijbehorende DAP-waarde van de gemaakte röntgenfoto's van dat jaar. Daarnaast zijn er een aantal technische vragen gesteld in de brief met als doel een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag. Deze vragen zijn terug te vinden in bijlage 3. De onafhankelijke variabelen in deze studie zijn de buisspanning, het Cu filter, de SID, het diafragmaagrootte, de MField, de dose, het strooistralenrooster en de mAs. De afhankelijke variabelen zijn de DAP-waarde en de beeldkwaliteit. Alle variabelen, behalve de beeldkwaliteit, zijn bepaald uit de EXI-lijst. Röntgenfoto's waarbij de parameters handmatig zijn aangepast zijn uit de data weggelaten. Handmatig aangepaste röntgenfoto's zijn in de EXI-lijst te herkennen aan een '*' voor de protocolnaam. De buisspanning, Cu filter, SID, MField en dose zijn per stralingsprotocol genoteerd. In de EXI-lijst is bepaald welke diafragmaagrootte het meest voorkomend is. Van de exposiewaarde is per protocol het gemiddelde en de standaard deviatie (SD) bepaald. Van de DAP-waarden is per protocol de mediaan en de IQR bepaald.

De verkregen data van de ziekenhuizen zijn in het vooronderzoek onderling vergeleken. De stralingsprotocollen die gemaakt worden met een AEC in het anatomische gebied van de wervelkolom, het bekken en de buik die in naam overeen komen zijn onderzocht. Er is per stralingsprotocol met vergelijkbare benaming onderzocht welke de laagste mediaan DAP-waarde heeft en vervolgens is er gekeken naar welke parameters bij de laagste mediaan DAP-waarde horen. Indien er geen onduidelijkheden waren in de parameters, is het stralingsprotocol met de laagste mediaan DAP-waarde prospectief getest. De stralingsprotocollen van Ziekenhuis Rivierenland Tiel zijn prospectief getest en vormen de controlegroep. De resultaten worden getoond in een tabel. Iedere kolom toont de data horende bij één protocolnaam. In

de rijen staan de verschillende stralingsprotocollen van de protocolnamen. Van ieder stralingsprotocol is de DAP-waarde en de IQR bepaald en vermeld in deze tabel.

2.2 Hoofdonderzoek

De in het vooronderzoek gevonden stralingsprotocollen met de laagste DAP-waardes zijn prospectief onderzocht in het hoofdonderzoek. Deze zijn vergeleken met de huidige protocollen.

2.2.1 Participanten

Voor het hoofdonderzoek zijn patiënten geïnccludeerd met een aanvraag voor een röntgenfoto van de cervicale wervelkolom (CWK), thoracale wervelkolom (TWK), lumbale wervelkolom (LWK), bekken of buikoverzicht (BOZ). Patiënten met een Body Mass Index (BMI) van 18.5 kg/m^2 – 30 kg/m^2 zijn geïnccludeerd. Dit zijn de categorieën gemiddeld en hoog. Deze categorieën werden als één groep onderzocht. In dit onderzoek is de categorie hoog meegenomen, omdat in 2012 49% van de Nederlanders boven de negentien jaar een BMI hoger dan 25 kg/m^2 had (25). Patiënten in de leeftijd van 25 tot en met 65 jaar zijn geïnccludeerd. Er is botgroei in het kraakbeen van onder andere het bekken tot ongeveer het 25^{ste} levensjaar (26, 27). In 2007 is de incidentie van osteoporose bij mannen en vrouwen van 65 jaar en ouder meer dan 16.000 (28, 29). Het inclusie criterium 25 tot en met 65 jaar is aangehouden om de kans te verkleinen dat er onvolgroeid botweefsel of osteoporose wordt meegenomen in dit onderzoek. Onvolgroeid botweefsel en osteoporose kunnen door hun effect op de dichtheid van het bot de beoordeling van de beeldkwaliteit beïnvloeden. Osteoporose is in dit onderzoek geëxcludeerd, omdat deze van invloed is op de afgrensbaarheid en de dichtheid van bot op de röntgenfoto. Overige pathologie is geïnccludeerd, omdat een röntgenfoto in de praktijk te beoordelen moet zijn op pathologie.

2.2.2 Meetinstrumenten

De Ysio van Siemens Medical Systems, Erlangen, Duitsland, is gebruikt voor de dataverzameling van het hoofdonderzoek. Er zijn twee Ysio's gebruikt met dezelfde opstelling en dezelfde postprocessingparameters. De DAP-waarde is gemeten bij het verlaten van de röntgenbuis door middel van een DAP-meter. De beeldkwaliteit is bepaald door twee radiologen die de röntgenfoto's in dit onderzoek beoordeeld hebben. Beoordelaar 1 en beoordelaar 2 hebben respectievelijk 7 en 25 jaar ervaring als radioloog. Beide radiologen hebben als specialisme skeletradiologie. De radiologen konden de opnames terugvinden in het Picture Archiving and Communication System (PACS). Per hieronder genoemd onderdeel is de opname beoordeeld aan de hand van een driepuntsschaal (bijlage 4) met een cijfer één tot en met drie. Waarbij één staat voor voldoende tot goede beeldkwaliteit en drie voor onvoldoende beeldkwaliteit. De volgende onderdelen zijn per röntgenfoto beoordeeld: Contrastresolutie, SNR, scherpte, detailwaarneembaarheid en beoordeelbaarheid op pathologie.

2.2.3 Dataverzameling

De röntgenfoto's zijn gemaakt door meerdere MBB'ers die instructies hebben gekregen over de te gebruiken parameters (bijlage 5). Daarnaast zijn er lijsten, met daarop de huidige stralingsprotocollen en de testprotocollen, geplaatst op de werkplek van de Ysio-systemen. De testprotocollen zijn als preset in de Ysio's ingevoerd met een "p" achter de protocolnaam. De participerende patiënten vulden voor aanvang van het onderzoek een formulier in met daarop hun geboortedatum, de datum waarop de röntgenfoto's gemaakt werden, hun gewicht en hun lengte (bijlage 6). De lengte en het gewicht van de patiënt zijn gebruikt om de BMI van de patiënt te bepalen. De geboortedatum, achternaam en de datum van het röntgenonderzoek zijn gebruikt om de BMI van de patiënt aan de juiste röntgenfoto te koppelen. Deze gegevens zijn aangevuld met de DAP-waarde per opname en de beeldkwaliteit welke beoordeeld is door de radiologen.

2.2.4 Data- en statistische analyse

Het aantal röntgenfoto's onderzocht in het hoofdonderzoek is afhankelijk van het patiënten aanbod. Bij elk stralingsprotocol is de mediaan DAP-waarde onderzocht over het aantal gemaakte röntgenfoto's van de testprotocollen in vergelijking met de mediaan DAP-waarde van de controlegroep die gevormd is uit de stralingsprotocollen van Ziekenhuis Rivierenland te Tiel. Daarnaast is de bijbehorende beeldkwaliteit onderzocht. De beeldkwaliteit van de röntgenfoto's die gemaakt zijn met de testprotocollen zijn vergeleken met de beeldkwaliteit van de röntgenfoto's uit de controlegroep.

Uit zes cijfers, die door de radiologen bepaald werden voor de zes aspecten van de onderzochte röntgenfoto's, is een gemiddeld cijfer berekend. Dit gemiddelde vormt het eindcijfer waarmee de beeldkwaliteit van een specifiek stralingsprotocol beoordeeld is. De resultaten worden getoond in een tabel waarin de mediaan DAP-waardes en de beoordeling van de beeldkwaliteit staat. Hierdoor kan bepaald worden of het nieuwe stralingsprotocol een lagere mediaan DAP-waarde heeft bij een gelijke of hogere beeldkwaliteit in vergelijking tot de controlegroep.

2.2.5 Ethische verantwoording

De parameterdata die ontvangen zijn uit de ziekenhuizen en de verzamelde patiëntengegevens zijn anoniem verwerkt. De patiënten die deelnamen aan het onderzoek zijn per brief over het onderzoek geïnformeerd en gaven met hun handtekening aan dat zij instemden met deelname (bijlage 6). De methode is met goedkeuring van de radiologen en de klinisch fysicus van Ziekenhuis Rivierenland Tiel verzonden aan de Trial Advies Commissie (TAC) in Ziekenhuis Rivierenland Tiel. Dit onderzoek is geen Wet Medisch-wetenschappelijk Onderzoek-plichtig (WMO-plichtig) onderzoek, omdat het een lokaal kwaliteitsonderzoek betreft (30). De resultaten van het onderzoek worden in eerste instantie alleen lokaal gebruikt. De TAC heeft goedkeuring gegeven voor uitvoering van het onderzoek binnen het ziekenhuis (bijlage 7).

3. Resultaten

3.1 Vooronderzoek

Uit de 38 aangeschreven radiologieafdelingen zijn zestien verschillende bekkenprotocollen gekomen en vijftien verschillende protocollen ieder van de LWK, TWK, CWK en BOZ. Niet alle ziekenhuizen reageerden en een aantal stralingsprotocollen vielen af door onduidelijke benaming of onduidelijke instelparameters. Van de LWK, de TWK en de CWK zijn ieder twee richtingen onderzocht. Tabel 1 toont een overzicht van de DAP-waardes horende bij de onderzochte stralingsprotocollen. De protocolnummers van de verschillende protocolnamen bevatten voor elk protocolnaam een ander stralingsprotocol. In bijlage 8 staan de stralingsprotocollen horende bij de DAP-waardes in tabel 1. Het aantal röntgenfoto's dat per stralingsprotocol heeft bijgedragen aan de mediaan DAP-waarde staat tevens vermeld in bijlage 8.

Tabel 1: Mediaan DAP-waarde met tussen haakjes de IQR. In de rijen staan de verschillende protocollen vergeleken in het vooronderzoek onder de protocolnaam vernoemd in de kolommen.

Protocolnaam→ stralingsprotocol↓	Bekken mediaan (IQR)	Boz mediaan (IQR)	LWK PA mediaan (IQR)	LWK lateraal mediaan (IQR)	TWK AP mediaan (IQR)	TWK lateraal mediaan (IQR)	CWK AP mediaan (IQR)	CWK lateraal mediaan (IQR)
1	76 (63)	79 (78)	91 (89)	94 (76)	28 (34)	28 (25)	6 (4)	5 (4)
2	90 (66)	50 (59)	48 (42)	54 (35)	13 (19)	19 (21)	4 (3)	3 (2)
3	72 (54)	121 (113)	148 (116)	155 (142)	31 (41)	37 (45)	10 (8)	8 (6)
4	69 (71)	69 (62)	44 (39)	76 (69)	11 (9)	15 (16)	4 (3)	3 (2)
5	54 (37)	56 (58)	58 (71)	96 (88)	54 (82)	43 (57)	8 (5)	4 (3)
6	43 (36)	58 (54)	126 (94)	212 (115)	46 (39)	59 (55)	8 (6)	6 (4)
7	124 (62)	106 (105)	47 (36)	91 (64)	42 (38)	32 (33)	5 (3)	4 (3)
8	124 (102)	112 (90)	77 (85)	110 (112)	14 (17)	26 (28)	5 (3)	4 (2)
9	55 (39)	86 (82)	47 (37)	60 (37)	22 (21)	15 (15)	5 (3)	5 (3)
10	25 (24)	83 (73)	75 (72)	83 (72)	17 (15)	36 (57)	5 (4)	3 (2)
11	56 (45)	76 (73)	51 (53)	58 (62)	19 (29)	22 (23)	5 (4)	3 (2)
12	33 (21)	50 (59)	48 (43)	55 (34)	14 (18)	18 (21)	4 (3)	3 (2)
13	91 (65)	90 (103)	85 (95)	125 (102)	16 (11)	20 (21)	8 (6)	7 (4)
14	39 (37)	60 (68)	42 (43)	78 (77)	24 (24)	23 (33)	3 (2)	3 (2)
15	43 (33)	101 (90)	89 (79)	135 (112)	27 (29)	41 (44)	8 (6)	5 (3)
16	76 (53)							

DAP-waardes in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$, PA=posterior anterior stralenrichting, AP= anterior posterior stralenrichting, DAP (IQR) zijn de laagste waardes per protocolnaam

Uit tabel 1 is per protocolnaam bepaald welk stralingsprotocol de laagste mediaan DAP-waarde heeft. Er is onderzocht of de parameters horende bij deze DAP-waarde te verklaren zijn vanuit de literatuur. Dit was in alle stralingsprotocollen het geval. In tabel 2 staan de stralingsprotocollen horende bij de laagste DAP-

waarde voor iedere protocolnaam. Deze protocollen zijn in het hoofdonderzoek prospectief onderzocht en vergeleken met de controlegroep. Besloten is om het kV van de LWK PA en de TWK lateraal niet verder te verhogen dan 90 kV. Dit met het oog op eventueel verlies van beeldkwaliteit (31).

Er is in alle onderzochte protocollen een strooistralenrooster gebruikt en de AEC was in alle stralingsprotocollen actief. Deze parameters zullen verder niet meer besproken worden.

Tabel 2: Protocollen met laagste mediaan DAP-waarde.

<i>Protocol</i>	<i>Aantal opnames</i>	<i>Buisspanning (kV)</i>	<i>Source Interaction distance (cm)</i>	<i>Filter (mm Cu)</i>	<i>Collimatie (mmxmm)</i>	<i>Dose (μGy)</i>	<i>Mfield</i>	<i>DAP</i>	<i>Mediaan (IQR)</i>
<i>Bekken</i>	104	80	113	0.1	430x340	1.79	5	25 (24)	
<i>Boz</i>	478	80	115	0.1	340x430	2.5	7	50 (59)	
<i>LWK PA</i>	295	90	129	0.1	200x400	2.5	2	42 (43)	
<i>LWK lat</i>	308	89	150	0,2	180x425	2,5	2	54 (35)	
<i>TWK AP</i>	187	80	150	0.2	200x400	2.5	2	11 (9)	
<i>TWK lat</i>	104	90	150	0.1	200x420	2.5	2	15 (15)	
<i>CWK AP</i>	104	72	130	0.1	160x240	2.5	2	3 (2)	
<i>CWK lat</i>	102	72	128	0.1	160x240	2.5	2	3 (2)	

DAP-waardes in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$

3.2 Hoofdonderzoek

In het hoofdonderzoek zijn de stralingsprotocollen die de controlegroep vormen en de stralingsprotocollen met de laagste DAP-waarde in het vooronderzoek (tabel 2) onderzocht op DAP-waarde en beeldkwaliteit. In tabel 3 is de mediaan DAP-waarde van beide groepen per protocolnaam te zien. Er zijn in de controlegroep variërend per protocol 12 tot 34 röntgenfoto's gemaakt met een totaal van 160 röntgenfoto's. Er zijn van de testprotocollen variërend per protocol 6 tot 19 röntgenfoto's gemaakt met een totaal van 84 röntgenfoto's.

Tabel 3: Mediaan DAP-waarde en IQR en mediaan beeldkwaliteitsbeoordeling en IQR controlegroep en testprotocollen.

Protocollen	Controlegroep				Testprotocollen				Stralingsdosis besparing
	Aantal opnames	DAP Mediaan (IQR)	BMI Mediaan (IQR)		Aantal opnames	DAP Mediaan (IQR)	BMI Mediaan (IQR)		
Bekken	24	76,46 (34,70)	25,6 (4,6)		11	41,72 (9,44)	28,7 (4,6)		45
Boz	16	80,85 (49,39)	25,0 (3,3)		8	80,38 (60,71)	27,2 (2,4)		1
LWK PA	34	79,31 (61,34)	25,6 (4,4)		19	40,71 (19,51)	25,9 (3,4)		49
LWK lateraal	34	148,51 (7,08)	25,6 (4,4)		18	102,34 (47,38)	25,9 (3,7)		31
TWK AP	14	21,67 (12,80)	25,5 (3,9)		6	8,72 (3,91)	25,8 (1,4)		60
TWK Lateraal	14	31,25 (13,58)	25,5 (3,9)		6	16,78 (11,40)	25,8 (1,4)		46
CWK AP	12	6,43 (1,70)	24,8 (4,6)		8	3,47 (0,63)	25,8 (4)		46
CWK Lateraal	12	4,49 (2,17)	24,8 (4,6)		8	3,29 (0,82)	25,8 (4)		27

DAP-waardes in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$, BMI in kg/m^2 , stralingsdosisbesparing in %

De gemiddelde BMI van de testprotocollen is bij iedere protocolnaam hoger dan bij de controlegroep. De DAP-waarde is in alle gevallen lager dan bij de controlegroep. Het verschil in DAP-waarde bij het BOZ tussen de controlegroep en de testprotocollen is heel klein, echter de BMI van de testprotocollen ligt hoger. Er is met de testprotocollen een dosisreductie van 27-60% behaald ten opzichte van de huidige stralingsprotocollen. Alle opnames zijn door beide beoordelaars beoordeeld met een mediaan beeldkwaliteit één en een IQR nul. Dit houdt in dat de beeldkwaliteit van de testprotocollen niet veranderd is ten opzichte van de beeldkwaliteit van de huidige stralingsprotocollen. De beeldkwaliteit cijfers per opname zijn te vinden in bijlage 9.

4. Discussie en conclusie

In deze studie wordt een antwoord gezocht op de vraag in hoeverre er dosisreductie mogelijk is met behoud of verbetering van beeldkwaliteit bij röntgenfoto's van de wervelkolom, het bekken en de buik door middel van het aanpassen van de stralingsparameters. De resultaten van het vooronderzoek zijn gebruikt om het hoofdonderzoek uit te kunnen voeren. De stralingsprotocollen met de laagste mediaan DAP-waarde zijn prospectief onderzocht en vergeleken met de controlegroep. De mediaan DAP-waardes van de controlegroep zijn bij alle protocolnamen hoger dan die van de testprotocollen. Dit houdt in dat er met de testprotocollen een dosisreductie van 27% tot 60% behaald kan worden. Bij het BOZ is de mediaan DAP-waarde van het testprotocol bijna gelijk aan die van het huidige protocol, maar bij een hogere mediaan BMI. De BMI van een patiënt is in hoge mate van invloed op de DAP-waarde bij gebruik van een AEC (32, 33). Dit houdt in dat bij gelijke BMI de DAP-waarde van de testprotocollen waarschijnlijk lager zou zijn geweest. De mediaan beeldkwaliteit is bij alle protocollen één, welke staat voor voldoende tot goed. Een verlaging van de dosis is dus mogelijk bij gelijkblijvende beeldkwaliteit. Het is wenselijk om de testprotocollen te gaan doorvoeren in de praktijk. Hiermee wordt de patiëntendosis verlaagd, wat de kans op stochastische effecten verlaagd (9).

De 60% dosisbesparing in DAP-waarde zonder verlies van beeldkwaliteit bij de TWK AP bevestigt en versterkt wat al bekend was over het digitale systeem, namelijk dat verslechtering van de beeldkwaliteit wordt gecompenseerd door het digitale systeem. De grote verschillen in DAP-waardes in het vooronderzoek bewijzen niet het bestaan van dose creep, omdat er alleen data onderzocht is uit het jaar 2014 waarbij één protocol gehanteerd werd per Ysio. Hierdoor is in dit onderzoek geen dosisverloop in tijd aangetoond. De grote verschillen in DAP-waardes in het vooronderzoek en de resultaten van het hoofdonderzoek bevestigen wel dat het nodig is om de protocollen te blijven optimaliseren (4). Tabel 1 toont tot een factor vijf verschil in DAP-waardes van de bekkenprotocollen. Deze verschillen ontstaan mede door verschillen in de stralingsparameters. Hierin is echter geen rekening gehouden met BMI-waardes. De verschillen kunnen hierdoor ook te maken hebben met plaatselijke verschillen in mediaan BMI (32, 33). Een stralingsprotocol dat toegepast wordt op een populatie met een relatief hoge BMI kan hierdoor betere stralingsparameters hebben, maar toch resulteren in een hogere mediaan DAP-waarde. In het vooronderzoek wordt een verlaging in DAP-waarde vaak gekenmerkt door een hogere kV-waarde in combinatie met het gebruik van een Cu filter. Hoe hoger het aantal millimeter Cu, hoe lager de dosis. Dit is ook terug te zien in de literatuur (6, 19, 34). Negatieve invloeden op de beeldkwaliteit ontstaan volgens eerdere studies pas bij 93 kV en precieze grenzen voor het gebruik van een Cu filter zijn alleen bij een laag kV vastgesteld (6, 31).

Opvallend is dat de beeldkwaliteit van bijna alle röntgenfoto's beoordeeld is met een één, welke staat voor voldoende tot goed. Het is interessant om te kijken naar de opnames die niet met een één beoordeeld zijn (bijlage 9). Vermoedelijk ligt de slechtere beeldkwaliteit niet aan de stralingsparameters, omdat deze niet afwijkend zijn van foto's die wel met een één beoordeeld zijn. Bij de LWK lateraal is het mogelijk dat dit

veroorzaakt wordt door de lordose van de onderrug. Wanneer het diafragma te ver naar posterior ingesteld staat, valt een deel van het belichte veld op de meetcel zonder onderbreking door de patiënt. Hierdoor wordt de ingestelde waarde van de parameter dose eerder bereikt en slaat de AEC eerder af dan wenselijk is voor een goede beeldkwaliteit. Een oplossing voor dit probleem ligt vooral in de positionering van de patiënt door de MBB'er. Het is mogelijk dat deze röntgenfoto's de resultaten beïnvloeden. Door het te vroeg afslaan van de AEC is de DAP-waarde van deze röntgenfoto's niet representatief.

In dit onderzoek is de mediaan DAP-waarde onderzocht, omdat histogrammen lieten zien dat de verdeling bij een aantal onderzoeken niet normaal was. Het is mogelijk dat de niet normale verdeling veroorzaakt wordt doordat de DAP-waarde toeneemt door zowel toename in BMI als grootte van het veld (23, 33). Dit is logisch te beredeneren aan de hand van de eenheid van de DAP-waarde, namelijk $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$. Bij een hogere BMI is het te fotograferen object in de meeste gevallen ook groter. Hierdoor neemt de DAP-waarde exponentieel toe. Dit kan een oorzaak zijn voor de niet normale verdeling.

Het is volgens de beroepscode de verantwoordelijkheid van een MBB'er om stralingsprotocollen te optimaliseren (13). De kans is daarom groot dat er optimaliseringsonderzoek is gedaan naar een aantal stralingsprotocollen in de data van het vooronderzoek. De prospectief onderzochte stralingsprotocollen kwamen niet allemaal uit hetzelfde ziekenhuis, waardoor geconcludeerd kan worden dat radiologieafdelingen van elkaar kunnen leren. Het vergelijken van stralingsprotocollen die worden gebruikt in de praktijk heeft daarnaast als voordeel dat alle stralingsprotocollen zijn goedgekeurd voor gebruik in de praktijk. Hierdoor is de kans groot dat de beeldkwaliteit van de testprotocollen goed genoeg is voor beoordeling op pathologie. Het nadeel van het vooronderzoek is dat de data niet specifiek is voor een patiëntenpopulatie. Echter dit nadeel wordt gecompenseerd door toevoeging van het hoofdonderzoek. Door in het hoofdonderzoek de factor BMI te verkleinen en prospectief onderzoek te doen, worden de resultaten van dit onderzoek veel beter toepasbaar in de praktijk.

In dit onderzoek is er voor gekozen om de inclusie en exclusiecriteria te richten op het feit dat de stralingsprotocollen volgens het beroepsprofiel van de MBB'er bedoeld zijn voor de standaard patiënt (5). Door de vrij strenge inclusiecriteria is de representativiteit van dit onderzoek hoog. De representativiteit wordt tevens verhoogd door onderzoek te doen op patiënten en niet op fantomen. Door onderzoek te doen op patiënten, zijn er ook invloeden buiten de stralingsparameters meegenomen in dit onderzoek, bijvoorbeeld positionering van de patiënt. In dit onderzoek is er voor gekozen om alle pathologie, behalve osteoporose, te includeren. De radiologen hebben op bijna alle opnames de beoordeelbaarheid op pathologie beoordeeld met een één (bijlage 9). Dit toont aan dat röntgenopnames gemaakt met de testprotocollen te beoordelen zijn op pathologie. Dat de beoordelaars elk stralingsprotocol met hetzelfde cijfer beoordeelden, verhoogt de betrouwbaarheid van de subjectieve beoordeling. Mogelijk komt dit doordat de radiologen specifieke kwaliteitsaspecten hadden waarop ze de opnames beoordeelden. Beide radiologen beoordeelden de röntgenfoto's op zes specifieke aspecten, waardoor de interbeoordelaarsvariatie verkleind werd.

Het nadeel van strenge inclusie- en exclusiecriteria is dat hierdoor bij zowel de controlegroep als de testgroep het aantal röntgenfoto's vrij laag is. Mogelijk zou bij hogere aantallen de BMI van de testprotocollen gelijk zijn aan die van de controlegroep, waardoor de DAP-waardes beter te vergelijken zijn. Daarnaast zijn er in de DAP-waardes een aantal uitschieters naar boven. Deze zouden minder zwaar meewegen bij grotere aantallen, waardoor de mediaan DAP-waarde anders zou zijn. Dit beperkt de betrouwbaarheid van de gegevens. Het onderzoek kan herhaald worden bij een grotere patiëntengroep om te onderzoeken of de resultaten hetzelfde zijn. Daarmee kan de betrouwbaarheid van het onderzoek verhoogd worden. In dit onderzoek zijn de DAP-waardes van de stralingsprotocollen in het vooronderzoek retrospectief onderzocht. Hierdoor mist informatie over de patiëntenpopulatie. Om de betrouwbaarheid van de vergelijking tussen de ziekenhuizen te vergroten is aan te bevelen om het vooronderzoek prospectief uit te voeren. Daarmee zou alleen data meegenomen kunnen worden in een bepaalde BMI-groep. Mogelijk zijn dan andere protocollen dan de nu onderzochte testprotocollen lager in DAP-waarde.

Het hoofdonderzoek zou in een vervolgonderzoek herhaald kunnen worden op de BMI-groepen laag en obesitas. Hiermee kan onderzocht worden bij welke BMI de testprotocollen in een te lage beeldkwaliteit resulteren. Indien het testprotocol een te lage beeldkwaliteit geeft bij de patiëntengroep met de BMI horende bij obesitas, kan ervoor gekozen worden om de overige stralingsprotocollen te testen bij deze patiëntengroep. Het is dan mogelijk om een stralingsprotocol voor patiënten met obesitas te bepalen.

Het onderzoek toont aan dat in de onderzochte stralingsprotocollen optimalisatie mogelijk en nodig is. In een vervolgonderzoek zouden de stralingsprotocollen van de overige anatomische gebieden op een zelfde manier onderzocht kunnen worden. Het is interessant om een vervolgonderzoek te wijden aan de individuele invloeden van de parameters op de dosis en de beeldkwaliteit. Hiermee kan onderzocht worden wat de minimum dosiswaarde is waarna er verlies van beeldkwaliteit optreedt. In fantoomonderzoek is het mogelijk om bij verschillende vaste fantoomdiktes en vaste diafragma groottes de invloeden van de parameters te onderzoeken. Dit zou een goede aanvulling kunnen zijn op een optimaliseringsonderzoek op patiënten.

Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat de onderzochte testprotocollen een verlaging van de stralingsdosis bij gelijkblijvende beeldkwaliteit tot gevolg hebben. In dit onderzoek is een dosisreductie behaald van 27-60%. Dit toont aan dat het aanpassen van parameters op basis van een vergelijking tussen ziekenhuizen een effectieve manier is om te onderzoeken of er optimalisatie mogelijk is. Deze studie toont aan dat er optimalisatie mogelijk en nodig is in de onderzochte stralingsparameters.

5. Literatuurlijst

1. de Waard-Schalkx I. Medische stralingstoepassingen : Gegevens 2010. Nederland: RIVM, 17-08-2012 Contract No.: 610001001.
2. Pruppers M, de Waard-Schalkx I, Bijwaard H. Analyse van trends in stralingsbelasting als gevolg van beeldvormende diagnostiek. Nederland: RIVM, 10-06-2013 Contract No.: 610003001.
3. Hensen J, Jaarsveld-Bolman K, Dam T, Dol-Jansen J, Gemenen SG-v. Radiologie, Techniek en onderzoek 2011.
4. Bijwaard H, Brugmans M. Digitalisering in de radiodiagnostiek: Gevolgen voor de patientveiligheid. From conventional to digital radiology: consequences for patient safety: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM.
5. Beroepsprofiel Medisch Beeldvormings- en Bestralingsdeskundige. Utrecht: NVMBR, 2011.
6. Grewal RK, Young N, Collins L, Karunaratne N, Sabharwal N. Digital chest radiography image quality assessment with dose reduction. Australasian physical & engineering sciences in medicine / supported by the Australasian College of Physical Scientists in Medicine and the Australasian Association of Physical Sciences in Medicine. 2012;35(1):71-80.
7. Ma WK, Hogg P, Tootell A, Manning D, Thomas N, Kane T, et al. Anthropomorphic chest phantom imaging – The potential for dose creep in computed radiography. Radiography. 2013;19(3):207-11.
8. Gibson DJ, Davidson RA. Exposure Creep in Computed Radiography: A Longitudinal Study. Academic Radiology. 2012;19(4):458-62.
9. Ru VJd, Scheurleer JS, Welleweerd J. Radiobiologie en Stralingsbescherming. 5 ed. Maarssen: Elsevier Gezondheidszorg; 2006. 13-39 p.
10. Gronwald J, Pijpe A, Byrski T, Huzarski T, Stawicka M, Cybulski C, et al. Early radiation exposures and BRCA1-associated breast cancer in young women from Poland. Breast Cancer Res Treat. 2008;112(3):581-4.
11. Mullenders L, Atkinson M, Paretzke H, Sabatier L, Bouffler S. Assessing cancer risks of low-dose radiation. Nat Rev Cancer. 2009;9(8):596-604.
12. Mullenders L, Atkinson M, Paretzke H, Sabatier L, Bouffler S. Assessing cancer risks of low-dose radiation. Nature Reviews Cancer. 2009;9(8):596-604.
13. Beroepscode MBB'er. Utrecht: NVMBR, 2009.
14. Besluit Stralingsbescherming. 2001.
15. Ru VJd, Scheurleer JS, Welleweerd J. Radiobiologie en Stralingsbescherming. 5 ed. Maarssen: Elsevier Gezondheidszorg; 2006. 92-109 p.
16. White SC, Mallya SM. Update on the biological effects of ionizing radiation, relative dose factors and radiation hygiene. Australian Dental Journal. 2012;57:2-8.
17. Scheurleer J, Vries Gd, Welleweerd H. Fysica voor beeldvorming en radiotherapie. 2 ed. Maarssen: Elsevier Gezondheidszorg; 2006. 1 p.
18. Davis AT, Hopkins SA. Optimisation of patient dose for the horizontal beam technique in lateral lumbar spine radiographic examinations. The British journal of radiology. 2013;86(1027):20130053.

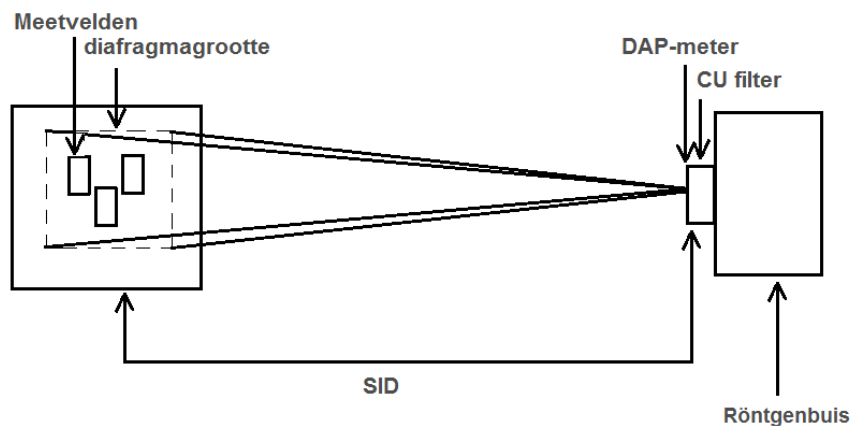
19. Brosi P, Stuessi A, Verdun F, Vock P, Wolf R. Copper filtration in pediatric digital X-ray imaging: its impact on image quality and dose. *Radiol Phys Technol.* 2011;4(2):148-55.
20. Uffmann M, Schaefer-Prokop C. Digital radiography: the balance between image quality and required radiation dose. *European journal of radiology.* 2009;72(2):202-8.
21. Li N, Das K, Wu R. Functional mapping of human growth trajectories. *Journal of Theoretical Biology.* 2009;261(1):33-42.
22. Vano E, Gonzalez L, Ten JI, Fernandez JM, Guibelalde E, Macaya C. Skin dose and dose–area product values for interventional cardiology procedures. *The British journal of radiology.* 2001;74(877):48-55.
23. Kisielewicz K, Truszkiewicz A, Wach S, Wasilewska–Radwańska M. Evaluation of dose area product vs. patient dose in diagnostic X-ray units. *Physica Medica.* 2011;27(2):117-20.
24. Kweon DC, Chung WK, Dong KR, Lee JW, Choi JW, Goo EH, et al. Evaluation of the radiation dose to a phantom for various X-ray exposure factors performed using the dose area product in digital radiography. *Radiation Effects & Defects in Solids: Incorporating Plasma Techniques & Plasma Phenomena.* 2012;167(12):954-70.
25. van den Brink C, Blokstra A. Hoeveel mensen hebben overgewicht? In: RIVM, editor. Bilthoven2014.
26. Martini FH, Bartholomew EF. *Anatomie en Fysiologie: een inleiding* 4ed2008.
27. Gabb M, Basford L, Kogan P. *Het menselijk lichaam; grondslagen der menskunde.* Rotterdam: De Nationale Rotterdam; 1966. 144 p.
28. Osteoporosis. Rochester: Mayo Medical Ventures; 2006. p. 4.
29. Poos M, Gommer A. Osteoporose: Prevalentie en incidentie naar leeftijd en geslacht. In: RIVM, editor. Bilthoven2009.
30. Pols M. *Definitie Medisch Wetenschappelijk Onderzoek.* 2005.
31. Fauber TL, Cohen TF, Dempsey MC. High kilovoltage digital exposure techniques and patient dosimetry. *Radiologic technology.* 2011;82(6):501-10.
32. Wiesinger B, Kirchner S, Blumenstock G, Herz K, Schmehl J, Claussen CD, et al. Difference in dose area product between analog image intensifier and digital flat panel detector in peripheral angiography and the effect of BMI. *Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin.* 2013;185(2):153.
33. Shah A, Das P, Subkovas E, Buch AN, Rees M, Bellamy C. Radiation Dose During Coronary Angiogram: Relation to Body Mass Index. *Heart, Lung and Circulation.* 2015;24(1):21-5.
34. Axelsson B, Petersen U, Wiltz HJ. Digital skeletal radiography. Reduction of absorbed dose by adaptation of exposure factors and image processing. *Acta Radiologica (Stockholm, Sweden: 1987).* 2001;42(6):592-8.
35. Carestream. *Dose Evaluation and Reporting* 2013.

6. Bijlages

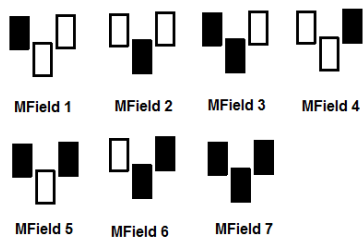
Bijlage 1: Aangeschreven ziekenhuizen

Meander Medisch Centrum	Amersfoort
Zaans Medisch Centrum	Assendelft
Meander Medisch centrum	Baarn
Ijselland Ziekenhuis	Capelle aan den IJssel
Ommelander Ziekenhuis groep	Delfzijl
Slingeland Ziekenhuis	Doetinchem
Albert Schweitzer Ziekenhuis	Dordrecht
Maxima Medisch Centrum	Eindhoven
Admiraal de Ruyter Ziekenhuis	Goes
Rivas Groep Beatrixziekenhuis	Gorinchem
Medisch centrum Haaglanden	's-Gravenhage
Atrium Medisch Centrum	Heerlen
Elkerliek Ziekenhuis	Helmond
Spaarne Ziekenhuis Hoofddorp	Hoofddorp
Ziekenhuis Bethesda	Hoogeveen
Ijselland Ziekenhuis	Krimpen aan den IJssel
Medisch Centrum Haaglanden	Leidschendam
Meander Medisch Centrum	Leusden
Academisch Ziekenhuis Maastricht	Maastricht
Meander Medisch Centrum	Nijkerk
Radboud UMC	Nijmegen
Waterlandziekenhuis	Purmerend
Havenziekenhuis Rotterdam	Rotterdam
Sint Franciscus Gasthuis	Rotterdam
Maasstad Ziekenhuis	Rotterdam
Ikazia Ziekenhuis Rotterdam	Rotterdam
Erasmus Medisch Centrum	Rotterdam
Spijkenisse Medisch Centrum	Rozenburg
Albert Schweitzer Ziekenhuis	Sliedrecht
Ruwaard van Puttenziekenhuis/Spijkenisse medisch centrum	Spijkenisse
Ziekenhuis Rivierenland	Tiel
Diakonessenhuis	Utrecht
Maxima Medisch Centrum	Veldhoven
Ommelander Ziekenhuis groep	Winschoten
Zaans Medisch Centrum	Zaandam
Diakonessenziekenhuis	Zeist
Rijnstate Ziekenhuis Zevenaar	Zevenaar
Admiraal de Ruyter Ziekenhuis	Zierikzee
Gelre Ziekenhuizen Zutphen	Zutphen

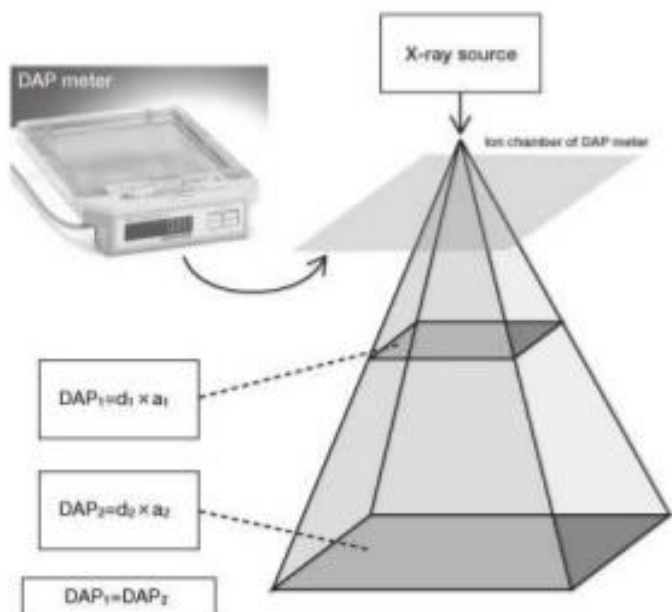
Bijlage 2: Situatieschets parameters Ysio



Figuur 1: Parameters Ysio



Figuur 2: Opties geactiveerde meetvelden



Figuur 3: Gelijkblijvende DAP-waarde bij toenemende afstand tot de bron (35)

Bijlage 3: Brief ziekenhuisparticipatie

Ziekenhuis

Datum van verzenden

Geachte meneer/mevrouw,

Allereerst een korte introductie. Wij zijn Elvira Visscher en Daisy Verbrugge en wij zijn bezig met een afstudeeronderzoek in het kader van onze opleiding Medische Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) aan de Fontys Paramedisch Hogeschool te Eindhoven. Ons afstudeeronderzoek gaat over de parameterprotocollen van de extremiteiten, de wervelkolom, het bekken en de buik. Er is na de overstap van analoog naar digitaal weinig onderzoek gedaan naar optimalisatie van deze protocollen.

Ons doel is om voor deze stralingsparameters te onderzoeken of er optimalisatie mogelijk is op het gebied van dosis en beeldkwaliteit. Wij willen komen tot een aanbeveling voor nieuwe parameterprotocollen. Om dit te bereiken gaan we protocollen van meerdere ziekenhuizen vergelijken. Uit deze vergelijking selecteren we stralingsparameters die we daarna zullen testen op beeldkwaliteit en dosis. Wij hebben hierbij hulp nodig van andere ziekenhuizen. Om verschillen in röntgenapparaten uit ons onderzoek te elimineren willen we ons op één type apparaat richten, te weten de Ysio van Siemens. Uit de gegevens die wij van Siemens Medical Systems hebben ontvangen blijkt dat uw ziekenhuis werkt met het buckysysteem Ysio. Dit is waarom wij u benaderen. Zou u of iemand anders van uw afdeling ons kunnen helpen bij ons onderzoek?

Voor ons onderzoek hebben wij de Exposure Index (EXI)-lijst nodig uit de Ysio en de antwoorden op de vragenlijst in de bijlage. In diezelfde bijlage is ook verdere uitleg te vinden over hoe de EXI-lijst geëxporteerd kan worden uit de Ysio. Het zou ons enorm helpen als u aan ons onderzoek mee kunt en wilt werken. Indien u wilt participeren, ontvangen wij graag de EXI-lijst en de antwoorden op onze vragen binnen twee weken, dat betekent voor vrijdag 20 februari op de hieronder vermelde e-mailadressen.

Na ontvangst van de data, zal de data worden losgekoppeld van de ziekenhuizen. Wij zullen in ons eindverslag de anonimiteit van de participerende ziekenhuizen waarborgen. Mocht u geïnteresseerd zijn in de onderzoeksresultaten, dan kunt u dit in de mail vermelden. Indien u niet wilt of kunt participeren, horen wij dat ook graag van u. Indien u nog vragen heeft of er onduidelijkheden zijn, dan kunt u ons bereiken via onderstaande e-mailadressen.

Alvast hartelijk dank voor uw medewerking.

Met vriendelijke groet,

Elvira Visscher

Daisy Verbrugge

Bachelor studenten, opleiding MBRT

Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven

e.visscher@student.fontys.nl

d.verbrugge@student.fontys.nl

Deze bijlage bevat:

- Uitleg over de EXI-lijst
- Uitleg over het exporteren van de EXI-lijst
- Vragenlijst

Uitleg over de EXI-lijst

Graag zouden wij van u uit alle Ysio's bij u op de afdeling de 'EXI lijst' van het jaar 2014 ontvangen. Denk ook aan de Ysio's van andere locaties en buitenpoli's. Ook hiervan willen we graag de gegevens ontvangen. Wij willen u wel vragen om goed aan te geven welke Ysio op welke locatie te vinden is. De EXI lijst bevat gegevens van alle gemaakte foto's met de daarbij behorende parameters. In deze lijst staan geen patiëntengegevens, waardoor deze via de mail verstuurd mag worden. De Ysio's die geplaatst zijn op de Spoed Eisende Hulp nemen wij niet mee in ons onderzoek, deze kunt u achterwege laten. Ook de Ysio's die na 1 januari 2014 geplaatst zijn, worden niet meegenomen in dit onderzoek. Mocht één van uw Ysio's na 1 januari 2014 geplaatst zijn, dan mag u deze achterwege laten.

Uitleg over het exporteren van de EXI-lijst

Hieronder volgt een uitleg op welke wijze de EXI-lijst uit de Ysio geëxporteerd kan worden.

Benodigdheden:

- Wachtwoord van de Key-user
 - USB-stick met 8GB
1. Start de Ysio op en ga in het Ysio-scherm naar het tabblad 'Settings'. Dit bevindt zich rechts in uw scherm. Onder dit tabblad bevinden zich meerdere pictogrammen. U moet klikken op het pictogram 'EXI'.
 2. Nu kunt u of de Key-user het wachtwoord van de Key-user invoeren. Is hier geen wachtwoord voor gemaakt, dan kunt u op ENTER klikken. U krijgt nu de 'EXI lijst' in beeld. Onder in uw beeldscherm staat export.
 3. Plug uw USB-stick in de Ysio en klik op export. Het kan even duren voordat de Ysio de USB-stick herkent. De computer zal aangeven of het exporteren gelukt is.
 4. Nu staat de 'EXI lijst' op de USB-stick als een Excel bestand. Dit bestand kunt u vervolgens via de mail naar ons toe sturen.

NB: De Ysio kan soms aangeven dat er niet genoeg schijfruimte is, terwijl er ruim voldoende ruimte op het externe medium staat. Dit is op te lossen door een groter geheugen aan te sluiten op de USB-poort.

Vragenlijst

- 1) Bij handmatige aanpassingen van de stralingsprotocollen voor aanvang van het maken van de röntgenfoto's verschijnt er een * bij het betreffende protocol.
- Wat is doorgaans de reden dat laboranten een handmatige aanpassing doen?

- Welke parameter wordt er bij deze röntgenfoto's over het algemeen aangepast?

- 2) Bij welk van de onderstaande stralingsprotocollen wordt er een raster gebruikt en welk raster wordt hiervoor gebruikt? U kunt in de tweede kolom invullen of er wel of geen raster gebruikt wordt. U kunt in de laatste kolom invullen wat voor raster er gebruikt wordt.

	Wel of geen raster	Wat voor raster
CWK		
TWK		
LWK		
Bekken		
Buik		
Hand		
Voet		
Pols		
Enkel		
Onderbeen		
Onderarm		
Elleboog		

- 3) Wordt er op uw afdeling alleen gebruikt gemaakt van de Ysio of staan er nog andere buckysystemen? Indien er ook andere buckysystemen staan, is er dan een verdeling in welke opnames jullie op de verschillende apparaten maken?

Bijlage 4: 3-puntsschaal ter beoordeling beeldkwaliteit en criteria

Tabel 1: Driepuntsschaal voor de subjectieve beoordeling van de beeldkwaliteit van de opnames door de radiologen

Beoordeling röntgenfoto	1. Voldoende tot goed	2. Twijfel tot matig	3. Onvoldoende
Contrast origineel plaatje PACS			
Contrast na wijziging naar persoonlijke setting			
De signaal ruis verhouding			
Scherpte			
Detailwaarneembaarheid			
Te beoordelen op pathologie			

Bijlage 5: Instructiebrief voor de laboranten

Beste Röntgenlaboranten van Ziekenhuis Rivierenland Tiel,

Zoals velen van jullie al weten zijn wij, Elvira Visscher en Daisy Verbrugge, dit jaar druk bezig met afstuderen. Wij hebben voor het tweede deel van ons onderzoek hulp nodig van jullie. Wij hebben op basis van een vergelijking tussen verschillende ziekenhuizen, voor ons ziekenhuis nieuwe stralingsprotocollen bepaalt. Deze stralingsprotocollen moeten getest worden in de praktijk. Daarnaast moeten de oude stralingsprotocollen ter vergelijking ook getest worden, waarbij we meer informatie nodig hebben dan de informatie die we uit de Ysio kunnen verkrijgen. We willen jullie vragen om ons daarbij te helpen.

Vanaf 25-03-2015 krijgen de patiënten een brief mee van de balie waarop de patiënten een aantal gegevens in kunnen vullen. Onder aan deze uitleg kunnen jullie zien hoe de vragenlijst van de patiënten eruit ziet. De patiënten vullen deze briefjes zelf in en de bedoeling is dat jullie deze briefjes aannemen en in de map doen die bij de betreffende Ysio staat. Indien een patiënt een vragenlijst bij jullie inlevert en hij/zij daar een handtekening op gezet heeft, is het onderzoek een onderdeel van het afstudeerproject. Geen briefje of geen handtekening betekent dus dat de normale handelswijze gehanteerd wordt. We vragen hierbij wel of jullie een inschatting willen maken of een patiënt normaal is. Er hoeft geen BMI bepaalt te worden, maar patiënten met duidelijke obesitas hoeven niet meegenomen te worden in het onderzoek. Ook als een patiënt bijvoorbeeld onstabiel is, waardoor de opname anders gemaakt wordt dan normaal, mag je de normale handelswijze hanteren. Daarnaast worden alleen patiënten onderzocht in de leeftijdscategorie 25 t/m 65 jaar. De medisch secretaresses letten hier ook op, maar het zou fijn zijn als jullie dit nog een extra keer willen controleren.

In de eerste weken zullen alleen de oude protocollen getest worden. Als de nieuwe protocollen bekend zijn, leggen wij een tweede map bij de Ysio's. Wij zullen in deze map aangeven of het oude of het nieuwe protocol gebruikt moet worden. De bedoeling bij de nieuwe protocollen is dat jullie het juiste stralingsprotocol selecteren, de parameters op de Ysio aanpassen en dan de röntgenfoto volgens dezelfde instelling maken als in Sharepoint is aangegeven.

Het volgende geldt voor zowel de oude als de nieuwe protocollen. De foto's moeten geknipt worden **op** de randen van het diafragma indien dit nodig blijkt te zijn. **Let op: de röntgenfoto's mogen achteraf niet bewerkt worden!** Er mag dus niets aan de zwarting worden aangepast. Nadat de foto gemaakt is, moet deze in de DEMO-lijst geplaatst worden met de naam: Afstudeerproject 2015. Daarna kan de foto net als anders worden afgerond.

Kort samengevat gaat het als volgt.

1. Patiënten komen voor een foto van de elleboog, onderarm, hand, pols, onderbeen, enkel, voet, CWK, TWK, LWK, bekken of buik en krijgen bij de balie een briefje.
2. Patiënten komen met dit briefje waarop alle gegevens zijn ingevuld en een handtekening is gezet bij de laborant.
3. De laborant stopt de brieven in map 1.
4. De eerste weken wordt het standaard stralingsprotocol geselecteerd. Als de nieuwe stralingsprotocollen bekend zijn, selecteert de laborant in map 2 het juiste stralingsprotocol.
5. De laborant past de parameters aan op de Ysio en stelt de foto in zoals in Sharepoint is aangegeven.
6. De gemaakte foto's worden geknipt op de randen van het diafragma indien nodig en verder gebeurt er niks mee.
7. Het onderzoek wordt in de DEMO-lijst 'Afstudeerproject 2015' geplaatst.
8. Het onderzoek wordt afgerond zoals normaal.

Wij zullen het bij de balie aangeven als we genoeg data hebben. Dan zullen de patiënten geen briefjes meer ontvangen. Wij hopen op jullie medewerking bij ons onderzoek. Als er vragen zijn, kunnen deze gesteld worden aan Daisy of jullie kunnen een mail sturen naar de onderstaande e-mailadressen. Er zal ook een PowerPoint te zien zijn in de koffiekamer met daarin dezelfde informatie als in deze brief.

Bij voorbaat dank!

Met vriendelijke groet,

Elvira Visscher

e.visscher@student.fontys.nl

Daisy Verbrugge

daisy.verbrugge@zrt.nl

Bachelor Studenten MBRT, Fontys Hogescholen te Eindhoven

Bijlage 6: Formulier Patiënten participatie

Geachte Heer/Mevrouw,

Wij, Elvira Visscher en Daisy Verbrugge, zijn voor ons afstudeeronderzoek bezig met een onderzoek naar de dosis en de beeldkwaliteit van de gemaakte röntgenfoto's. Wij onderzoeken onder andere de foto's die straks bij u gemaakt gaan worden. Nu is het voor ons onderzoek nodig om deze foto's te maken met een andere instelling dan normaal. Deze instellingen worden wel gehanteerd door andere ziekenhuizen. We willen met ons onderzoek bekijken of deze 'nieuwe' instellingen beter zijn, dan degene die we nu hanteren.

Voor wij deze instellingen bij u mogen en willen toepassen, hebben wij eerst toestemming van u nodig. Als u mee wilt werken aan dit onderzoek, willen wij u vragen om onderstaande velden in te vullen. Met het plaatsen van uw handtekening geeft u toestemming voor deelname aan het onderzoek. De foto wordt op dezelfde manier gemaakt, dus tijdens het onderzoek zult u hier niks van merken.

Uw geboortedatum, achternaam en de datum van het onderzoek worden gebruikt om uw Body Mass Index (BMI) aan de gemaakte foto te koppelen. In het onderzoek wordt de BMI van de patiënten meegenomen. Hierom hebben wij uw lengte en gewicht nodig. Uw gegevens worden anoniem verwerkt.

Als u vragen heeft over dit onderzoek, kunt u ons bereiken via de onderstaande mailadressen. Wij danken u voor uw moeite.

Met vriendelijke groet,

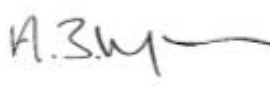
Elvira Visscher
Daisy Verbrugge
Bachelor studenten, opleiding MBRT
Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven
e.visscher@student.fontys.nl
d.verbrugge@student.fontys.nl

Vragenlijst:

Datum van onderzoek	_____
Geboortedatum	_____
Achternaam	_____
Gewicht	_____
Lengte	_____

Met deze handtekening geef ik aan bovenstaande uitleg gelezen te hebben en in te stemmen met deelname aan het onderzoek.

Bijlage 7: Positief advies TAC en raad van bestuur

	ziekenhuis rivierland	
Proes, Kennedylaan 1 4000 WP Tiel Postbus 6024 4000 HA Tiel Telefoon 0344 - 67 48 11 Fax 0344 - 67 44 19 BAN: NL24ABNA0296700540 BIC: ABNANL2A	Mevrouw Daisy Verbruggen Student Bachelor MBRT Leliestraat 3 4001 DR TIEL	
Uw kenmerk:	Ons kenmerk: rvl/hd/15.147	Tel nr : 0344 674344/4342 E-mail:
Onderwerp: Positief advies studie	Tiel, 28 mei 2015	
Geachte mevrouw Verbruggen, De TAC heeft kennis genomen van de Studie : Dosis reductie bij röntgenfoto's van de wervelkolom, het bekken, en de buik vanuit een vergelijking tussen ziekenhuizen. De TAC is van mening dat dit onderzoek hier goed uitvoerbaar is en adviseert mij daarom dit onderzoek in Ziekenhuis Rivierland te laten starten. Ik neem dan ook het positieve advies van de TAC over. Ik verzoek u om u strikt aan de gedragscode te houden en wens u succes met het onderzoek. De TAC adviseert toestemming te verlenen onder de volgende voorwaarden: • De TAC ziet de resultaten van het onderzoek graag tegemoet. • Betrokken afdelingen dienen vooraf geïnformeerd te worden over de achtergronden van het onderzoek en de eventuele werklust die het met zich meebrengt. • De TAC verzoekt u als onderzoeker de patiënt te wijzen op zijn/haar rechten, een brochure m.b.t. deelnemen aan een trial of studie is bijgesloten om aan de patiënt, die overweegt mee te doen aan een studie uit te reiken. Meer brochures zijn kosteloos te bestellen bij mevr. Anja Rodermans per e-mail anja.rodermans@zrl.nl Met vriendelijke groet,  A.B. Wymenga, arts Voorzitter Raad van Bestuur Kopie aan: ZM Schouwend en mw. Rodermans secretaresse TAC		
Interconfessionele Stichting Gezondheidszorg Rivierland, behorende Ziekenhuis Rivierland te Tiel, met de Barbara Polikliniek te Culemborg en polikliniek De Waterpoort te Beneden-Leeuwen 103217-413		

Figuur 4: Goedkeuring TAC en Raad van Bestuur

Bijlage 8: Protocollen vergeleken in het vooronderzoek per protocolnaam

Tabel 2: Overzicht parameterprotocollen bekken AP

<i>stralingsprotocol</i>	<i>Buisspanning</i>	<i>Exposiewaarde Gemiddelde (SD)</i>	<i>Source Interaction distance</i>	<i>Filter</i>	<i>Meest voorkomende Collimatie</i>	<i>AEC actief</i>	<i>Dose</i>	<i>Mfield</i>	<i>DAP mediaan (IQR)</i>	<i>Aantal opnames</i>	<i>Strooistralenrooster gebruikt + type (indien bekend)</i>
1	76	18 (13)	120	0	430x340	Ja	2,5	5	76 (63)	1079	Wel
2	69	44 (21)	115	0,1	420x340	Ja	2,5	5	90 (66)	738	Wel
3	72	15 (10)	115	0	430x340	Ja	2,5	7	72 (54)	663	Wel 115
4	72	31 (24)	115	0,1	430x340	Ja	2,5	5	69 (71)	145	Wel
5	74	32 (23)	115	0,2	430x340	Ja	2,5	5	54 (37)	547	Wel 150
6	80	15 (12)	115	0,1	420x340	Ja	2,5	5	43 (36)	319	Wel 115
7	76	17 (12)	115	0	430x340	Ja	2,5	7	124 (62)	1233	Wel 115
8	69	38 (21)	115 (erg wisselend)	0	420x340	Ja	2,5	5	124 (102)	1230	Wel 115
9	76	25 (17)	125	0,1	420x340	Ja	2,5	5	55 (39)	1618	Wel 115
10	80	9 (6)	113	0,1	430x340	Ja	1,79	5	25 (24)	104	Wel 150
11	80	23 (15)	130	0,1	430x340	Ja	2,5	5	56 (45)	676	Wel 150
12	84	23 (19)	110-120	0,3	430x340	Ja	2,5	7	33 (21)	143	Wel 115
13	69	45 (22)	115	0,1	420x340	Ja	2,5	5	91 (65)	893	Wel 115
14	74	26 (19)	120-140	0,1	420x340	Ja	2,5	5	39 (37)	237	Wel universeel 115t/m180
15	84	15 (9)	130	0,1	430x340	Ja	2,5	7	43 (33)	330	Wel
16	80	15 (9)	115	0	430x340	Ja	2,5	5	76 (53)	1688	Wel 115

Buisspanning in kV, exposiewaarde in mAs, SID in cm, filter in mm Cu, meest voorkomende Collimatie in mm, Dose in μGy , DAP in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$

Tabel 3: Overzicht parameterprotocollen Buikoverzicht AP

<i>stralingsprotocol</i>	<i>Buisspanning</i>	<i>Exposiewaarde Gemiddelde (SD)</i>	<i>Source Interaction distance</i>	<i>Filter</i>	<i>Meest voorkomende Collimatie</i>	<i>AEC actief</i>	<i>Dose</i>	<i>Mfield</i>	<i>DAP mediaan (IQR)</i>	<i>Aantal opnames</i>	<i>Stroostralenrooster gebruikt + type (indien bekend)</i>
1	84	16 (12)	120	0	340x430	Ja	2,5	5	79 (78)	481	Wel
2	80	24 (18)	115	0,1	340x420	Ja	2,5	7	50 (59)	398	Wel
3	72	27 (17)	115	0	340x430	Ja	2,5	7	121 (113)	465	Wel 115
4	76	30 (21)	115	0,1	340x430	Ja	2,5	7	69 (62)	374	Wel
5	74	46 (36)	115	0,2	340x430	Ja	2,5	5	56 (58)	495	Wel 150
6	80	27 (31)	115	0,1	340x430	Ja	2,5	7	58 (54)	139	Wel 115
7	76	24 (19)	115	0	340x430	Ja	2,5	5	106 (105)	193	Wel 115
8	76	31 (19)	115 (erg wisselend)	0	340x430	Ja	2,5	2	112 (90)	433	Wel 115
9	76	41 (30)	125	0,1	340x430	Ja	2,5	2	86 (82)	815	Wel 115
10	76	30 (19)	115	0,1	340x430	Ja	2,5	7	83 (73)	377	Wel 115
11	80	29 (28)	115	0,1	340x430	Ja	2,5	5	76 (73)	1036	Wel 150
12	80	24 (18)	115	0,1	340x430	Ja	2,5	7	50 (59)	478	Wel
13	69	64 (51)	140	0,1	340x420	Ja	2,5	7	90 (103)	221	Wel universeel 115t/m180
14	80	31 (21)	130	0,1	340x430	Ja	2,5	7	60 (68)	188	Wel
15	80	22 (16)	115	0	340x430	Ja	2,5	2	101 (90)	614	Wel 115

Buisspanning in kV, exposiewaarde in mAs, SID in cm, filter in mm Cu, meest voorkomende Collimatie in mm, Dose in μGy , DAP in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$

Tabel 4: Overzicht parameterprotocollen LWK PA, *=Anterior Posterior protocol

<i>stralingsprotocol</i>	<i>Buisspanning</i>	<i>Exposiewaarde Gemiddelde (SD)</i>	<i>Source Interaction distance</i>	<i>Filter</i>	<i>Meest voorkomende Collimatie</i>	<i>AEC actief</i>	<i>Dose</i>	<i>Mfield</i>	<i>DAP mediaan (IQR)</i>	<i>Aantal opnames</i>	<i>Strooistralenrooster gebruikt + type (indien bekend)</i>
1	76	48 (34)	130	0	200x400	Ja	2,5	2	91 (89)	1590	Wel
2	84	45 (22)	150	0,1	180x425	Ja	2,5	2	48 (42)	619	Wel
3	72	61 (22)	115	0	180x420	Ja	2,5	2	148 (116)	219	Wel 150
4	89	54 (39)	150	0,2	200x400	Ja	2,5	2	44 (39)	488	Wel 150
5*	80	44 (42)	115	0,1	200x400	Ja	2,5	2	58 (71)	326	Wel 115
6	74	49 (22)	125	0	180x420	Ja	2,5	2	126 (94)	454	Wel 150
7	76	21 (12)	115	0	180x430	Ja	2,5	2	47 (36)	1297	Wel 115
8	76	58 (46)	115	0,1	200x400	Ja	2,5	2	77 (85)	459	Wel 115
9	80	50 (22)	150	0,1	170x400	Ja	2,5	2	47 (37)	306	Wel 150
10	80	78 (59)	150	0,1	200x400	Ja	2,5	2	75 (72)	1054	Wel 150
11	84	69 (47)	150	0,2	190x430	Ja	2,5	2	51 (53)	205	Wel 150
12	84	46 (22)	150	0,1	180x425	Ja	2,5	2	48 (43)	730	Wel 150
13	72	74 (63)	116	0,1	200x400	Ja	2,5	2	85 (95)	310	Wel universeel 115t/m180
14	95	23 (15)	129	0,1	200x400	Ja	2,5	2	42 (43)	295	Wel
15	80	38 (21)	129	0	200x420	Ja	2,5	2	89 (79)	952	Wel 150

Buisspanning in kV, exposiewaarde in mAs, SID in cm, filter in mm Cu, meest voorkomende Collimatie in mm, Dose in μGy , DAP in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$

Tabel 5: Overzicht parameterprotocollen LWK lateraal

<i>stralingsprotocol</i>	<i>Buisspanning</i>	<i>Exposiewaarde Gemiddelde (SD)</i>	<i>Source Interaction distance</i>	<i>Filter</i>	<i>Meest voorkomende Collimatie</i>	<i>AEC actief</i>	<i>Dose</i>	<i>Mfield</i>	<i>DAP mediaan (IQR)</i>	<i>Aantal opnames</i>	<i>Stroostralenrooster gebruikt + type (indien bekend)</i>
1	89	57 (32)	130	0,1	200x400	Ja	2,5	2	94 (76)	1811	Wel
2	89	60 (32)	150	0,2	180x425	Ja	2,5	2	54 (35)	308	Wel
3	90	37 (20)	115	0	200x420	Ja	2,5	2	155 (142)	249	Wel 150
4	89	86 (54)	150	0,2	200x400	Ja	2,5	2	76 (69)	592	Wel 150
5	89	43 (29)	115	0,1	190x400	Ja	2,5	2	96 (88)	393	Wel 115
6	84	58 (22)	125	0	200x420	Ja	2,5	2	212 (115)	410	Wel 150
7	89	33 (16)	115	0	150x430	Ja	2,5	2	91 (64)	1448	Wel 115
8	84	61 (46)	115	0,1	200x400	Ja	2,5	2	110 (112)	527	Wel 115
9	89	58 (23)	150	0,2	200x420	Ja	2,5	2	60 (37)	236	Wel 150
10	95	75 (46)	150	0,2	200x400	Ja	2,5	2	83 (72)	1109	Wel 150
11	108	51 (32)	150	0,3	250x430	Ja	2,5	2	58 (62)	265	Wel 150
12	89	61 (22)	150	0,2	180x425	Ja	2,5	2	55 (34)	369	Wel 150
13	84	72 (48)	116	0,1	200x400	Ja	2,5	2	125 (102)	463	Wel universeel 115t/m180
14	101	33 (19)	129	0,1	200x400	Ja	2,5	2	78 (77)	285	Wel
15	89	49 (23)	130	0	180x420	Ja	2,5	2	135 (112)	952	Wel 150

Buisspanning in kV, exposiewaarde in mAs, SID in cm, filter in mm Cu, meest voorkomende Collimatie in mm, Dose in μGy , DAP in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$

Tabel 6: Overzicht parameterprotocollen TWK AP

<i>stralingsprotocol</i>	<i>Buisspanning</i>	<i>Exposiewaarde Gemiddelde (SD)</i>	<i>Source Interaction distance</i>	<i>Filter</i>	<i>Meest voorkomende Collimatie</i>	<i>AEC actief</i>	<i>Dose</i>	<i>Mfield</i>	<i>DAP mediaan (IQR)</i>	<i>Aantal opnames</i>	<i>Stroostralenrooster gebruikt + type (indien bekend)</i>
1	76	23 (33)	130	0	150x430	Ja	2,5	2	28 (34)	320	Wel
2	80	22 (16)	150	0,1	200x425	Ja	2,5	2	13 (19)	212	Wel
3	76	14 (8)	115	0	160x400	Ja	2,5	2	31 (41)	92	Wel 150
4	80	20 (12)	150	0,2	200x400	Ja	2,5	2	11 (9)	187	Wel 150
5	84	33 (25)	115	0,1	150x425	Ja	2,5	2	54 (82)	111	Wel 115
6	74	19 (12)	115	0	180x430	Ja	2,5	2	46 (39)	172	Wel 115
7	72	26 (15)	115	0	150x430	Ja	2,5	2	42 (38)	427	Wel 115
8	76	13 (11)	115	0,1	200x400	Ja	2,5	2	14 (17)	123	Wel 115
9	76	29 (20)	150	0,1	200x420	Ja	2,5	2	22 (21)	108	Wel 150
10	76	29 (27)	150	0,1	150x400	Ja	2,5	2	17 (15)	231	Wel 150
11	80	33 (47)	150	0,1	200x430	Ja	2,5	2	19 (29)	49	Wel 150
12	80	22 (15)	150	0,1	200x425	Ja	2,5	2	14 (18)	273	Wel 150
13	76	14 (10)	119	0,1	200x400	Ja	2,5	2	16 (11)	143	Wel universeel 115t/m180
14	72	28 (17)	129	0,1	200x400	Ja	2,5	2	24 (24)	83	Wel
15	76	20 (13)	130	0	200x400	Ja	2,5	2	27 (29)	425	Wel 150

Buisspanning in kV, exposiewaarde in mAs, SID in cm, filter in mm Cu, meest voorkomende Collimatie in mm, Dose in μGy , DAP in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$

Tabel 7: Overzicht parameterprotocollen TWK lateraal

<i>stralingsprotocol</i>	<i>Buisspanning</i>	<i>Exposiewaarde Gemiddelde (SD)</i>	<i>Source Interaction distance</i>	<i>Filter</i>	<i>Meest voorkomende Collimatie</i>	<i>AEC actief</i>	<i>Dose</i>	<i>Mfield</i>	<i>DAP mediaan (IQR)</i>	<i>Aantal opnames</i>	<i>Stroostralenrooster gebruikt + type (indien bekend)</i>
1	84	13 (10)	130	0	200x430	Ja	2,5	2	28 (25)	95	Wel
2	80	24 (17)	150	0,1	200x430	Ja	2,5	2	19 (21)	203	Wel
3	80	13 (10)	115	0	180x400	Ja	2,5	2	37 (45)	92	Wel 150
4	80	29 (35)	150	0,2	200x400	Ja	2,5	2	15 (16)	207	Wel 150
5	80	24 (56)	115	0	200x430	Ja	2,5	2	43 (57)	135	Wel 115
6	74	20 (14)	115	0	180x430	Ja	2,5	2	59 (55)	180	Wel 115
7	84	15 (11)	115	0	150x430	Ja	2,5	2	32 (33)	394	Wel 115
8	76	23 (24)	115	0,1	150x400	Ja	2,5	2	26 (28)	136	Wel 115
9	92	12 (10)	150	0,1	200x420	Ja	2,5	2	15 (15)	104	Wel 150
10	80	49 (49)	150	0,1	200x400	Ja	2,5	2	36 (57)	160	Wel 150
11	80	27 (35)	150	0,1	200x430	Ja	2,5	2	22 (23)	47	Wel 150
12	80	24 (17)	150	0,1	200x425	Ja	2,5	2	18 (21)	254	Wel 150
13	80	16 (18)	119	0,1	200x400	Ja	2,5	2	20 (21)	175	Wel universeel 115t/m180
14	80	20 (17)	129	0,1	200x400	Ja	2,5	2	23 (33)	94	Wel
15	80	20 (16)	130	0	200x400	Ja	2,5	2	41 (44)	442	Wel 150

Buisspanning in kV, exposiewaarde in mAs, SID in cm, filter in mm Cu, meest voorkomende Collimatie in mm, Dose in μGy , DAP in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$

Tabel 8: Overzicht parameterprotocollen CWK AP

<i>stralingsprotocol</i>	<i>Buisspanning</i>	<i>Exposiewaarde Gemiddelde (SD)</i>	<i>Source Interaction distance</i>	<i>Filter</i>	<i>Meest voorkomende Collimatie</i>	<i>AEC actief</i>	<i>Dose</i>	<i>Mfield</i>	<i>DAP</i>	<i>mediaan (IQR)</i>	<i>Aantal opnames</i>	<i>Stroostralenrooster gebruikt + type (indien bekend)</i>
1	72	9 (5)	150	0	160x240	Ja	2,5	2	6 (4)	387	Wel	
2	69	15 (9)	150	0,1	180x240	Ja	2,5	2	4 (3)	318	Wel	
3	65	11 (5)	115	0	140x240	Ja	2,5	2	10 (8)	156	Wel	150
4	69	15 (13)	150	0,1	160x240	Ja	2,5	2	4 (3)	168	Wel	150
5	65	9 (5)	120	0	160x240	Ja	2,5	2	8 (5)	139	Wel	115
6	69	9 (6)	125	0	160x240	Ja	2,5	2	8 (6)	263	Wel	150
7	74	5 (3)	120	0	160x250	Ja	2,5	2	5 (3)	689	Wel	150
8	72	8 (4)	115	0,1	160x240	Ja	2,5	2	5 (3)	211	Wel	115
9	65	13 (7)	150	0	180x240	Ja	2,5	2	5 (3)	197	Wel	150
10	72	15 (9)	150	0,1	160x240	Ja	2,5	2	5 (4)	139	Wel	150
11	69	17 (10)	150	0,1	180x240	Ja	2,5	2	5 (4)	79	Wel	150
12	69	15 (9)	150	0,1	180x240	Ja	2,5	2	4 (3)	376	Wel	150
13	64	8 (4)	114	0	160x240	Ja	2,5	2	8 (6)	163	Wel	universeel 115t/m180
14	72	8 (3)	130	0,1	160x240	Ja	2,5	2	3 (2)	104	Wel	
15	65	9 (5)	115	0	180x240	Ja	2,5	2	8 (6)	260	Wel	115

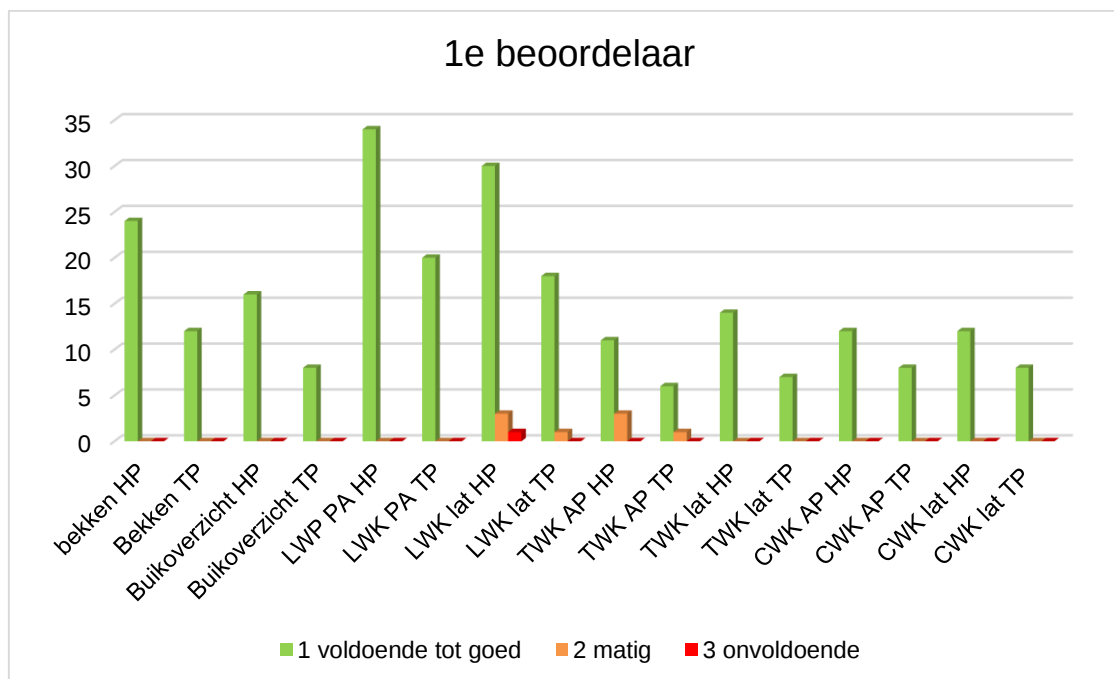
Buisspanning in kV, exposiewaarde in mAs, SID in cm, filter in mm Cu, meest voorkomende Collimatie in mm, Dose in μGy , DAP in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$

Tabel 9: Overzicht parameterprotocollen CWK lateraal

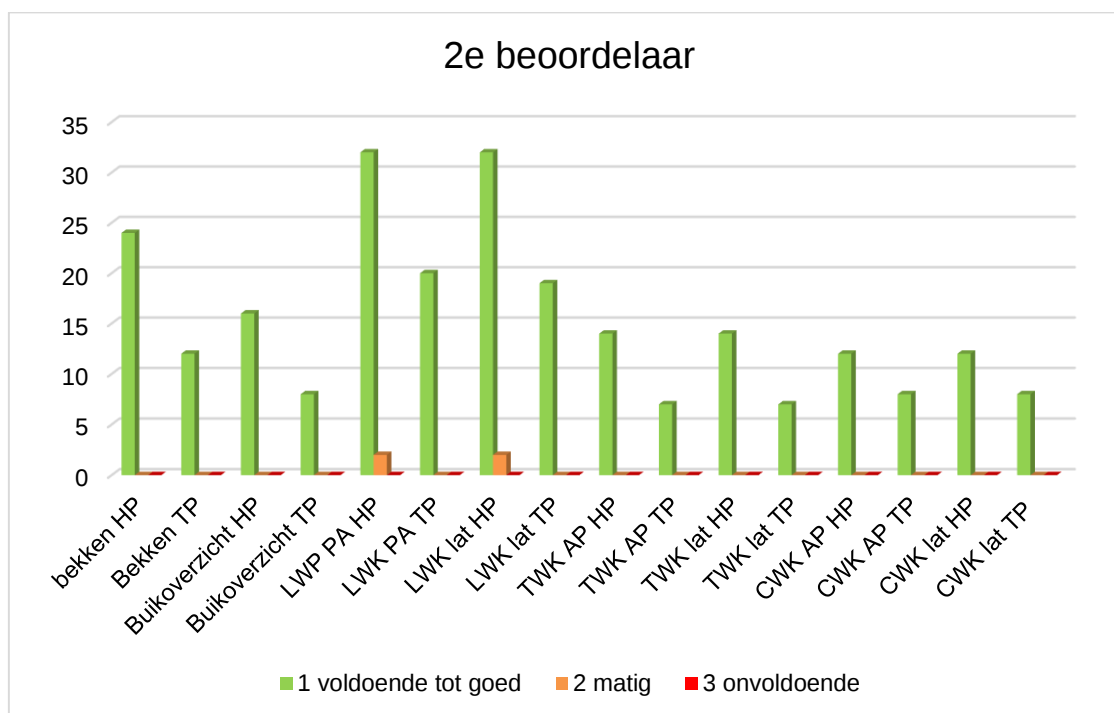
<i>stralingsprotocol</i>	<i>Buisspanning</i>	<i>Exposiewaarde Gemiddelde (SD)</i>	<i>Source Interaction distance</i>	<i>Filter</i>	<i>Meest voorkomende Collimatie</i>	<i>AEC actief</i>	<i>Dose</i>	<i>Mfield</i>	<i>DAP</i>	<i>mediaan (IQR)</i>	<i>Aantal opnames</i>	<i>Stroostralenrooster gebruikt + type (indien bekend)</i>
1	80	8 (10)	150	0	160x240	Ja	2,5	2	5 (4)	170	Wel	
2	69	10 (6)	150	0,1	180x240	Ja	2,5	2	3 (2)	290	Wel	
3	65	7 (5)	115	0	140x240	Ja	2,5	2	8 (6)	178	Wel	150
4	72	8 (9)	150	0,1	160x240	Ja	2,5	2	3 (2)	284	Wel	150
5	72	5 (2)	115	0,1	160x240	Ja	2,5	2	4 (3)	161	Wel	115
6	69	6 (5)	125	0	180x240	Ja	2,5	2	6 (4)	263	Wel	150
7	74	4 (3)	120	0	160x240	Ja	2,5	2	4 (3)	723	Wel	150
8	74	5 (4)	115	0,1	160x240	Ja	2,5	2	4 (2)	398	Wel	115
9	72	6 (3)	150	0	180x240	Ja	2,5	2	5 (3)	139	Wel	150
10	80	9 (3)	150	0,1	160x240	Ja	2,5	2	3 (2)	116	Wel	150
11	69	10 (7)	150	0,1	180x240	Ja	2,5	2	3 (2)	115	Wel	150
12	69	10 (5)	150	0,1	180x240	Ja	2,5	2	3 (2)	347	Wel	150
13	64	6 (3)	119	0	160x240	Ja	2,5	2	7 (4)	204	Wel universeel 115t/m180	
14	72	6 (4)	128	0,1	160x240	Ja	2,5	2	3 (2)	102	Wel	
15	72	4 (2)	115	0	180x240	Ja	2,5	2	5 (3)	274	Wel	115

Buisspanning in kV, exposiewaarde in mAs, SID in cm, filter in mm Cu, meest voorkomende Collimatie in mm, Dose in μGy , DAP in $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$

Bijlage 9: Beoordeling beeldkwaliteit radiologen



Figuur 5: Beeldkwaliteit cijfers per opname 1^e beoordelaar. HP= huidige protocol, TP=test protocol



Figuur 6: Beeldkwaliteit cijfers per opname 2^e beoordelaar. HP= huidige protocol, TP=test protocol