

As Low As Reasonably Achievable

Hoe gerechtvaardigd is het dogma van
ALARA?



Essay in het kader van de master opleiding Medical Imaging in
an European context.
Hendrik Erenstein, 2014.

Samenvatting

Sinds de ontdekking van de Röntgenstraling door Wilhelm Conrad Röntgen in 1895 heeft straling een prominente rol gekregen in de medische beeldvorming. Al snel was men zich bewust van de mogelijke gevaren van deze straling en worden limieten gesteld.

Na de Tweede Wereldoorlog vond er echter een revolutie plaats. Met de ontwikkelingen op het gebied van kernfysica en het vallen van de atoombommen op Hiroshima en Nagasaki kwam veel nieuwe kennis beschikbaar. De International Commission on Radiological Protection (ICRP) werd opgericht als internationaal adviesorgaan met betrekking tot stralingsbescherming.

Het hiervoor genoemde vallen van de atoombommen zorgden voor een zeer grote populatie blootgestelde mensen. Uit deze populatie is veel kennis verkregen met betrekking tot de gevolgen van straling. Deze kennis staat dan ook aan de basis van de 'Linear no-threshold theory' (LNT-theorie). De LNT-theorie beschrijft het effect van straling als een lineair verband. Met andere woorden: vanaf het moment van blootstelling aan straling loopt een persoon het risico tot het ontwikkelen van een fatale tumor. Hoewel er meerdere theoriën zijn wordt de LNT-theorie nog steeds als basis gebruikt voor de hedendaagse stralingbescherming en daarbij behorende wetgeving. Vanuit de LNT-theorie is het ALARA principe ook ontstaan. Gezien het aangenomen schadelijk effect van straling is het gewenst om deze dosis zo laag als redelijkerwijs mogelijk te houden.

De ICRP heeft internationaal adviesorgaan een grote invloed op de Nederlandse wetgeving. Dit gebeurt doordat de Europese Gemeenschap door middel van de Euratom veelal het advies van de ICRP als richtlijnen voor de lidstaten verplicht stelt. De Nederlandse wetgeving bestaat uit drie verschillende onderdelen. Aan de basis ligt de Kernenergiewet (KeW), hierin staat alles omtrent het gebruik van straling en radioactieve stoffen beschreven. Hierop volgt is het Besluit stralingsbescherming (BS). In het BS zijn de eisen, normen en limieten met betrekking tot stralingbescherming voor de populatie beschreven. Het laatste onderdeel van de wetgeving zijn de zogenaamde regelingen. Hierin staat onder andere beschreven wat gerechtvaardigd is voor het gebruik van straling en radioactieve stoffen.

Hoewel de wetgeving duidelijk de beperkingen van het gebruik van straling beschrijft laat het toch enige ruimte over. In principe mag men geen straling gebruiken als het schadelijk effect hiervan niet opweegt tegen de voordelen. Hoewel dit vrij logisch klinkt is het daadwerkelijk toepassen hiervan relatief ingewikkeld. Afhankelijk van de situatie kan men overwegen om van het eerder genoemde ALARA principe af te stappen.

Denk bijvoorbeeld aan oudere patiënten. De directe negatieve effecten van intraveneuscontrast wegen wellicht niet op tegen de lange termijn effecten van straling. Een ander voorbeeld is het maken van Röntgenopnames van een zwangere vrouw. Van oudsher is dit een taboe, het is inmiddels echter bekend dat de dosis voor de foetus in veel gevallen vrijwel onmeetbaar is. Het maken van Röntgenopnames is in zekere zin dus gerechtvaardigd. Hierbij verliest men echter de gevoelens van de zwangere vrouw uit het oog, deze spelen natuurlijk ook een rol.

Hiernaast kan men zich afvragen in hoeverre het hanteren van het ALARA principe gerechtvaardigd is voor het overhandigen van loodschorten aan begeleiders van patiënten of blootgesteld medewerkers. Afhankelijk van de situatie kan de daadwerkelijke dosis lager zijn dan een vliegtuigvlucht of het eten van een halve banaan. Speelt men de vaak irrealistische angst voor straling niet mee in de hand met het altijd overhandigen van loodschorten?

Het daadwerkelijke toepassen van het ALARA principe is in sommige situaties minder gerechtvaardigd dan veel mensen denken. Het heersende dogma kan, afhankelijk van de situatie, flexibeler gehanteerd worden.

Is het geen tijd voor een paradigmaverschuiving?

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Inhoudsopgave	3
Inleiding	4
Hoofdstuk 1: Wetenschapsfilosofie	6
Bewijs laat zien wat waar is	6
Tegenbewijs toont (on)waarheden aan	6
Waarheid is slechts tijdelijk.....	7
Praktische toepassing.....	7
Hoofdstuk 2: Recht.	8
De zwangere vrouw	9
De oudere mens.....	9
De begeleider en laborant	9
Hoofdstuk 3: Ethiek.....	10
De zwangere vrouw	10
De oudere mens.....	11
De begeleider	11
De laborant.....	12
Uitspraak.....	13
Literatuur	14

Inleiding

8 november 1895 ontdekte Wilhelm Conrad Röntgen een nieuw fenomeen, hij noemde dit fenomeen X-stralen¹. De naamkeuze kwam voort uit de onduidelijkheid die er nog was over deze stralen. De ontdekking van de X-stralen leidde tot een revolutie binnen de medische wetenschappen, het menselijk lichaam kon ineens blootgelegd worden zonder schijnbare risico's.

In de jaren volgend op de publicatie zijn er veel ontdekkingen gedaan op het gebied van, wat we nu kennen als, ioniserende straling. Vele namen maakten onderdeel uit van deze ontdekkingen, onder andere Thomas Edison en Pierre en Marie Curie behoren tot deze grote groep wetenschappers.

Deze geweldige ontwikkeling werd overschaduwd door een negatief aspect van de straling. Artsen en technici die veel met ioniserende straling in aanraking kwamen begonnen klachten te vertonen. De meest voorkomende klacht was irritatie van de huid van de handen met uiteenlopende ernst. In sommige gevallen moesten vingers worden afgezet omdat kleine wondjes niet meer heelden. Deze ontwikkelingen zorgden voor het oprichten van het Britse "X-ray and Radium protection agency" in 1928 en hiermee de basis voor de stralingsbescherming zoals we het tegenwoordig kennen.

Na de Tweede Wereldoorlog kwam deze commissie weer bijeen, nieuwe ontwikkelingen zorgden ervoor dat er een nieuwe naam nodig was om een meer algemeen stralingsbeschermend doel weer te geven. De naam "International Commission on Radiological Protection" (hierna ICRP) geeft weer dat de ontwikkelingen op het gebied van kernfysica tijdens de Tweede Wereldoorlog ook behoorden tot het doelgebied van de ICRP. Sinds de oprichting verzorgt de ICRP een internationale adviestaak op het gebied van stralingsbescherming.

Langzaam werd duidelijk dat de acute effecten van straling niet de enige zorg waren bij de bescherming tegen straling. Ook de lange termijn effecten, met name kanker, werden steeds duidelijker. De ICRP gaf dit in 1977 weer met publicatie 26 (ICRP-26)². De nadruk ligt hierbij op een lineaire benadering van de effecten en straling, de zogenaamde 'linear no-threshold theory' (LNT-theorie). De LNT-theorie neemt aan dat elke dosis straling, hoe laag het ook is, een risico toename voor kanker inductie betekent. In hoofdstuk 1 zal de LNT-theorie belicht worden. Zijn er sinds 1977 geen wetenschappelijke ontwikkelingen geweest die deze theorie falsificeren?

De adviezen van de ICRP worden via de Europese Gemeenschap opgenomen in de Nederlandse wetgeving. De huidige wetgeving bestaat uit de Kernenergiewet (Kew, 1967) en het Besluit stralingsbescherming (BS, 1987)³. Hoofdstuk 2 zal meer duidelijkheid bieden met betrekking tot de (landelijke) wetgeving. In deze wetgeving komt de, internationaal geaccepteerde, term "As Low As Reasonably Achievable" (ALARA) terug. Gezien de aard van LNT-theorie is het natuurlijk een belangrijk streven om de stralingsdosis (dosis) zo laag als redelijkerwijs mogelijk te houden. Zowel voor patiënt als uitvoerend werker.

Binnen de medische beeldvorming in Nederland wordt het ALARA principe dan ook als dogmatisch argument aangedragen om de dosis zo laag mogelijk te houden. Maar in hoeverre is dit realistisch? Zijn er wellicht situaties waarbij men moet overwegen juist meer dosis te gebruiken? Is het geen tijd voor een paradigmaverschuiving met betrekking tot het gebruik van het ALARA principe?

Omdat de praktijk situatie oppervlakkig te bespreken is er gekozen om het ALARA principe aan de hand van vier casus de belichten. Hierbij zal de gemiddelde patiënt niet besproken worden maar juist worden gekeken naar categorieën die een extra overweging waard zijn. De zwangere vrouw is de eerste casus. Waarom is het van oudsher een taboe om röntgenopnames te maken bij deze categorie? De oudere mens speelt ook een grote rol in dit essay. Zijn er geen andere risico's waar men rekening mee moet houden bij beeldvorming van jongere patiënten? Spelen de gevoelens van de vader die bij zijn zoontje blijft staan tijdens het onderzoek (de begeleider) ook mee? Als laatste maakt de blootgestelde medewerker (de laborant) natuurlijk onderdeel uit van deze discussie omdat deze in centraal staat bij de toepassing van ioniserende straling. Deze categorieën zullen vanuit een wetenschapsfilosofisch, rechtskundig en ethisch perspectief belicht worden.

Hoofdstuk 1: Wetenschapsfilosofie

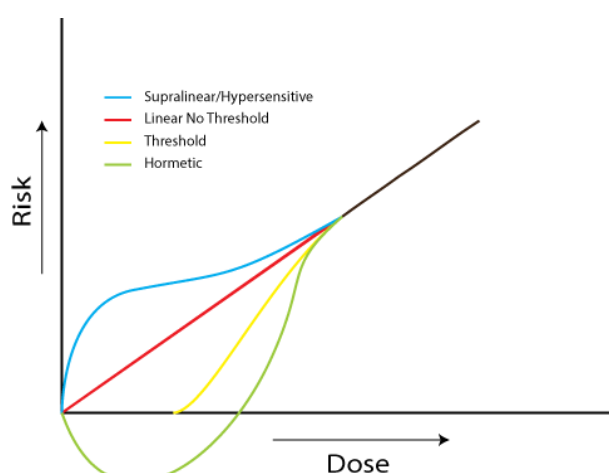
Zoals reeds besproken is de theorie die centraal staat in het ALARA principe is de 'linear no-threshold theory' (LNT-theorie). Deze theorie is voortgekomen uit verschillende 'hoge dosis populaties' die onder andere zijn ontstaan uit de bombardementen van Hiroshima en Nagasaki.³ Deze populaties hebben een relatief hoge dosis ontvangen (>100mSv) en toonden een toegenomen kanker incidentie. Dit is zichtbaar aan de zwarte lijn in figuur 1. Uit deze populaties is de LNT-theorie opgesteld en gepubliceert in ICRP – 26 en vormt in veel landen sindsdien als de basis voor de stralingsbescherming. Waar veel mensen echter niet realiseren is dat, gezien het gebrek aan bewijs, de LNT-theorie geen theorie is maar een hypothese. Hierna spreken we ook van de LNT- hypothese en niet de LNT-theorie. Er zijn zelfs tegenhangende hypothesen. Stralingshormese (hierna, hormese) de meest bekende tegenhanger, gaat zelfs zo ver om te zeggen dat straling op lage doses een helend effect heeft.^{4,5}

Bewijs laat zien wat waar is

De LNT-hypothese en de aanname hiervan is een empirisch standpunt. Vanuit een empirisch standpunt zoekt men naar bewijs voor een bepaalde stelling⁶. De stelling in kwestie is 'Straling vergroot de kans op kanker'. De 'hoge dosis populaties' waar de LNT-hypothese zijn oorsprong in vindt bewijzen dit.

Zodra we de stelling echter gaan aanpassen naar de praktijksituatie, dus naar een laag dosis gebied (<100mSV), begint het echter minder eenvoudig te worden.

Er is slechts in geringe mate bewijs voor het schadelijk effect van straling in het lage dosis gebied, de gekleurde lijnen. Volgens meerdere publicaties zou men zelfs de conclusie kunnen trekken dat er een helend effect is. In het lage dosis gebied is dus bewijs voor meerdere hypothesis, de stelling 'Straling, ook lage doses, veroorzaakt kanker' is hierdoor onmogelijk aan te tonen vanuit een empirisch standpunt.



Figuur 1, Weergave van risico met betrekking tot dosis.⁷

Tegenbewijs toont (on)waarheden aan

De tegenhanger van het empirisme is het kritisch rationalisme. Vanuit een kritisch rationalistisch standpunt zoekt men niet naar bewijs voor een stelling, maar juist tegenbewijs. In het geval van de stelling 'Straling, ook lage doses, veroorzaakt kanker' kan men dus falsificeren, er is immers tegenbewijs. Hetzelfde gaat echter ook op voor hormese. Er is immers bewijs dat straling in het lage dosis gebied wel kanker veroorzaakt. Sterker nog, er zijn bewijzen dat enkele mensen hyper sensitief zijn voor straling. Deze hyper sensitiviteit zal in hoofdstuk 3 nog kort worden aangehaald.

Zowel een empirisch als kritisch rationeel standpunt kunnen ons geen duidelijkheid bieden in deze discussie. Vanuit de stralingsbescherming heeft men dus geen wetenschappelijke sturing om keuzes te maken.

Waarheid is slechts tijdelijk

Zoals hiervoor beschreven is er bij de bovengenoemde standpunten geen mogelijkheid tot wetenschappelijke sturing van de stralingsbescherming. Vanuit een economische- en veiligheids overweging reden kan er gekozen worden voor het aannemen van de LNT- hypothese als werkhypothese. In de volgende hoofdstukken zal er nog kort ingegaan op het sociaal economische aspect. Er wordt erkend dat er andere theorieën zijn, maar zover er geen definitieve uitspraak over gedaan kan worden dient men de LNT- hypothese, en hiermee het ALARA principe, te hanteren. In zekere zin hanteert men de LNT-hypothese binnen de stralingsbescherming, vanuit een enigszins paradigmatisch standpunt. Dat wil zeggen dat de LNT-hypothese, ook in het lage dosis gebied voor waar aangenomen is totdat er doorslaggevend tegenbewijs is.

Praktische toepassing

Het standhoudende dogmatisch gebruik van het ALARA principe toont de laatste jaren een verschuiving. Er zijn in toenemende mate berichten vanuit het werkveld waar uit naar voren komt dat lang niet alle ziekenhuizen loodschorten overhandigen aan begeleiders en dat er röntgen opnamen gemaakt worden van zwangere vrouwen. Deze paradigma verschuiving wordt vaak met onbegrip geobserveerd vanuit andere ziekenhuizen. Maar zoals uit de volgende hoofdstukken zal blijken is deze paradigma verschuiving onderbouwd met wetenschappelijke literatuur, gerechtvaardigd en ethisch verantwoord.

Hoofdstuk 2: Recht.

De Nederlandse wetgeving met betrekking tot stralingbescherming van de bevolking bestaat uit meerdere onderdelen. De basis is gegeven in de Kernenergiewet (Kew)⁸ welke stamt uit 1967. Hierop volgend staat het Besluitstralingbescherming (BS)⁹, niet te verwarren met het Besluit Stralingsbescherming Kernenergiewet (BsK). Het BsK is in 1987 vervangen door het BS, de reden hiervoor een grote hoeveelheid nieuwe kennis met betrekking tot de risico's van straling en aanbevolen limieten (ICRP – 26). Hoewel er meerdere besluiten zijn zal in dit hoofdstuk worden ingaan op het BS omdat deze de meest relevante informatie bevat met betrekking tot het onderwerp van dit essay. Als laatste zijn er meerdere regelingen die gekoppeld zijn aan het BS, omdat deze regelingen minder relevant zijn aan de vraagstelling wordt hier minder op ingegaan.

De hiervoor beschreven wetgeving komt voort uit het advies van het ICRP. Deze adviezen worden overgenomen door de Europese Gemeenschap (EG) in de Euratom richtlijnen. Deze richtlijnen vormen een raamwerk voor de Europese lidstaten welke hun nationale wetgeving binnen vier jaar dienen aan te passen op de richtlijnen van de EG. Veelal worden deze richtlijnen zonder wijzigingen overgenomen in de landelijke wetgeving maar dit zou eventueel aangescherpt kunnen worden.

Een van de belangrijkste aspecten van het BS is dat er het gebruik van ioniserende straling sprake moet zijn van rechtvaardiging (BS, H2). Artikel 4 (BS) zal een centrale rol spelen in de toepasbaarheid van het ALARA principe:

“Onze Minister rechtvaardigt een handeling of een categorie van handelingen slechts indien de economische, sociale en andere voordelen van de betrokken handeling of categorie van handelingen opwegen tegen de gezondheidsschade die hierdoor kan worden toegebracht.”

Met andere woorden, zodra er een voordeel van het gebruik van ioniserende straling is dat zwaarder weegt dan het potentieel risico hiervan is het gebruik van ioniserende straling gerechtvaardigd. Verdere beschrijvingen van de term rechtvaardiging binnen het BS is terug te vinden in ‘regeling bekendmaking rechtvaardiging gebruik van ioniserende straling’¹⁰. Hierin wordt onder andere aangegeven dat er sprake is van rechtvaardiging zodra er op medische indicatie gebruik zal worden gemaakt van ioniserende straling.

Artikel 4 (BS) toont ook veel overeenkomst de definitie van de term ‘redelijkerwijs mogelijk’ zoals deze is beschreven in als definitie in artikel 1, lid 3.

“Met betrekking tot dit besluit en de daarop berustende bepalingen worden bij de bepaling van wat «redelijkerwijs mogelijk» is de economische en sociale factoren in aanmerking genomen. Daarnaast wordt ingeval van blootstelling in aanmerking genomen de mate waarin een blootstelling en de kans van optreden van die blootstelling kunnen worden beperkt.

Deze definitie is in het BS opgenomen omdat er in het BsK in enige mate onduidelijkheid was over het gebruik van de term redelijkerwijs. Dit blijkt onder andere uit de toelichting over de aanpassing, terug te vinden in de Staatblad en de vraag van de heer Leerling tijdens de 51^{ste} 2^e kamer vergadering van 1987^{11,12}. Toch kan men in zekere zin opmaken dat er enige mate van speling is, evenals bij de rechtvaardiging moet er een afweging gemaakt worden tussen de voor en nadelen van het geplande onderzoek. In hoofdstuk 3 zullen er verder worden gekeken naar deze speling en hoe deze ethisch te verantwoorden is.

De zwangere vrouw

Het gebruik van ioniserende straling bij een zwangere vrouw blijft een gevoelig punt. Hoewel rechtvaardiging een grote rol speelt in het toepassen van straling moet er in dit geval extra aandacht besteedt worden aan rechtvaardiging en optimalisatie (BS art. 71 & 72). Als er geen aanwijzing van acute of ernstige klachten moet overwogen worden om de radiologische handeling uit te stellen tot na de zwangerschap of tot een later stadium van de zwangerschap.

Voor de meeste handelingen is een zeer laag risico is zoals beschreven in de literatuur^{13,14}. Om deze reden kan de keuze aan de patiënt worden gegeven voor het wel of niet uitvoeren van het onderzoek. Men zich echter afvragen in hoeverre de patiënt de keuze kan maken en zij hier spijt van zal krijgen, in hoofdstuk 3 zal er verder worden ingegaan op dit ethisch vraagstuk.

De oudere mens

Op het eerste gezicht lijkt er geen rechtvaardiging om een uitzondering te maken voor de oudere mens. Één reële overweging om toch af te stappen van het ALARA principe bij deze categorie patiënten is het schadelijke effect van intraveneus contrastmiddel. Het gebruik van contrastmiddel kan acute nierschade tot gevolg hebben¹⁵. Dit betekent dat de desbetreffende persoon in aanmerking komt voor nierdialyse en op langere termijn niertransplantatie. Gezien de extra risico's welke hieraan gebonden zijn kan men overwegen de dosis contrastmiddel te reduceren, om de beeldkwaliteit echter constant te houden moet men de hoeveelheid stralingsdosis voor het onderzoek verhogen. Kijkende naar artikel 4 (BS) zou men kunnen stellen dat er meerder voordelen zijn gebonden aan het gebruik van een hogere dosis straling. Met andere woorden, dit is gerechtvaardigd. Gekscherend wordt dit ook wel het AHARA principe genoemd, hierbij staat de H natuurlijk voor high.

Gezien de ethische aard van dit probleem zal dit in hoofdstuk 3 uitgebreider worden beschreven.

De begeleider en laborant

In artikel 5 lid 1 van het BS staat beschreven dat de dosis voor individuele personen zo laag als redelijkerwijs mogelijk moet worden gehouden. Met behulp van de definitie van het 'redelijkerwijs mogelijk' voorstellen dat dit een puur economische kwestie is. Het bouwen van een muur en het voorzien van loodschorten is economisch geen grote belasting en biedt een aanzienlijke dosisreductie. Men zou zich echter kunnen afvragen hoe ver de bescherming moet gaan. Kijkende naar de dosis die de begeleider bij een pols opname van zijn kind ontvangt is deze lager dan de dosis die hij zou ontvangen door een vliegtuigvlucht te nemen. Hetzelfde gaat op voor het maken van een thoraxfoto door een laborant, de dosis die men hierbij ontvangt op drie meter afstand van de patiënt komt overeen met het eten van een halve banaan. Dit zijn ethische kwesties en deze zullen worden besproken in het volgende hoofdstuk.

Hoofdstuk 3: Ethiek

De voorgaande hoofdstukken tonen aan dat er vanuit een wetenschappelijk en rechtskundig standpunt ruimte is voor het, deels, verwerpen het ALARA principe. In hoeverre is dit echter ethisch verantwoord? Om een antwoord te geven op deze vraag voor de verschillende casus zullen deze moeten worden opgebroken in een ethisch model of stappen plan. In de literatuur wordt dit op verschillende manier toegepast. Wat echter altijd terug komt is de essentie van het definiëren van de bekende en belangrijke feiten, om een duidelijk beeld te scheppen van de situatie. Het benoemen van de bekende alternatieven en het benoemen van de overwegingen waarom deze alternatieven relevant zijn. Zodra dit bekend is kan men beoordelen welke waarden, normen en belangen meespelen in de genoemde situatie. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het welbevinden van de patiënt of economische belangen. Zodra de voorgaande punten bekend zijn kan men overgaan tot het maken van een beslissing, deze afwegen en als laatste toetsen^{16,17,18}.

Om een concrete uitspraak te kunnen doen zullen er een aantal aannames gemaakt moeten worden. De eerste aanname is accepteren van de LNT-hypothese als werkhypothese. Zoals in hoofdstuk 1 beschreven is deze aanname noodzakelijk om een eenduidige lijn te bieden aan de stralingsbescherming.

Als tweede zal moeten worden aangenomen dat de aanvraag gerechtvaardigd is. Als dat niet het geval is zal de opname volgens het besluit stralingsbescherming niet gemaakt mogen worden (BS, H2). Buiten het rechtelijk aspect is een onrechtmatige aanvraag gezien de LNT-hypothese ethisch niet verantwoord gezien het potentieel risico voor de patiënt.

De zwangere vrouw

De casus van de zwangere vrouw is vanuit de geschiedenis gewikkeld in taboe. Straling is immers potentieel gevaarlijk dus de ongeboren foetus blootstellen aan straling zou dan ook onverantwoord. Recente onderzoeken hebben echter aangetoond dat de risico's van veel opnames zeer gering zijn, vrijwel niet meerbaar zelfs¹³. Het maken van opnames waarbij de foetus buiten de directe bundel valt dan ook mogelijk moeten zijn zonder een meetbaar risico. De ICRP heeft reeds in 2000 een vergelijkbare uitspraak gedaan (ICRP-84)¹⁴.

Afhankelijk van de situatie waarin de zwangere vrouw zich bevindt kan men besluiten de opname wel of niet te maken. Een levensbedreigende situatie behoeft geen verdere uitleg, als het onderzoek een positieve doorslag kan geven in het verloop van de behandeling moet dit uitgevoerd worden. Zodra de vrouw komt te overlijden kunnen de gevolgen van de ongeboren foetus desastreus zijn. Een meer gematigde situatie is echter ingewikkelder.

Stel de zwangere vrouw heeft al langere tijd klachten aan haar pols, deze klachten staan los van de zwangerschap en tonen geen toename in de afgelopen maanden. Zoals besproken is gebleken uit wetenschappelijk onderzoek dat deze opname gemaakt kan worden, zonder meetbare gevolgen zelfs. De kans dat de zwangerschap op natuurlijke wijze zal worden afgebroken of andere gevolgen heeft voor de foetus is vele malen groter. Vanuit het standpunt van een stralingsdeskundige is het mogelijk deze opname te maken, het risico is dermate laag dat het niet meetbaar is. Hierbij houdt men echter geen rekening met de gevoelens van de zwangere vrouw. Zodra men deze in overweging neemt wordt de situatie anders.

Er is een reële kans dat de zwangerschap niet zal verlopen zoals gewenst, denk aan afwijkingen van de foetus of afbreken van de zwangerschap. Dit is vanuit een wetenschappelijk standpunt niet te herleiden naar de opname. In hoeverre kan men er echter zeker van zijn dat de vrouw dit zelf op termijn niet terug zal leiden naar het gebruik van straling? Wellicht dat de vrouw spijt krijgt van het feit dat ze niet heeft gezegd dat ze het onderzoek liever niet zou ondergaan.

In dit geval moet, indien mogelijk, de keuze aan de patiënt gegeven worden. Hierbij moet men niet vergeten dat de vrouw zelf waarschijnlijk geen zicht heeft op de risico's en deze moeten dan ook begrijpelijk worden toegelicht, zowel de risico's van straling als de mogelijke gewetenskwestie. Geeft de patiënt aan het onderzoek, indien mogelijk, uit te willen stellen of een alternatief te zoeken moet deze keuze worden geaccepteerd.

Zodra de foetus zich echter in de directe bundel bevindt is het gezien de vele malen hogere dosis aan te raden het onderzoek, indien mogelijk, uit te stellen tot na de zwangerschap of tot een later stadium van de zwangerschap.

De oudere mens

De casus van de oudere mens wordt interessant zodra deze persoon in aanmerking komt voor een CT-scan in combinatie met intraveneus contrast. Het genoemde contrast is een vloeistof die de beeldkwaliteit positief beïnvloed. Een negatief aspect van dit contrastmiddel is het schadelijk effect op de nieren.⁸ Dit kan er bij mensen met een slechtere gezondheid toe leiden dat de nieren dermate beschadigen dat deze personen nierdialyse nodig hebben om te overleven totdat er sprake is van niertransplantatie met de bijbehorende risico's.

Deze kans kan gereduceerd worden door de dosis van het contrastmiddel te verlagen, om de beeldkwaliteit te behouden dient de dosis van de CT-scan echter verhoogd te worden. Dit is in strijd met het ALARA principe omdat dit een verhoogd risico op het ontwikkelen kanker met zich meebrengt.

Zoals beschreven brengen de korte termijn effecten van intraveneus contrast zeer nadelig zijn. Deze korte termijn effecten kunnen zelfs een aanzienlijke kans tot het verlagen van de kwaliteit van leven brengen.^{15, 19} Dit weegt vrijwel niet op tegen de lange termijn effecten. Men zou hierin kunnen stellen dat iemand van 70 jaar ook 100 jaar oud kan worden en dus een grotere kans heeft op het ontwikkelen van tumoren, deze manifesteren zich immers na 10-30 jaar. Deze stelling kan echter ook worden toegepast op de acute nier schade. Sterker nog, deze nier schade en dialyse zal zeer waarschijnlijk leiden tot een beperking van de maximale leeftijd in combinatie met een verlaging van de kwaliteit van leven.

Afhankelijk van de leeftijd van de oudere mens en het functioneren van de nieren kan men de beslissing maken om af te stappen van het ALARA principe.

De begeleider

Het overhandigen van een loodschoot voor een begeleider lijkt een makkelijke discussie. De dosis die deze zal ontvangen ten gevolge van een enkele röntgen opname is zeer laag, vrijwel verwaarloosbaar. Toch zal er vanuit het ALARA principe direct gesteld kunnen worden dat het dragen van een loodschoot in dit geval van toepassing is.

Men moet zich echter afvragen of het dragen van een loodschoot geen schijnveiligheid biedt. Met andere woorden, onderbouwd het dragen van dit loodschoot de angstcultuur voor straling onder de bevolking niet? Deze angstcultuur lijkt in het dagelijks leven niet, of slechts beperkt, aanwezig. Er

zijn echter bewijzen van ingrijpende effecten op het persoonlijk leven van de bevolking. Een van de ernstigste voorbeelden is de het aantal abortussen ten gevolge van de ramp van Chernobyl. Er zijn geen wetenschappelijke gronden die gevolgen voor de zwangerschap beschreven, toch is er in meerdere Europese landen een stijging van het aantal abortussen waargenomen^{20,21}. Een meer recent voorbeeld is de meltdown van Fukushima. Over de hele wereld was grote stijging van de meetapparatuur voor straling waargenomen. Er waren, en zijn, veel mensen die geld hebben uitgegeven om zich veilig te voelen. Hoewel dit gevoel van veiligheid natuurlijk gewenst is komt het voort uit een onrealistische angst. Wellicht is het niet meer overhandigen van een loodschoort een stap naar het verlagen van de angst voor straling.

Hiernaast is het dragen van een loodschoort niet de enige manier om de dosis voor de begeleider te reduceren. Primair moet men zich afvragen of het écht nodig is dat deze bij de patiënt blijft staan. Afstand heeft immers een zeer grote invloed op de dosis. Moet deze toch bij de patiënt aanwezig zijn kan hij zo gepositioneerd worden dat deze afgeschermd wordt door de patiënt zelf³.

Bij het wel overhandigen van een loodschoort aan de begeleider zou men zich kunnen afvragen wat de daadwerkelijke meerwaarde is. De dosis die hij bijvoorbeeld zal ontvangen ten gevolge van een vliegtuigvlucht is vele malen groter²². Hoewel het loodschoort de dosis zal reduceren kan men zich afvragen of dit opweegt tegen het gevoel van gevaar voor straling.

Vanuit het ALARA principe is het overhandigen van een loodschoort zeker gewenst, maar vanwege de mogelijke sociale gevolgen kan men overwegen te stoppen met het overhandigen van loodschoorten aan begeleiders.

De laborant

De voorgaande discussie zal in zekere zin ook opgaan voor de laborant, deze zal echter vaker worden blootgesteld aan straling. Tijdens een doorlichting op OK of een radiologische interventie zal de dosis vrij snel kunnen oplopen, vanuit het ALARA principe is het dan ook gerechtvaardigd om een loodschoort te dragen. Als de laborant echter bij de begeleider staat tijdens een röntgenopname is het tegenstrijdig om zelf een loodschoort te dragen en de begeleider niet. Deze tegenstrijdigheid kan voor de begeleider zal weer voor angst kunnen zorgen. Het dragen van een loodschoort is, mits de begeleider geen loodschoort draagt, dus beperkt tot OK en interventies.

Uitspraak

In tegenstelling tot wat veel mensen die met ioniserende straling werken denken is het ALARA principe geen eenvoudige stempel die vanuit de LNT-theorie op elke denkbare situatie gedrukt kan worden om de dosis te moeten reduceren. Wetenschappelijk bewijs voor de LNT-theorie, of liever gezegd LNT-hypothese, is zeer beperkt. Er is zelfs bewijs dat straling in het lage dosis gebied van de medische beeldvorming juist een helende werking heeft, er is echter ook tegenbewijs voor dit helende effect. Vooral nog zal men de LNT-hypothese vanwege een gebrek aan alternatieve bewijzen uit een veiligheidsprincipe als werkhypothese moeten aannemen.

Dit betekent echter niet dat het ALARA principe in alle situaties van toepassing is. In het geval van de zwangere vrouw moet men de situatie en gevoelens van de patiënt wel in overweging nemen. In het geval van een levensbedreigende situatie zal er weinig twijfel moeten zijn over de meerwaarde van medisch beeldvormend onderzoek. Bij het maken van opnames van extremiteiten is er geen wetenschappelijk bewijs voor meetbare gevolgen. Hierbij moeten, zoals gezegd, de gevoelens van de zwangere vrouw niet worden vergeten. Deze kunnen desondanks een correcte uitleg van de beperkte risico's nog steeds gekeerd zijn tegen het onderzoek. Het is absoluut niet de bedoeling dat ze een gewetenskwestie over zal houden aan een medisch beeldvormend onderzoek. Indien mogelijk is uitstel van een dergelijk onderzoek dan ook zeer gewenst.

Er zijn zelfs overweging om deels of volledig af te stappen van het ALARA-principe. De oudere mens is hier het perfecte voorbeeld van. De korte termijn effecten van intraveneus contrast wegen vrijwel niet op tegen de lange termijn effecten. Een vermindering van de hoeveelheid contrast en een verhoging van de dosis is dus een reële overweging. De wetgeving biedt hier zelfs ruimte voor (BS, H2), de vraag is hoelang het duurt voordat de eerste concrete stappen worden gezet van ALARA naar 'AHARA'.

Ook in andere situaties kan er kritisch gekeken worden naar het gebruik van het ALARA principe. Het wel of niet dragen van loodschorten bij zeer lage doses is een discussie die gevoerd kan worden. Volgens de LNT-hypothese is het dragen van een loodschort gewenst. Dit zou echter kunnen bijdragen aan een schijnveiligheid wat op zijn beurt weer een bevestiging kan zijn voor de angstcultuur omtrent straling.

Er zijn belangrijke beweegredenen om het ALARA principe te hanteren. Er is immers wetenschappelijk bewijs voor het schadelijk effect van straling. Men moet echter ook verder kijken dan de schadelijke gevolgen van straling. Het heersende dogma van het ALARA principe kan, afhankelijk van de situatie, dus ook flexibeler worden gehanteerd. Met andere woorden, een paradigmaverschuiving met betrekking tot het ALARA principe is op zijn plaats.

Literatuur

1. Röntgen WC. On a New Kind of Rays. *British Journal of Radiology*. 1 januari 1931;4(37):32–3.
2. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 26. *Annals of the ICRP*. 1977
3. A.J.J. Bos, F.S. Draaisma, W.J.C. Okx. *Inleiding tot de Stralingshygiëne*. den Haag: Sdu uitgevers; 2007
4. Scott BR, Bruce VR, Gott KM, Wilder J, March T. Small γ -Ray Doses Prevent Rather Than Increase Lung Tumors in Mice. *Dose-Response*. 1 januari 2012;10(4):527–40
5. Doss M. Evidence Supporting Radiation Hormesis in Atomic Bomb Survivor Cancer Mortality Data. *Dose-Response*. 1 januari 2012;10(4):584–92
6. Leezenberg M. *Wetenschapsfilosofie voor geesteswetenschappen*. Amsterdam: Amsterdam University Press; 2001
7. Robertson A, Allen J, Laney R, Curnow A. The Cellular and Molecular Carcinogenic Effects of Radon Exposure: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*. 5 juli 2013;14(7):14024–63.
8. Kernenergiwet. 9 januari 2014. Geraadpleegd van: http://wetten.overheid.nl/BWBR0002402/geldigheidsdatum_09-01-2014/afdrukken
9. Besluitstralen bescherming. 9 januari 2014. Geraadpleegd van: http://wetten.overheid.nl/BWBR0012702/geldigheidsdatum_09-01-2014/afdrukken
10. Regeling bekendmaking rechtvaardiging gebruik ioniserende straling: http://wetten.overheid.nl/BWBR0014499/geldigheidsdatum_03-08-2009
11. Besluit van 16 juli 2001, houdende vaststelling van het Besluit stralingsbescherming. *Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden*. Jaargang 2001. Geraadpleegd van: https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC4QFJAA&url=https%3A%2F%2Fzoek.officielebekendmakingen.nl%2Fstb-2001-397.pdf&ei=aZ7rUsCzE6H80QXK0YG4DQ&usg=AFQjCNFz_dQIBve0V0eOg4l74mx_an-t6w&sig2=qwoVFfEfcUO60EU0dLwvow&bvm=bv.60444564,d.d2k&cad=rja
12. Verslag 51^{ste} Tweede Kamer vergadering van 1987. 31 januari 2014. Geraadpleegd van http://ressourcessgd.kb.nl/SGD/19861987/PDF/SGD_19861987_0000731.pdf
13. McCollough CH, Schueler BA, Atwell TD, Braun NN, Regner DM, Brown DL, e.a. Radiation exposure and pregnancy: when should we be concerned? *Radiographics*. augustus 2007;27(4):909–917; discussion 917–918
14. *Pregnancy and Medical Radiation*. Publication 84. *Annals of the ICRP*. 2000
15. Dol J, Geers S. *Radiodiagnostisch onderzoek*. Utrecht: Elsevier/De Tijdstroom; 1997
16. Soonius J. *Ethiek voor gezondheidszorg en welzijn: op het spoor van ethisch leren denken en handelen*. Soest: Nelissen; 2003.
17. Ebskamp J, Kroon H. *Ethisch leren denken in de hulpverlening, verzorging en sociale dienstverlening*. Nijkerk: Intro; 1990.
18. Have H ten, Meulen RHJ ter, Leeuwen, E. van. *Medische ethiek* [Internet]. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum; 2008 [geciteerd 29 januari 2014]. Geraadpleegd van: <http://dx.doi.org/10.1007/978-90-313-6520-3>
19. Singh P, Germain MJ, Cohen L, Unruh M. The elderly patient on dialysis: geriatric considerations. *Nephrol Dial Transplant*. 19 juni 2013
20. Odland V, Ericson A. Incidence of legal abortion in Sweden after the Chernobyl accident. *Biomed Pharmacother*. 1991;45(6):225–8
21. Rowe PA. The victims of Chernobyl in Greece: induced abortions after the accident. *BRITISH MEDICAL JOURNAL*. 31 oktober 1987;295

22. Blaauboer RO. Cosmic radiation during air travel: trends in exposure of aircrews and airline passengers. 9 januari 2004; Geraadpleegd van:
http://www.rivm.nl/en/Documents_and_publications/Scientific/Reports/2004/januari/Cosmic_radiation_during_air_travel_trends_in_exposure_of_aircrews_and_airline_passengers?sp=cml2bXE9ZmFsc2U7c2VhcmNoYmFzZT01ODgxMDtyaXZtcT1mYWxzZTs=&pager=5882