

Stralingsbelasting van de oog lens

*Bij radiologisch medewerkers op de angiografie in het
Medisch Centrum Leeuwarden*

2019



F.G. van Marrum

G.R. van Wilpe

Praktijkgericht onderzoek

Stralingsbelasting van de oog lens

Bij radiologisch medewerkers op de angiografie in het Medisch Centrum
Leeuwarden

Mei 2019, Groningen

<i>Auteurs:</i>	Email	F. van Marrum, 327983 f.g.van.marrum@st.hanze.nl
	Email	G. van Wilpe, 321396 g.r.van.wilpe@st.hanze.nl
<i>Opleiding:</i>		Hanzehogeschool Groningen Academie voor Gezondheidsstudies Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken
<i>Opdrachtgever:</i>	Email	Dr.ir. J. Hilderink Klinisch fysicus Medisch Centrum Leeuwarden janneke.hilderink@znb.nl
	Telefoon	0582888424
<i>Onderzoeksbegeleider:</i>	Email	E. Wagendorp Medisch nucleair medewerker en praktijkbegeleider Medisch Centrum Leeuwarden eco.wagendorp@znb.nl
	Telefoon	0582866198
<i>Onderzoeksbegeleider:</i>	Email	MSc. H. Erenstein Docent Medisch beeldvormende en radiotherapeutische technieken Hanzehogeschool Groningen h.erenstein@pl.hanze.nl
	Telefoon	+31505953810
<i>Co-beoordelaar:</i>	Email	MSc. W. Schaake Docent Medisch beeldvormende en radiotherapeutische technieken Hanzehogeschool Groningen w.schaake@pl.hanze.nl
	Telefoon	+31505957105

Bron omslag afbeelding: Butts, J. (2014). Coronary Angiography [Foto]. Beschikbaar via:
http://www.drjeremybutts.com/wp-content/uploads/2014/07/shutterstock_26945083.jpg

Voorwoord

Dit praktijkgericht onderzoek is geschreven als afstudeerproject ter afronding van de opleiding Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT), Hanzehogeschool te Groningen. Tijdens de stageperiode van een van de onderzoekers is de opdracht tot stand gekomen. De klinisch fysicus van de afdeling radiologie in het Medisch Centrum Leeuwarden (MCL) was niet bekend met de ooglensdosis die de werknemers ontvangen en wilde hier onderzoek naar gaan doen. Hieruit is het praktijkgericht onderzoek ontstaan. Deze periode is ervaren als erg leerzaam, waarin wij een fijne samenwerking hebben gehad.

Graag willen wij van deze gelegenheid gebruik maken om de volgende mensen te bedanken:

- **Dr. ir. J. Hilderink (opdrachtgever)** voor het beschikbaar stellen van het onderwerp en het begeleiden van het praktijkgericht onderzoek. Werkzaam in het MCL.
- **E. Wagendorp (praktijkbegeleider)** voor de begeleiding van het praktijkgericht onderzoek. Werkzaam als praktijkbegeleider in het MCL.
- **MSc. H. Erenstein (onderzoeksbegeleider)** voor het begeleiden van de lessen met betrekking tot het praktijkgericht onderzoek. Werkzaam op de opleiding MBRT van de Hanzehogeschool Groningen.
- **MSc. W. Nijholt (onderzoeksbegeleider)** voor het begeleiden van de lessen met betrekking tot het praktijkgericht onderzoek. Werkzaam op de opleiding MBRT van de Hanzehogeschool Groningen.
- **Radiologen en laboranten** voor het meewerken aan de metingen van de ooglens en borstdosis. Werkzaam op de angiografie op de radiologie in het MCL.

Groningen, mei 2019

F.G. van Marrum en G.R. van Wilpe

Abstract (NL)

Stralenbelasting van de oog lens

Bij radiologisch medewerkers op de angiografie in het Medisch Centrum Leeuwarden

Auteurs: F.G. van Marrum en G.R. van Wilpe

Opdrachtgever: Dr.ir. J. Hilderink, werkzaam in het MCL

Groningen, mei 2019

Inleiding Op de angiografie worden interventies van de bloedvaten uitgevoerd, waarbij de medewerkers worden blootgesteld aan straling. In de recente wetgeving is de dosis voor de oog lens bijgesteld van 150 mSv naar 20 mSv per jaar. In deze studie is onderzocht wat de ontvangen oog lensdosis van de interventie radiologen (IR) en angiografie laboranten (AL) van het MCL is en of een verband aan te tonen is met een aanwezige variabele, om in de toekomst de oog lensdosis in te kunnen schatten.

Methode De data werd verkregen doormiddel van het verrichten van metingen met dosimeters en door de dosisrapporten uit het systeem te verkrijgen. De metingen zijn uitgevoerd bij interventies op de angiokamer in het MCL, waar bij elke procedure een extra borstdosimeter en oog lensdosimeter zijn gedragen door de IR en AL. De meetperiode betrof vier weken. De verkregen data is verwerkt in Excel, waarna met SPSS Pearson's correlation is berekend.

Resultaten Uit de geëxtrapoleerde data van de metingen is gebleken dat alle IR onder de opgesteld limiet van 20 mSv per jaar blijven op de angiografie. Met het toepassen van Pearson's correlation in SPSS is een sterke correlatie gevonden tussen de borstdosis en oog lens dosis. Echter is deze correlatie niet significant bevonden.

Conclusie Voor de IR in het MCL hoeven geen verdere maatregelen worden genomen met betrekking tot bescherming voor de oog lens. In de toekomst kan op basis van de borstdosis een schatting worden gemaakt van de dosis van de oog lens, echter is deze schatting gevoelig voor veranderingen in de werkwijze.

Abstract (EN)

Radiation exposure of the eyes

For staff at the interventional radiology department at Medical Center Leeuwarden

Authors: F.G. van Marrum en G.R. van Wilpe

Client: Dr.ir. J. Hilderink, employed at MCL

Groningen, May 2019

Introduction Interventions on blood vessels are being performed at the angiography department, at which the employees are being exposed to radiation. In a recent legislation the dose limit of the eyes has been lowered from 150 mSv to 20 mSv a year. In this paper research is done on the received dose of the eyes of the employees at the MCL and if certain correlations exist between the eye doses and other measured variables to estimate the eye doses in the future.

Method The data is collected with the use of dosimeters and dose reports. Both the radiologist and technicians wore an eye dosimeter and a second standard dosimeter worn at chest height. The data is collected over a period of four weeks. The data collected is processed using Excel and Pearson's correlation of SPSS.

Results From the extrapolated data it is concluded all employees stay well below the dose limit of 20 mSv at the angiography suite. With the use of Pearson's correlation, a strong correlation is found between the eye dose and the chest dose, however this correlation is not of significance.

Conclusion No further measures for the protection of the eyes would have to be taken for the employees at the MCL. In the future a moderate estimation of the eye doses can be made with the use of the chest dosimeter, however this estimation is susceptible to changes in the workflow.

Inhoud

Voorwoord	2
Abstract (NL).....	3
Abstract (EN)	4
Inleiding.....	6
Theoretisch kader.....	7
Cataract	7
Dosimeters.....	7
Borstdosimeter	7
Ooglensdosimeter.....	8
Dosisrapport.....	8
Afscherming.....	8
Methodologie.....	9
Onderzoeksopzet.....	9
Onderzoekspopulatie	9
Dataverzameling.....	9
Statistische informatie	10
Resultaten	11
Onderzoek ooglens- en borstdosis.....	11
Onderzoek aanwezigheid correlaties	12
Discussie	13
Geëxcludeerde onderzoeken	13
Verschillen bij radiologen	14
Gedeelde dosimeter	14
Methode onderzoek.....	14
Beperkingen	14
Achtergrond dosimeters.....	15
Conclusie	15
Literatuur.....	16
Bijlage I - Afkortingen	17
Bijlage II – Energie respons TLD dosimeters	18
Borstdosimeter in MeV	18
Ooglensdosimeter in KeV	18
Bijlage III – Logboek.....	19

Inleiding

Op de angiografie worden interventies van de bloedvaten uitgevoerd. Tijdens deze interventies wordt gebruik gemaakt van doorlichting en contrastvloeistof om de bloedvaten goed in beeld te krijgen. Deze interventies worden uitgevoerd door een interventie radioloog (IR) en ondersteunende angiografie laboranten (AL). Bij elke interventie staan in ieder geval de IR en één AL steriel bij de patiënt en dus naast de röntgenbuis. Hierdoor worden zij blootgesteld aan de straling die voor het onderzoek wordt gebruikt. Ter bescherming van de medewerkers wordt gebruik gemaakt van afscherming als loodschorten en loodglas. Echter zijn de ogen doorgaans niet beschermt, terwijl deze ook dosis vangen.

Uit verschillende onderzoeken van de afgelopen jaren is gebleken dat 0,5 Gy op de ooglen al deterministische effecten (als cataract) zou kunnen veroorzaken ^{1,2}. Naar aanleiding van deze bevindingen is een nieuwe wetgeving opgesteld met betrekking tot de dosis die de ooglen jaarlijks mag ontvangen. In 2013 is de Europese wetgeving betreffende de maximaal toegestane dosis van de ooglen gewijzigd. De limiet is in de Europese wetgeving Basic Safety Standards (BSS) gewijzigd van 150 mSv naar 20 mSv per jaar voor blootgestelde medewerkers. Vervolgens is de Europese wetgeving omgezet in een nationale wetgeving. Dit is het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs), welke sinds februari 2018 in Nederland van kracht is. De NCS (Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie) heeft vervolgens in mei 2018 een rapport samengesteld met richtlijnen voor de implementatie van de nieuwe ooglendosislimiet uit het BSS ³.

Met ingang van de nieuwe wetgeving moeten ziekenhuizen in Nederland kunnen aantonen dat hun medewerkers onder de gestelde limiet blijven. Echter is in veel ziekenhuizen, waaronder het MCL, niet bekend wat de medewerkers daadwerkelijk op de ooglen ontvangen, doordat vaak alleen een borst dosimeter wordt gedragen. Om te onderzoeken of de medewerkers onder de bijgestelde limiet blijven, moeten metingen worden gedaan naar de ontvangen dosis op de ooglen. Hierbij wordt gefocust op de IR omdat zij zich het dichtst bij de röntgenbuis bevinden. De AL staan op een grotere afstand van de röntgenbuis, waardoor zij theoretisch minder dosis ontvangen dan de IR. Om iets over de ooglendosis van de AL te kunnen zeggen, dragen de AL een gedeelde dosimeter set. Deze wordt gedragen door de AL die de IR assisteert bij de interventie.

In het onderzoek wordt de dosis die door de IR per jaar op de ooglen wordt ontvangen, met de huidige werkwijze in kaart gebracht. Waarna een advies kan worden gegeven ten aanzien van de stralingsbelasting van de ooglen, om op deze manier de veiligheid van de medewerkers te waarborgen. Ook zal worden gekeken of verbanden aanwezig zijn tussen de ooglendosis en de variabelen doorlichttijd, borstdosis en Dose Area Product (DAP) waarde.

Theoretisch kader

Cataract

Cataract is een oogandoening waarbij sprake is van een vertroebeling van de ooglenzen. Deze vertroebeling van de ooglenzen ontstaat in de meeste gevallen op oudere leeftijd waarbij de eiwitten die zich in de ooglenzen bevinden samenklonteren, waardoor de lens minder helder wordt. Door het samenklonteren van deze eiwitten worden de lichtstralen die in de lens vallen belemmerd, met als gevolg een minder scherp zicht. Naast het wazig zien kunnen kleurverandering, dubbelzien en het zien van schittering ervaren worden. Het ontstaan van cataract kent vele oorzaken. Hierbij is ouderdom de meest voorkomende oorzaak. Naarmate de persoon ouder wordt, wordt de kans op het krijgen van cataract groter. Stilma, *et al.* schrijft: “Ongeveer 25% van de 80-jarigen heeft cataract.”⁴. Als andere oorzaken kan cataract het gevolg zijn van een (oog)pathologie, oogverwondingen, medicijngebruik of straling^{4,5}.

Door de vele factoren die cataract kunnen veroorzaken, is het lastig in te schatten hoe groot het aandeel is dat straling heeft op het veroorzaken van cataract. In de afgelopen jaren is de invloed van straling op de ooglenzen in verschillende onderzoeken onderzocht. Hieruit is gebleken dat de ooglenzen een van de meest gevoelige weefsels is voor straling⁶. In deze studie is een verband gevonden tussen de stralingsbelasting op de ooglenzen en het ontwikkelen van cataract. In Boal, *et al.* wordt gesproken van weefselveranderingen die optreden in de ooglenzen vanaf 0,5 mGy⁷. Deze deterministische effecten zouden dus eerder optreden dan voorheen werd gedacht. Hieruit blijkt dat de vorige limiet van 150 mSv per jaar te ruim is opgesteld. Om deze reden is de limiet bijgesteld naar 20 mSv per jaar.

Dosimeters

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van thermoluminescentie dosimeters (TLD), geleverd door Mirion Dosimetry Services (MDS, voorheen NRG). De borst TLD is geleverd door MDS zelf, waarnaast zij het leveren van de ooglenzen TLD uitbesteden aan Public Health England (PHE). Bij TLD's wordt op een passieve manier dosis gemeten. In het onderzoek wordt onder andere bekeken of een correlatie aan te tonen is tussen de borst TLD en ooglenzen TLD, hierom is gekozen dezelfde borst TLD te gebruiken voor het onderzoek als in de dagelijkse praktijk wordt gebruikt. Daarnaast is het van belang dat de energierespons van de borst en ooglenzen TLD overeenkomen. Zoals te zien is in bijlage II, is de energie respons van beide TLD nagenoeg gelijk. Het thermoluminescentie materiaal absorbeert de ioniserende straling en zal deze straling opslaan totdat de dosimeters worden verhit tot hoge temperaturen (200°C bij borst TLD en 250°C bij ooglenzen TLD). Doormiddel van het verhitten komt de opgeslagen energie vrij in de vorm van zichtbaar licht. Een hoeveelheid vrijgekomen licht staat gelijk aan een bepaalde stralingsdosis. Dit proces vindt plaats in een speciaal ontwikkelde TLD-lezer^{8,9}.

Borstdosimeter

De TLD van de borst bevat twee kleine disks (3.2 x 3.2 x 0.9 mm) met een magnesium en titanium gedoopte lithiumfluoride (LiF: Mg, Ti). De disks bevinden zich in diskhouders achter een plastic filter. De TLD wordt gebruikt voor het vaststellen van de $H_p(0,7)$ en de $H_p(10)$. De $H_p(0,7)$ meet de oppervlakedosis op een diepte van 0.07 mm. Dit is een goede benadering voor het meten van de ontvangen huiddosis. De $H_p(10)$ meet de persoonsdosisequivalent op een diepte van 10 mm, welke een goede benadering is voor de ontvangen effectieve dosis. De borst TLD wordt gedragen naast de borst TLD die in de dagelijkse praktijk wordt gedragen. Deze bevindt zich aan de loodkraag op het midden van de borst⁸.

Ooglensdosismeter

De TLD van de ooglens bevat een kleine TLD-strip (1,5 x 0,5 mm) die is bevestigd in een hoofdband. Deze strip bevat een met magnesium, koper en fosfor gedoopte lithiumfluoride (LiF: Mg, Cu, P) en bevindt zich achter een 1.5 mm dik polytetrafluorethyleen (PTFE) filter welke zich samen in een plastic hoofdband bevinden (zie figuur 2). De TLD wordt gebruikt voor het vaststellen van de $H_p(3)$, het persoonsdosisequivalent op een diepte van 3 mm. Zoals geadviseerd in TECDOC nr. 1731, is dit een goede benadering voor de dosis voor de ooglens ontvangt¹⁰. De hoofdband wordt met het witte filter naar buiten gedragen, met de aangegeven kant boven. Het witte filter wordt geplaatst boven het oog dat zich het dichtst bij de stralingsbron bevindt. In het geval van de medewerkers in het MCL is dit in de meeste gevallen het linkeroog⁹.



Figuur 1: Borstdosismeter¹¹



Figuur 2: Ooglensdosismeter¹²

Dosisrapport

Een dosisrapport geeft informatie over de technische gegevens die bij een interventie worden verkregen. Het dosisrapport wordt opgemaakt door het doorlichtsysteem en wordt samen met de gemaakte doorlichtafbeeldingen doorgestuurd naar het Picture Archiving and Communication System (PACS). In het dosisrapport wordt de totale dosis area product (DAP) waarde weergegeven en opgesplitst in de exposure en fluoroscopy DAP-waarde. Hierbij geeft de exposure DAP-waarde aan hoeveel dosis is vrijgekomen tijdens de contrastseries en de fluoroscopy DAP-waarde hoeveel dosis is vrijgekomen aan algemene doorlichting. De DAP-waarde wordt weergegeven in $mGy \cdot cm^2$. Daarnaast wordt de doorlichttijd, de Source Image Distance (SID), de angulatie van de röntgenbuis, de verschillende (contrast) doorlichtseries, het kV en de mAs in het rapport aangegeven. In deze studie zal gebruik worden gemaakt van de DAP-waardes en de doorlichttijd.

Afscherming

Tijdens het onderzoek staan medewerkers in de kamer waar straling wordt gegeven. Om toch zo stralingshygiënisch mogelijk te werken, wordt gebruikt gemaakt van verschillende typen afscherming. Elke medewerker draagt standaard een loodschort met daarin 0,5 mm lood equivalent (Pb. Eq.). Ter bescherming van de ogen is de mogelijkheid om een loodbril te dragen met daarin 0.5 mm Pb. Eq. Van deze loodbril wordt echter niet standaard gebruik gemaakt. In de behandelruimte zijn enkele afschermingen aanwezig. Aan het plafond hangen twee mobiele loodschermen (0,5 mm Pb. Eq.) die tussen de röntgenbuis en de medewerkers worden geplaatst tijdens het onderzoek. Aan de behandeltafel hangen loodflappen (0,5 mm Pb. Eq.) ter bescherming van de gonaden. Daarnaast nemen de medewerkers bij de contrastseries, die door de pomp worden gegeven, afstand van de röntgenbuis. Indien mogelijk achter het bedieningsscherm. Omdat de kwadratenwet van toepassing is, is het nemen van afstand een effectieve manier om minder dosis te ontvangen. Een enkele keer wordt het contrast handmatig toegediend, waarbij de medewerkers tijdens de contrastserie zich naast de patiënt bevinden.

Methodologie

Onderzoeksopzet

Het onderzoek is uitgevoerd in het methodologisch domein interventioneel onder preventie. De resultaten van dit onderzoek kunnen namelijk een bijdrage leveren voor het aanpassen van de afscherming, om zo de ooglenz beter te beschermen. In het onderzoek worden de gegevens prospectief vergaard, waarbij gekeken wordt naar mogelijke verbanden. Namelijk of er een variabelen is die in verband staat met de ooglensdosis en in de toekomst de mogelijkheid geeft de ooglensdosis in te schatten. Om tot een resultaat te komen is een kwantitatief onderzoek uitgevoerd doormiddel van metingen met ooglensdosismeters bij IR en AL. Het betreft een observationeel onderzoek, waarbij geen wijzigingen aan de huidige situatie zijn aangebracht. In het onderzoek is niet met patiëntengegevens gewerkt en de gegevens van de medewerkers zijn geanonimiseerd. Voor het onderzoek zijn de medewerkers voorzien van extra dosismeters, om op deze manier de huidige stralingsbelasting van de medewerkers goed in beeld te brengen ¹³.

In het onderzoek is niet gewerkt met medewerkers- of patiëntgegevens. Om deze reden is een niet-WMO-verklaring aangevraagd en goedgekeurd door de Regionale Toetsingscommissie Patiëntgebonden Onderzoek (RTPO). Op grond van het ingediende onderzoeksprotocol is geconcludeerd dat het onderzoek niet onder de Wet medisch-wetenschappelijk onderzoek van mensen (WMO) valt. Aangezien de protocollen gelijk zijn gebleven tijdens het onderzoek en geen medewerkers- of patiëntgegevens zijn gebruikt was een WMO-verklaring niet noodzakelijk.

Onderzoekspopulatie

De metingen zijn uitgevoerd bij de IR en AL, werkzaam op de angiografiekamer. In het MCL werken drie vaste IR op de angiokamer en eenmaal per week is een externe IR aanwezig. Naast de IR is ook gemeten bij de AL, die tijdens de interventie naast de IR staan. In het MCL werken tien AL op de angiokamer, de AL wisselen per interventie af wie tijdens de interventie met de IR werkt.

Dataverzameling

De interventies worden uitgevoerd in de angiografie kamer van het MCL met behulp van het röntgen doorlichtingssysteem van Philips (Philips Xper Allura FD20). Voor de metingen van het onderzoek is gebruikt gemaakt van dosismeters geleverd door MDS. Zoals beschreven in het theoretisch kader hebben de dosismeters vergelijkbare eigenschappen op onder andere de gevoeligheid, waardoor de resultaten van de verschillende meters goed met elkaar kunnen worden vergeleken. Bij elke interventie worden de extra borst TLD en ooglenz TLD door de betreffende IR en AL gedragen.

Naast de dosismeters die zijn gedragen door de IR en AL, is de achtergrondstraling gemeten. Dit betreft twee borstdosismeters en twee ooglensdosismeters. Deze hebben gedurende twee weken, op de plek waar alle dosismeters van het onderzoek worden bewaard, de achtergrond dosis gemeten. De dosismeters voor het meten van de achtergrondstraling en de dosismeters voor de IR en AL hadden een gelijk start en eind meetpunt. Door het verkrijgen van de ruwe uitkomsten van de gedragen dosismeters, kon vervolgens met behulp van de verkregen achtergrond dosis, de juiste dosis worden berekend.

Elke IR heeft een eigen set dosismeters gekregen, om specifiek de verschillen tussen de radiologen te kunnen meten en een individueel advies op te stellen. Voor de AL is één gedeelde set dosismeters gebruikt welke is gedragen door de AL die tijdens de interventie de IR ondersteunt. De metingen zijn uitgevoerd over een periode van acht weken, waarbij de dosismeters elke twee weken zijn uitgelezen. Hoe vaker de dosismeters worden uitgelezen, hoe specifiek de uitkomsten van de

metingen te verklaren zijn. Bijvoorbeeld wanneer in een periode meer of langere interventies zijn uitgevoerd. Echter hebben de dosimeters een drempeldosis waar rekening mee moest worden gehouden. De drempeldosis is de dosis die behaald moet worden voor een betrouwbare meting. De uitslag van de dosis is in Sievert (Sv). Wanneer de dosimeters twee wekelijks worden uitgelezen is de drempeldosis 30 μSv ¹¹. Op basis van de dosis jaaroverzichten van de voorgaande jaren, is ingeschat dat de drempeldosis in een meetperiode van twee weken behaald zou worden. Voor het creëren van een representatieve meetperiode ten opzichte van de dagelijkse praktijk wordt geadviseerd minimaal drie periodes te meten ³. In deze studie zijn vier periodes gemeten, echter was op het moment van afronden van de studie slechts data van twee meetperiodes bekend.

Vervolgens is de data van de borstdosimeter, die wordt gebruikt voor monitoring, opgevraagd. Door deze data met de data van het onderzoek te vergelijken, is meer inzicht verkregen over de dosis die op de operatiekamer (OK) is ontvangen. Hierbij is de dosis van een meetperiode van vier weken vergeleken met dezelfde vier weken van de borstdosis van het onderzoek.

Naast de metingen van de dosimeters is bij elke interventie een kort logboek ingevuld (zie bijlage 3). Per interventie is beschreven wat voor type interventie het betreft, welke IR en AL de interventie uitvoeren, welke afscherming is gebruikt en of de extra dosimeters gedragen zijn. Uit het PACS is van elke interventie een dosisrapport verkregen. Door het koppelen van de gegevens van de juiste interventies aan IR en AL die de interventie hebben uitgevoerd, kunnen correlaties worden gevonden tussen de benoemde variabelen en de ooglensdosis.

Na het verkrijgen van alle data van het onderzoek, dit betreft zowel de uitkomsten van de metingen als de dosisrapporten en logboeken, is de data geëxtrapoleerd naar een jaar. Hierbij is rekening gehouden met de hoeveelheid onderzoeken die zijn uitgevoerd in het jaar 2017 en 2018. Op deze manier kan een realistisch beeld worden verkregen van de ontvangen jaardosis op de ooglens van de IR en AL.

Statistische informatie

Alle verkregen data van de logboeken, dosimeters en dosisrapporten zijn eerst verwerkt in Microsoft Excel 2016. Beschrijvende statistiek is toegepast op de data. Gemiddelde waarden per onderzoek zijn uitgerekend voor de doorlichttijd, DAP-waarde, ooglensdosis en borstdosis. Deze waarden zijn gebruikt om te extrapoleren naar een jaar.

Voor het zoeken naar correlaties tussen de ooglensdosis en andere waarden is gebruik gemaakt van toetsende statistiek. Met behulp van de Pearson's correlation van IBM SPSS Statistics versie 25.0 is bepaald of correlaties aanwezig zijn en of deze correlaties significant waren. Een coëfficiënt tussen de 0.10 en 0.29 geeft een zwak verband, tussen 0.30 en 0.49 een middelmatig verband en tussen 0.50 en 1.0 een sterk verband ¹³.

Resultaten

Onderzoek ooglens- en borstdosis

De waarden van de gemeten variabelen over de meetperiode van vier weken zijn weergegeven in tabel 1. Het aantal procedures per medewerker betreft alle procedures waarbij de dosimeters gedragen zijn in de meetperiode. De gemiddelde waarden in tabel 1 van de doorlichttijd, totale DAP, fluoro DAP, expo DAP, borstdosis en ooglensdosis zijn de gemiddelden per procedure. Wanneer gesproken wordt over borstdosis betreft dit de borstdosis diepte, welke gelijk is aan het persoonsdosisequivalent.

Tabel 1: Overzicht data per medewerker

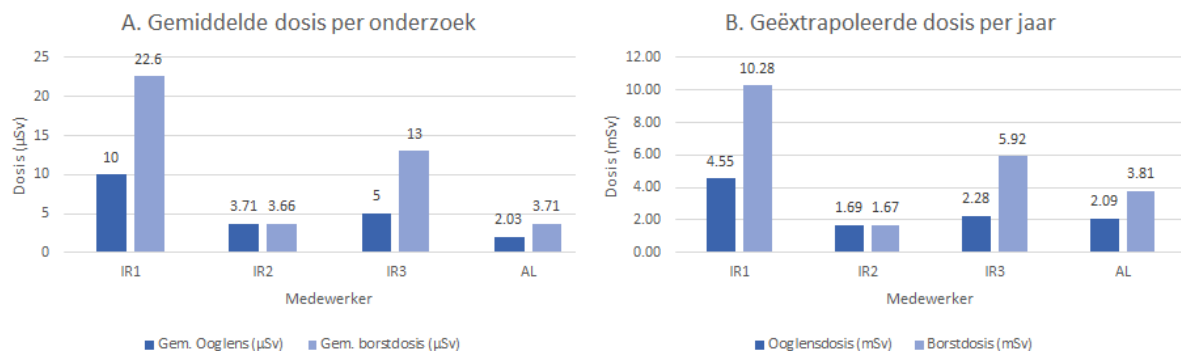
Medewerker	Aantal procedures	Gem. Doorlicht tijd (s)	Gem. DAP Totaal (Gy x cm ²)	Gem. DAP Fluoro (Gy x cm ²)	Gem. DAP Expo (Gy x cm ²)	Gem. Ooglens (μSv)	Gem. Borstdosis (μSv)
IR1	25	314 ± 368	35,67 ± 63,31	4,05 ± 6,24	31,62 ± 58,15	10,0	22,60
IR2	35	292 ± 590	28,60 ± 40,14	4,33 ± 10,25	24,26 ± 31,88	3,71	3,66
IR3	12	444 ± 823	47,12 ± 63,31	7,02 ± 14,00	40,09 ± 54,73	5,00	13,00
AL	79*	313 ± 538	33,63 ± 51,54	4,69 ± 9,38	28,94 ± 45,10	2,03	3,71

* zeven procedures zijn uitgevoerd in samenwerking met externe radiologen

IR = Interventieradioloog, AL = Angiolaborant, Gem. = Gemiddeld, DAP = Dose Area Product

IR2 heeft de laagste gemiddelden van de interventieradiologen met de gem. doorlichttijd (292s), gem. totale DAP (28,60 Gy x cm²), gem DAP-expo (24,26 Gy x cm²), ooglensdosis (3,71 μSv) en borstdosis (3,66 μSv) weergegeven in tabel 1. IR1 heeft de hoogste gemiddelden bij de ooglensdosis (10,0 μSv) en borstdosis (22,60 μSv). IR3 heeft de hoogst gemiddelde doorlichttijd (444s) en de hoogst gemiddelde DAP-waarde (47,12 Gy*cm²).

Om een schatting te maken van de dosis op jaarbasis wordt uitgegaan van het hoogste aantal procedures. Om een correcte schatting te maken is gebruik gemaakt van het aantal onderzoeken op de angiokamer in 2017 (1019 onderzoeken) en 2018 (1036 onderzoeken). IR2 heeft 35 van de 79 procedures uitgevoerd (44.3%). Jaarlijks worden gemiddeld 1028 procedure uitgevoerd (1019+1036/2). IR2 voert jaarlijks gemiddeld 455 procedures uit (44.3% van 1028). Voor de extrapolatie naar jaardosis is gebruikt gemaakt van 455 procedures per radioloog en 1028 procedures voor de laboranten.



Figuur 3: Ooglensdosis en borstdosis per medewerker.

3A: Gemiddelde dosis per onderzoek in μSv.

3B: Geëxtrapolerde jaardosis per medewerker in mSv.

In figuur 3A is de gemiddelde dosis per onderzoek weergegeven om de onderlinge verschillen tussen de medewerkers te tonen. Figuur 3B geeft de geëxtrapoleerde dosis per jaar weer, de dosis is hierbij in mSv om duidelijk een vergelijking te maken met de limiet van 20 mSv.

Om een uitspraak te kunnen doen over de dosis buiten de angiografie is gekeken naar het verschil in dosis tussen de standaard borstdosisbadge en de extra badge gedragen voor dit onderzoek. De verschillen tussen de standaard borstdosismeter en de extra borstdosismeter zijn weergegeven in tabel 2. De verschillen in dosis van vier weken zijn omgerekend naar een jaar.

Tabel 2: Overzicht verschil in dosis totaal en dosis angiografie

	Borstdosis monitor (4 wk)	Borstdosis onderzoek (4 wk)	Borstdosis verschil (4 wk)	Borstdosis verschil (52 wk)
IR1	0,65 mSv	0,58 mSv	0,07 mSv	0,91 mSv
IR2	0,14 mSv	0,13 mSv	0,01 mSv	0,13 mSv
IR3	0,14 mSv	0,13 mSv	0,01 mSv	0,13 mSv

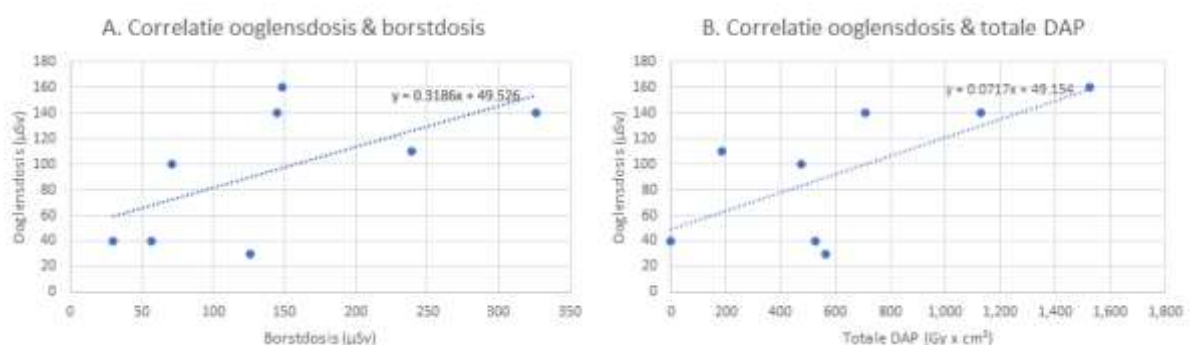
Onderzoek aanwezigheid correlaties

De, met Pearson correlation bepaalde, correlaties tussen de ooglensdosis en andere variabelen zijn weergegeven in tabel 3. Tussen de ooglens en de verschillende variabelen in tabel 3 zit een sterk verband (Pearson correlation >,50), echter betreft het in alle gevallen geen significantie. Wel is een marginale trend zichtbaar, waarbij de significantie dichtbij de drempelwaarde van $p=0.05$ ligt.

Tabel 3: Uitkomst Pearson correlation SPSS

		Borstdosis	Doorlichttijd	DAP- waarde	DAP- Fluoro	DAP- expo
Ooglensdosis	Pearson correlation	,620	,665	,681	,624	,688
	Sig. (2-tailed)	,101	,072	,063	,098	,059
	N	8	8	8	8	8

Spreadingsdiagrammen van de correlaties tussen de ooglensdosis, borstdosis en totale DAP zijn weergegeven in figuur 4. Om in de toekomst een ruwe schatting te maken van de ooglensdosis op basis van de borstdosis en totale DAP zijn de volgende formules opgesteld: ooglensdosis = $0,32 \times$ borstdosis + 49,53 en ooglensdosis = $0,072 \times$ totale DAP + 49,15.



Figuur 4: Spreadingsdiagram correlatie ooglensdosis/borstdosis/totale DAP

4A: Correlatie tussen de ooglensdosis en borstdosis

4B: Correlatie tussen de ooglensdosis en de totale DAP

Discussie

In dit praktijkgericht onderzoek is onderzocht wat de dosis is die de radiologisch medewerkers op de angiografie ontvangen op de oog lens. Daarnaast is gekeken of een variabele uit het dosisrapport of de borstdosis een correlatie heeft met de oog lensdosis. Op deze manier zou in de toekomst de oog lensdosis zonder oog lensdosismeter kunnen worden geschat. Uit dit onderzoek is gebleken dat een significante correlatie niet is aangetoond. Wel is een sterke correlatie gevonden waarbij een trend zichtbaar is. Deze correlatie kan in de toekomst als richtlijn worden gebruikt voor het inschatten van de oog lens. Echter geldt hierbij wel dat de omstandigheden, zoals beschreven in het onderzoek, gelijk moeten blijven. Het gebruik van de factor, berekend uit de gevonden correlatie, is de meeste valide keuze om de oog lensdosis in de toekomst in te schatten. De recente onderzoeken die zijn gedaan naar correlaties met oog lensdosis zijn minder toepasbaar, omdat de werkwijze per ziekenhuis erg verschillend is.

Geëxcludeerde onderzoeken

In deze studie zijn om verschillende redenen onderzoeken niet meegerekend in de resultaten. Zo is van tevoren besloten de onderzoeken op de OK niet mee te nemen. Deze keuze is gemaakt in overleg met de opdrachtgever, IR en AL. Doordat bij bijna alle interventies op de OK sprake is van spoed, zoals bijvoorbeeld acute bloedingen, is de kans erg groot dat de extra dosimeters worden vergeten. De dosimeters en het logboek bevinden zich beneden in de angiografiekamer, welke zich ver van de OK bevindt, waardoor dit logistiek ook lastiger zou zijn. Daarnaast wordt op de OK met een ander systeem gewerkt en is de positie van de IR en AL ten opzichte van de röntgenbuis verschillend, hierdoor zou de data lastiger te verklaren zijn.

Juist doordat op de OK voornamelijk complexe spoed interventies worden uitgevoerd, is dit een plek waar theoretisch gezien langere doorlichttijden en hogere DAP-waardes worden gehaald. Dit zou een reden zijn om juist op de OK te metingen uit te voeren. Echter voegt dit niets toe wanneer de dosimeters worden vergeten. Om deze reden is ervoor gekozen de interventies op de OK te excluderen. Deze keuze heeft als gevolg dat de jaardosis in het onderzoek een onderschatting is van de werkelijke dosis. Om in te schatten hoe groot deze onderschatting is, is de netto borstdosis van het onderzoek vergeleken met de borstdosis van de monitor borst dosismeter. Hieruit blijkt het grootste verschil bij IR1. Dit betreft 0,07 mSv over een periode van vier weken. Indien 52 weken per jaar zou worden gewerkt, dit is een overschatting, betreft dit 0,91 mSv op jaarbasis aan dosis op de OK. Met de hoogst gemeten oog lensdosis zou dit uitkomen op 5,46 mSv per jaar. Waarbij de oog lensdosis theoretisch gezien, door de richting van de strooistraling, altijd lager is dan de borstdosis. Zelfs met deze ruime overschatting van de totale oog lensdosis, blijft deze ver onder de limiet.

Naast de bewust geëxcludeerde onderzoeken, zijn de dosimeters tijdens de meetperiode bij enkele onderzoeken op de angiografiekamer niet gedragen. Dit is voorgevallen doordat bijvoorbeeld een spoedgeval plaatsvond in een dienst en de betreffende IR en AL vergeten zijn de extra dosimeters te dragen. Tijdens enkele andere interventies is ook vergeten de extra dosimeters te dragen. Doordat een logboek is bijgehouden, is achteraf gecontroleerd welke onderzoeken dit betrof. Hierdoor zijn de juiste onderzoeken geëxcludeerd en heeft dit geen verdere gevolgen voor de betrouwbaarheid van het onderzoek gehad.

Verschillen bij radiologen

Onderlinge verschillen van dosis zijn aanwezig tussen de IR en AL. Opvallend is de hoge gemiddelde borstdosis van IR1. IR2 heeft de laagste gemiddelde oog en borstdosis, dit is logischerwijze te verklaren door een lagere gemiddelde doorlichttijd en DAP-waarde. Een bijdrage aan het verschil in dosis tussen de radiologen kan mogelijk worden verklaard door de plaatsing van het loodschermbij tijdens het doorlichten. Alle radiologen gebruiken het scherm en verplaatsen deze tijdens de interventie, echter kan bijvoorbeeld de hoogte van het loodschermbij een verschil tussen borst en oogdosis veroorzaken. Om meer duidelijkheid te geven aan de verschillen in dosis zou specifiekere gekeken moeten worden naar het verschil in werkwijze van de radiologen. Dit betreft niet alleen de hoeveelheid onderzoeken en de positie tijdens het onderzoek, maar ook de hoeveelheid series bij welke procedures.

Gedeelde dosismeter

Doordat de tien AL dezelfde dosismeter hebben gedragen, is niet specifiek te bekijken hoeveel dosis een specifieke AL ontvangt. Echter was dit noodzakelijk, in verband met de drempeldosis, om betrouwbare data te verkrijgen. Vanuit de gedeelde dosismeter kan een schatting worden gemaakt, wanneer alle AL theoretisch gezien even vaak zouden assisteren, naar de ontvangen jaardosis per AL. De AL komen als gezamenlijk jaardosis niet hoger dan 3,81 mSv aan borstdosis en 2,09 mSv aan ooglensdosis.

Methode onderzoek

Voor de methode van dit onderzoek is gekeken naar de adviezen die zijn gegeven door de ICRP-richtlijnen. In Boal, *et al.* wordt gesproken over een document dat is opgesteld als richtlijn voor het onderzoeken van de ooglensdosis⁷. Dit betreft TECDOC nr. 1731, hier wordt aangegeven op welke punten moet worden gelet tijdens het uitvoeren van onderzoek naar de ooglensdosis¹⁰. Voor de dosimeters wordt geadviseerd voor het gebruiken van een $H_p(3)$ dosimeter, welke de meest betrouwbare meting geeft. In het onderzoek is gebruik gemaakt van een $H_p(3)$, welke gedragen is vlak boven het oog wat zich het dichtstbij de stralingsbron bevindt. Zoals onderzocht in Sandblom is de positie boven het oog het meest representatief voor het nabootsen van de werkelijk ontvangen ooglensdosis¹⁴.

Beperkingen

Bij de opgestelde limiet wordt gesproken over een maximaal te ontvangen equivalente dosis per jaar van 20 mSv. Deze dosis geldt voor een jaar en in deze studie is gemeten over een periode van vier weken. Om iets te kunnen zeggen over de te ontvangen jaardosis, is de data geëxtrapoleerd naar een jaar. Hierbij is rekening gehouden met de hoeveelheid onderzoeken die over het jaar 2017 en het jaar 2018 zijn uitgevoerd. Voor de berekening is uitgegaan van de IR2, welke de meeste onderzoeken heeft uitgevoerd tijdens het onderzoek. Door tijdelijke afwezigheid van een IR, heeft IR2 uitzonderlijk veel onderzoeken uitgevoerd, waardoor dit een overschatting betreft. Vervolgens is het percentage van de uitgevoerde onderzoeken van IR2 (44,3%) gebruikt voor het extrapoleren van de dosis van alle IR.

Achtergronddosimeters

Bij het monitoren van de dosis die de medewerkers ontvangen wordt de uitslag verkregen in een netto dosis. Hierbij is een landelijk gemiddelde voor de achtergronddosis van de ruwe data afgetrokken. In deze studie zijn eigen achtergrond metingen gedaan doormiddel van twee extra borstdosimeters en twee extra ooglensdosimeters. Deze meters bevonden zich op de plek waar alle meters bewaard zijn gedurende de onderzoeksperiode. Echter heeft tijdens het onderzoek een vergissing plaatsgevonden en is door een medewerker de achtergronddosimeter 1 een keer gedragen tijdens een interventie. Hiervan is gelijk melding gedaan, waarna bij de betreffende meetperiode enkel gebruik is gemaakt van achtergrondmeter 2. Om de betrouwbaarheid van achtergrondmeter 2 te bevestigen is deze vergeleken met eerdere achtergrondmetingen, waarna de meting betrouwbaar is gevonden.

Conclusie

De uitkomsten van de equivalente dosis voor de onderzochte werknemers zijn allen beneden de opstelde limiet van 20 mSv per jaar. Namelijk als hoogste uitkomst IR1 met 4,55 mSv equivalente dosis op de ooglens per jaar. Het advies op basis van het onderzoek luidt dat in de huidige situatie voldoende rekening wordt gehouden met afscherming en afstand, waardoor geen aanpassingen nodig zijn. Indien dezelfde apparatuur wordt gebruikt en de werkwijze van de radiologen gelijk blijft, kan in de toekomst op basis van de borstdosis een schatting worden gemaakt van de ooglensdosis met behulp van de opgestelde formules. De correlatie is niet significant bevonden, echter is een trend wel zichtbaar waardoor deze als betrouwbaar kan worden beschouwd. Wanneer men in de toekomst exact wil vaststellen hoe hoog de ooglensdosis is, zullen nieuwe metingen moeten worden uitgevoerd.

Literatuur

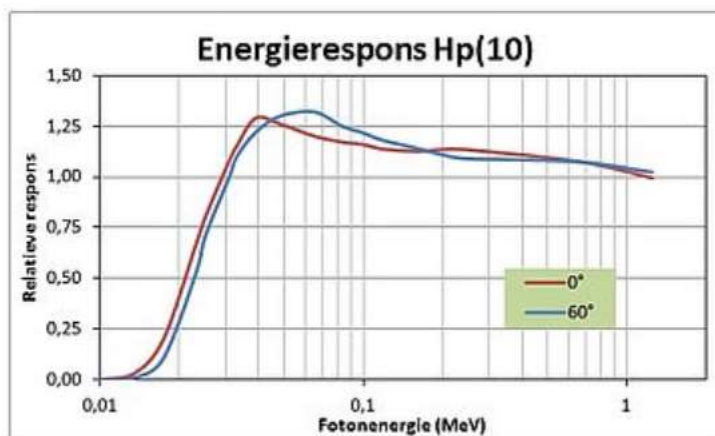
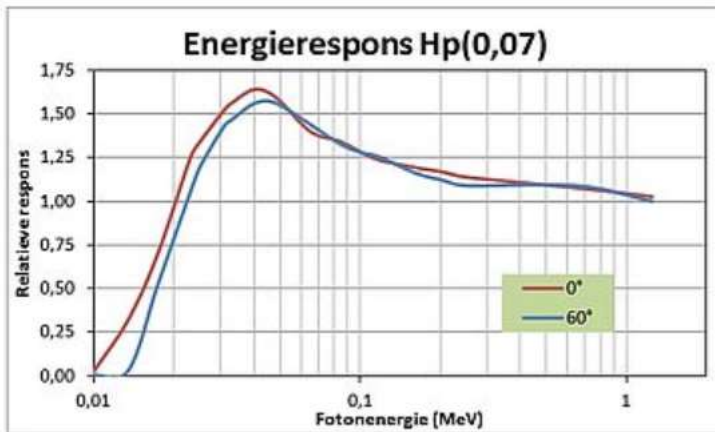
1. Sánchez, R.M., Vañó, E., Fernández, J.M., Rosati, S., López-Ibor, L. Radiation Doses in Patient Eye Lenses during Interventional Neuroradiology Procedures 2015. American Society of Neuroradiology: p. 6.
2. Thome, C., Chambers, D.B., Hooker, A.M., Thompson, J.W., Boreham, D.R. Deterministic effects to the lens of the eye following ionizing radiation exposure: is there evidence to support a reduction in threshold dose? 2018. Health Physics Society: p. 16.
3. Kollaard, R.P., Valk, D., Damen, M., Goessens, B., Grimbergen, T.W.M., Henken, K.R., Hoornstra, J.P.C., Idema, W., Kicken, P.J.H., Lagerweij, M.C.M, Maass, A.H., Schultze Kool, L.J., Struelens, L., Waard, I.R. de. Guidelines for Radiation Protection and Dosimetry of the Eye Lens 2018. Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie (NCS): p. 80.
4. Stilma, J.S., Voorn, Th. B. Oogheekunde. Houten: Bohn Stafleu van Loghum; 2008. p. 390
5. Tan, H., Pol, B.A.E. van der, Stilma, J.S. Leerboek oogheekunde. Houten: Bohn Stafleu van Loghum, Springer Media; 2013. p. 232
6. Vano, E., Kleiman, N.J., Duran, A., Rehani, M.M., Echeverri, D., Cabrera, M. Radiation Cataract Risk in Interventional Cardiology Personnel 2010. Radiation Research Society: p. 7.
7. Boal, T.J., Pinak, M. Dose limits to the lens of the eye: International Basic Safety Standards and related guidance 2013. ICRP: p. 6
8. Mirion Dosimetry Services. TLD Fotonendosismeter [Internet]. 2019. Beschikbaar via: <https://www.mirion.com/dosimetrie-nl/producten-dosimetrie/tld-fotonendosismeter>
9. Public Dosimetry Services. Eye Dosemeters [Document]. 2018. Beschikbaar via: https://www.phe-protectionservices.org.uk/cms/assets/gfx/content/resource_2974cs6788076842.pdf
10. International Atomic Energy Agency. Implications for Occupational Radiation Protection of New Dose Limit for the Lens of the Eyes 2013. TECTOC nr. 1731. IAEA: p.48.
11. Nucleair Research and consultancy Group. TLD Fotonendosismeter [Internet]. 2018. Beschikbaar via: <https://www.nrg.eu/products-services/controller/Product/action/show/subproduct/dosimetrie/product/fotonendosismeter.html>
12. Dosimetrie.nl. Ooglensdosismeter [Foto]. 2018. Beschikbaar via: https://mirion.s3.amazonaws.com/cms4_mirion/files/pdf/nrg_informatiewijzer_ooglensdosimeter.pdf?1545082260
13. Bakker, E., Buuren, H. van. Onderzoek in de gezondheidszorg. Groningen: Noordhoff Uitgevers B.V.; 2014. p. 280
14. Sandblom, V. Evaluation of Eye Lens Doses Received by Medical Staff Working in Interventional Radiology at Sahlgrenska University Hospital 2012. University of Gothenburg: p. 41

Bijlage I - Afkortingen

AL	Angiografie laborant(en)
Bbs	Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming
BSS	Basic Safety Standards
DAP	Dose Area Product
Gy	Gray
IBM	International Business Machines Corporation
IR	Interventie radiolo(o)g(en)
kV	Kilovolt
mAs	Milliampère · seconde
MBRT	Medisch beeldvormende en radiotherapeutische technieken
MCL	Medisch Centrum Leeuwarden
MDS	Mirion Dosimetry Services
NCS	Netherlands Commission of Radiation Dosimetry
NRG	Nuclear Research and consultancy Group
PACS	Picture Archiving and Communication Systems
PHE	Public Health England
PTFE	Poly Tetra Fluor Ethyleen
RTPO	Regionale Toetsingscommissie Patiëntgebonden Onderzoek
SID	Source Image Distance
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Sv	Sievert
TLD	Thermoluminescentiedetectie
WMO	Wet medisch-wetenschappelijk onderzoek van mensen

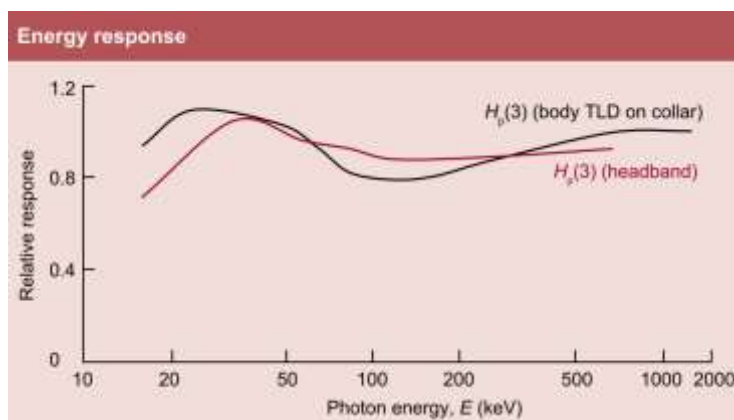
Bijlage II – Energie respons TLD dosimeters

Borstdosimeter in MeV



(Mirion Dosimetry Services, 2019)

Ooglendosimeter in KeV



(Personal Dosimetry Service, 2017)

Bijlage III – Logboek

Logboek

(Onderzoekperiode start 4 maart)

Datum:

Tijd start onderzoek:

Soort onderzoek:

Spoed Ja ☐ Nee ☐

Aanwezige medewerkers:

Interventie radioloog:

Gedragen afscherming:

Dosimeters gedragen:

Loodschort Ja ☐ Nee ☐

Ooglensdosimeter Ja ☐ Nee ☐

Loodbril Ja ☐ Nee ☐

Extra borstdosimeter Ja ☐ Nee ☐

MBB'er steriel aan tafel:

Gedragen afscherming:

Dosimeters gedragen:

Loodschort Ja ☐ Nee ☐

Ooglensdosimeter Ja ☐ Nee ☐

Loodbril Ja ☐ Nee ☐

Extra borstdosimeter Ja ☐ Nee ☐

Gebruikte afscherming:

Loodglas Ja ☐ Nee ☐

Loodflappen Ja ☐ Nee ☐

Anders:

Bijzonderheden: