

RIVM rapport 265021005/2006

**Optimalisatie van de dosis bij radiologisch
onderzoek van kinderen**

Inventarisatie van de praktijk in algemene
ziekenhuizen

P. Stoop en H. Bijwaard

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de Inspectie voor de Gezondheidszorg, in het kader van project V/265021, 'Toezichtondersteuning Medische Stralingstoepassingen'.

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

Rapport in het kort

Optimalisatie van de stralingsdosis bij röntgenonderzoek van kinderen

De stralingsdosis bij röntgenonderzoek van kinderen kan in de meeste algemene ziekenhuizen lager. Dat blijkt uit een inventarisatie van het RIVM in opdracht van de Inspectie voor de Gezondheidszorg.

Aandacht voor de stralingsdosis bij kinderen is belangrijk. Kinderen zijn namelijk gevoeliger voor de schadelijke effecten van straling op lange termijn dan volwassenen. Voor een goede röntgenafbeelding van een kind volstaat een lagere dosis straling. Wanneer een kind wordt onderzocht met röntgenapparatuur die is afgesteld op een volwassene, krijgt het een hogere dosis straling dan een volwassene. Door speciale protocollen op te stellen voor röntgenonderzoek van kinderen kan de stralingsdosis beter worden beperkt.

Uit de inventarisatie van het RIVM bleek dat aanbevolen voorzieningen en speciale protocollen voor CT en doorlichting van kinderen en baby's vaak ontbreken. Voor doorlichting wordt soms verouderde apparatuur gebruikt. De CT-scanners zijn over het algemeen wel modern. Daarnaast kiezen radiologen waar mogelijk voor onderzoek zonder ioniserende straling, zoals een echo of MRI-scan. Ook vindt vervolgonderzoek vrijwel altijd plaats in gespecialiseerde kinderziekenhuizen, met beter aangepaste apparatuur.

De inventarisatie is gedaan door middel van een mondelinge enquête. Er zijn twee academische kinderziekenhuizen bezocht en er is een representatieve steekproef gedaan van achttien algemene ziekenhuizen. De aanbevelingen naar aanleiding van het onderzoek zijn geformuleerd in samenwerking met de sectie kinderradiologie van de Nederlandse Vereniging voor Radiologie.

Trefwoorden: Computertomografie, fluoroscopie, radiodiagnostiek, patiëntveiligheid, kinderen, pediatrie

Abstract

Optimization of dose in paediatric radiological imaging

Most radiology departments of Dutch hospitals hold unused possibilities for lowering the radiation dose to children. This was found in an investigation commissioned to the RIVM by the Dutch Health Care Inspectorate.

Since children are more sensitive to the long-term harmful effects of ionizing radiation than adults, it is important to give radiation dose in children due attention. Radiographic imaging for children requires a lower dose than for adults. When x-ray equipment optimized for adults is used for children, they receive a higher dose. The average required dose can be reduced further by using dedicated protocols.

This investigation showed recommended ancillary equipment and dedicated protocols for paediatric CT and fluoroscopy to often be missing. In some cases, obsolete fluoroscopy equipment is employed. On the other hand, the CT-scanners used are relatively modern. Radiologists indicate opting whenever possible for examinations without ionizing radiation such as ultrasound and MR. Follow-up also generally takes place in specialized children's hospitals that are better equipped.

The investigation was carried out by conducting an oral survey. Two academic children's hospitals were visited, along with a representative sample of eighteen general hospitals. The recommendations following the investigation were formulated in cooperation with the paediatric radiology section of the Dutch Society for Radiology (NVvR).

Key words: Computed Tomography (CT), fluoroscopy, radiology, patient safety, paediatrics

Voorwoord

Ten behoeve van dit onderzoek zijn in totaal 20 ziekenhuizen bezocht. Bij de interviews was behalve de radioloog waarmee meestal de afspraak was gemaakt, in veel gevallen één van de verantwoordelijke stralingsdeskundigen, een klinisch fysicus, een radiologisch laborant of een afdelingsmanager aanwezig. De auteurs willen alle medewerkers die hebben bijgedragen aan de interviews hierbij hartelijk bedanken. De gesprekken vonden in alle openheid plaats en de geïnterviewden bleken goed op de hoogte en serieus geïnteresseerd in de mogelijkheden tot optimalisatie van de patiëntdosis. Op alle afdelingen werd de vraag of men een exemplaar van het rapport wilde ontvangen bevestigend beantwoord.

Tenslotte zijn de auteurs de voorzitter van de Nederlandse Vereniging voor Radiologie (NVvR), dr. F.H. Barneveld Binkhuysen, erkentelijk voor de aanbeveling aan de leden van de NVvR, medewerking te verlenen bij het onderzoek en dr. H.C. Holscher voor de review van het manuscript namens de NVvR en het mede formuleren van toepasbare aanbevelingen.

Inhoud

| | | |
|------------------|---|-----------|
| | Samenvatting | 6 |
| 1. | Inleiding | 7 |
| | 1.1 <i>Voorgeschiedenis</i> | 7 |
| | 1.2 <i>Doel en afbakening</i> | 8 |
| | 1.3 <i>Werkwijze</i> | 8 |
| 2. | Selectie van ziekenhuizen | 9 |
| | 2.1 <i>Methode</i> | 9 |
| | 2.2 <i>Resultaat van de selectie</i> | 9 |
| 3. | Vragen en antwoorden | 10 |
| | 3.1 <i>Het opstellen van de vragenlijst</i> | 10 |
| | 3.1.1 <i>CT-apparatuur</i> | 10 |
| | 3.1.2 <i>Apparatuur voor doorlichting</i> | 11 |
| | 3.2 <i>Ontwikkeling vragenlijst</i> | 11 |
| | 3.3 <i>Enquêteresultaten</i> | 12 |
| | 3.3.1 <i>Tot welke leeftijd?</i> | 12 |
| | 3.3.2 <i>Frequentie van verrichtingen</i> | 12 |
| | 3.3.3 <i>Protocollen</i> | 14 |
| | 3.3.4 <i>Voorbeeld CT-scanparameters</i> | 15 |
| | 3.3.5 <i>Kiezen voor andere modaliteiten</i> | 15 |
| | 3.3.6 <i>Apparatuur voor CT en doorlichten</i> | 16 |
| | 3.3.7 <i>Aanpassing instellingen</i> | 17 |
| | 3.3.8 <i>Dosisindicatie</i> | 20 |
| | 3.3.9 <i>Mislukte scans</i> | 20 |
| 4. | Conclusies | 22 |
| | 4.1 <i>Aantallen verrichtingen</i> | 22 |
| | 4.2 <i>Protocollen</i> | 22 |
| | 4.3 <i>Aanpassing CT-parameters aan diagnostische vraagstelling</i> | 22 |
| | 4.4 <i>Andere modaliteiten</i> | 22 |
| | 4.5 <i>Apparatuur</i> | 23 |
| | 4.6 <i>Aanpassing instellingen</i> | 23 |
| | 4.7 <i>Dosisindicatie</i> | 24 |
| | 4.8 <i>Mislukte scans</i> | 24 |
| 5. | Discussie en aanbevelingen | 25 |
| | Literatuur | 27 |
| Bijlage A | Verzendlijst | 29 |
| Bijlage B | Selectie van ziekenhuizen | 30 |
| Bijlage C | De vragenlijst | 31 |

Samenvatting

In de meeste algemene ziekenhuizen in Nederland kan meer gedaan worden ter beperking van de stralingsdosis bij radiologisch onderzoek van kinderen. De kwaliteit van het onderzoek hoeft daar niet onder te lijden. De röntgentoepassingen met de hoogste dosis voor de patiënt zijn CT en doorlichting. Iets meer dan de helft van de algemene ziekenhuizen had geen zelfgeschreven protocol voor CT-onderzoek bij kinderen en één op de drie had geen protocol voor doorlichting bij kinderen. Ook hadden de meeste ziekenhuizen bij de apparatuur voor CT en doorlichting geen speciale voorzieningen voor kinderen en baby's zoals deze worden aanbevolen ter beperking van de dosis. Ruim 20% van de ziekenhuizen gebruikte nog continue doorlichting. Het grootste deel van de CT-apparaten heeft wel een dosisindicatie, de meeste apparaten voor doorlichting niet. De meeste geïnterviewde radiologen gaven aan, met de dosisindicatie – voor zover aanwezig – niets te doen.

Pluspunt is de over het algemeen redelijk moderne CT-apparatuur, waardoor men in principe met een lagere dosis toe kan. Ook gaven veel geïnterviewde radiologen aan, waar mogelijk te kiezen voor alternatieven zoals echografie en MRI, waarbij de patiënt geen stralingsdosis krijgt. Vervolgonderzoek vindt vrijwel altijd plaats in gespecialiseerde kinderziekenhuizen met beter aangepaste apparatuur.

Aandacht voor de stralingsdosis bij kinderen is belangrijk. Kinderen van 0-9 zijn vijfmaal zo gevoelig voor de schadelijke effecten van ioniserende straling op lange termijn als volwassenen van 40-49. Bij apparatuur die is afgesteld op volwassenen, ontvangen kinderen een hogere dosis dan volwassenen, terwijl voor een goede röntgenafbeelding van een kind juist met een lagere dosis kan worden volstaan. Door speciale protocollen op te stellen voor kinderen kan de dosis nog meer worden beperkt. Vanwege de grotere beweeglijkheid en snellere hartslag, zijn er voor het maken van röntgenafbeeldingen van kinderen aparte protocollen nodig.

Nog in 2001 ontstond publiciteit over een artikel in de vakpers waaruit bleek dat sommige ziekenhuizen in de VS, CT-scans van kinderen maakten met instellingen die overeenkwamen met de voor volwassenen aanbevolen waarden. Ook in Nederland was halverwege de jaren 90 al gebleken dat de instellingen van CT-scanners in sommige Nederlandse ziekenhuizen niet werden aangepast aan het postuur van de patiënt. Wel lagen de patiëntdoses bij röntgenonderzoeken van kinderen hier indertijd ruim beneden de referentiewaarden van de Europese Commissie. De Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ) treft echter nog regelmatig röntgenafdelingen aan die geen specifieke protocollen voor kinderen hebben. Mede hierom kreeg RIVM in 2005 opdracht een onderzoek te doen naar het gebruik van hoge dosistoepassingen zoals CT en doorlichting bij kinderen in Nederlandse ziekenhuizen. Doel van dit onderzoek was inzicht te geven in de huidige praktijksituatie, na te gaan of hiervoor de meest geschikte apparatuur gebruikt wordt en of de nodige aanpassingen aan de apparatuur plaatsvinden.

De inventarisatie is gedaan door middel van een mondelinge enquête. Hiertoe zijn twee afdelingen radiologie van academische kinderziekenhuizen bezocht en een representatieve steekproef van 18 afdelingen radiologie van algemene ziekenhuizen. Naar aanleiding van de resultaten van het onderzoek zijn in samenwerking met de sectie kinderradiologie van de Nederlandse Vereniging voor Radiologen (NVvR), aanbevelingen geformuleerd. Deze kunnen in de ziekenhuizen gebruikt worden ter evaluatie en verbetering van het gebruik van röntgenapparatuur bij kinderen.

1. Inleiding

1.1 Voorgeschiedenis

In februari 2001 plaatste het *American Journal of Roentgenology* een drietal artikelen [1, 2, 3], begeleid door een redactioneel commentaar [4], over het stralingsrisico van computertomografie bij kinderen. Aangezet door publiciteit [5, 6] zijn hierover in maart 2001 door dhr. Buijs (kamerlid, CDA) vragen gesteld aan de minister van VWS. Het RIVM heeft inzake de beantwoording hiervan een advies opgesteld voor het ministerie. In het antwoord op deze vragen, worden onder andere de volgende bevindingen gepresenteerd [7]:

- Het sterfterisico door ioniserende straling is voor 0-9 jarigen ongeveer vijfmaal zo hoog als voor 40-49 jarigen bij dezelfde dosis [8].
- Om kleinere (dunnere) patiënten even goed af te beelden als mensen met een groter (dikker) postuur is minder straling nodig. Bij een aantal CT-scans gemaakt in ziekenhuizen in het zuidoosten van de VS waren de instellingen van de CT-scanner onafhankelijk van de leeftijd van de patiënt, terwijl het ging om kinderen tussen 0 en 16 jaar. De instellingen kwamen ongeveer overeen met de aanbevolen waarden voor volwassenen.
- Het gebruik van dezelfde instellingen bij CT-onderzoek van lichtere patiënten, zoals kinderen, leidt bij deze patiënten tot een hogere dosis [9].
- Voor medische blootstellingen gelden geen limieten. CT-scans worden gemaakt op medische indicatie en bevorderen doorgaans de gezondheid van de patiënt: een juiste diagnose en daarop gebaseerde behandeling kan direct levensreddend zijn. Het kleine toegevoegde risico op kanker op latere leeftijd is een bijwerking waarmee rekening gehouden dient te worden. Het stralingsrisico is één van de aspecten die in de rechtvaardiging van het medisch onderzoek moet worden meegenomen. Volgens de auteurs van het derde artikel slaat de kosten-baten balans voor de CT-scans bij kinderen zonder meer door naar de baten en is er dus geen reden vraagtekens te zetten bij de rechtvaardiging [3]. De studies maken wel duidelijk dat bij CT-onderzoeken bij kinderen in de VS ruimte is voor optimalisatie: de patiëntdosis zou mogelijk verlaagd kunnen worden zonder verlies van beeldkwaliteit of diagnostische waarde.
- Uit onderzoek in Nederlandse ziekenhuizen halverwege de jaren 90 bleek dat de patiëntdoses bij röntgenonderzoeken van kinderen hier ruim beneden de referentiewaarden van de Europese Commissie liggen [10]. Uit een ander onderzoek bleek overigens dat in die jaren de CT-instellingen niet in alle Nederlandse ziekenhuizen werden aangepast aan de omvang van de patiënt wat bij sommige volwassen patiënten leidde tot hogere doses dan noodzakelijk [11].

De recente literatuur op het gebied van het beperken van het stralingsrisico door CT bij kinderen is op een overzichtelijke manier samengevat in een overzichtsartikel door Frush, Donnely en Rosen [12]. Alle onderwerpen die van belang zijn voor het beperken van de stralingsbelasting door CT bij kinderen worden hierin uitvoerig besproken. Wat betreft de gewone röntgenopnamen en doorlichting bevat het wat oudere 'European Guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics' een schat aan informatie [13].

Beperking van het stralingsrisico bij CT-onderzoek van kinderen wordt in algemene termen door verschillende organisaties voor pediatrie aanbevolen [14, 15]. Ten slotte is bij de voorbereiding van het onderzoek dankbaar gebruik gemaakt van het Werkboek Kinderradiologie [16] dat is opgesteld in samenwerking tussen kinderartsen en radiologen. Hierin is op basis van consensus

de klinische praktijk in Nederland op het gebied van medische beeldvorming van kinderen beschreven. Uit deze bronnen blijkt ondermeer dat:

- Aparte protocollen voor radiologisch onderzoek van kinderen nodig zijn vanwege hun kleinere lichaam, grotere beweeglijkheid en snellere hartslag.
- Het van groot belang is dat het onderzoek bij de eerste poging slaagt. Immers, als het onderzoek moet worden overgedaan wordt de stralingsdosis verdubbeld.
- Om bij kinderen een goede afbeelding te verkrijgen met een zo laag mogelijke dosis dient men te beschikken over aangepaste apparatuur. Zo is voor korte belichtingstijden een hoog dosistempo nodig en voor een lage patiëntdosis een lichte tafel en een verwijderbaar stroostralenrooster.

Samenvattend kan worden gesteld dat het gebruik van dezelfde röntgentoestellen en toestelinstellingen voor kinderen als voor volwassenen, in het algemeen tot een stralingsdosis bij kinderen leidt die hoger is dan noodzakelijk. In artikel 70 van het Besluit stralingsbescherming is daarom vastgelegd dat voor radiologische verrichtingen bij kinderen, passende radiologische apparatuur, technieken en randapparatuur moeten worden gebruikt.

Het is niet bekend in hoeverre in Nederland gewerkt wordt met protocollen voor radiologisch onderzoek specifiek voor kinderen. Wel treft de Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ) in de praktijk met regelmaat afdelingen radiologie aan waar geen specifieke protocollen voor kinderen gebruikt worden. Om die reden heeft de IGZ aan het RIVM de opdracht gegeven het onderzoek uit te voeren waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan.

1.2 Doel en afbakening

Het onderzoek is uitgevoerd met het doel de volgende vragen te beantwoorden:

- Wat is de huidige praktijk in Nederlandse ziekenhuizen wat betreft hoge-dosistoepassingen zoals CT en doorlichting bij kinderen?
- Wordt mogelijk diagnostische apparatuur gebruikt die niet optimaal is voor kinderen?
- Vinden er aanpassingen plaats aan de apparatuur?

Het is uitdrukkelijk niet de bedoeling van het rapport een advies te geven met betrekking tot de inhoud van protocollen voor het onderzoeken van kinderen met deze apparatuur. Ook is vanwege de complexiteit van de materie niet ingegaan op de zogeheten *diagnostische referentieniveaus* (DRN's) voor kinderen waar in een sommige landen mee gewerkt wordt (zie bijvoorbeeld [17]). Bevordering van het gebruik van DRN's staat wel op de beleidsagenda van VWS voor 2006.

1.3 Werkwijze

Ter beantwoording van bovengenoemde onderzoeksvragen is geïnventariseerd welke maatregelen in Nederlandse ziekenhuizen daadwerkelijk genomen worden om de patiëntdosis voor kinderen zoveel mogelijk te beperken. De nadruk lag daarbij op CT-onderzoek en doorlichting, vanwege de relatief hoge patiëntdosis die deze verrichtingen veelal veroorzaken [18, 19, 20, 21]. De inventarisatie is gedaan door middel van een mondelinge enquête. Hiertoe zijn twee afdelingen radiologie van academische kinderziekenhuizen bezocht en een representatieve steekproef van 18 afdelingen radiologie van algemene ziekenhuizen. De resultaten worden belicht in het perspectief van internationale aanbevelingen en richtlijnen voor kinderradiologie en gepresenteerd in het voorliggende rapport.

2. Selectie van ziekenhuizen

2.1 Methode

Om een representatieve selectie van algemene ziekenhuizen te krijgen is een methode toegepast waarbij de ziekenhuisorganisaties *random* werden getrokken uit een lijst. De kans om getrokken te worden was niet voor alle ziekenhuizen gelijk, maar was evenredig met het aantal CT-verrichtingen, afgeleid uit de Enquête Beeldvormende Diagnostiek die jaarlijks in ziekenhuizen wordt afgenomen. Zie Bijlage B voor een uitleg van deze methode.

2.2 Resultaat van de selectie

Gebruik makend van de hierboven beschreven methode zijn de volgende ziekenhuisorganisaties geselecteerd (zie Tabel 1). Voor het maken van afspraken zijn de ziekenhuizen in de volgorde van Tabel 1 benaderd via de afdeling röntgen of radiologie (de naamgeving verschilt per ziekenhuis). Er werd telefonisch gevraagd naar een radioloog, indien mogelijk met de specialisatie kinderradiologie. Om 18 ziekenhuizen te bezoeken moesten er uit de lijst van 89 algemene ziekenhuizen, 26 worden getrokken. Acht ziekenhuizen vielen om uiteenlopende redenen af. Eén radioloog achtte een interview niet zinvol omdat in het betreffende ziekenhuis vrijwel nooit kinderen onderzocht worden. Bij één ziekenhuis bleek het zo moeilijk de aangewezen radioloog telefonisch te bereiken, dat er van afgezien is een afspraak te maken. Eén radioloog deelde mee dat de maatschap niet wilde meewerken aan een onderzoek in opdracht van de overheid. Vijf ziekenhuizen excuseerden zich ten slotte wegens te hoge werkdruk.

Tabel 1 Ziekenhuisorganisaties verkregen door random trekking

| Nr | Ziekenhuis | Aantal CT-verrichtingen (2003) |
|----|---|--------------------------------|
| 1 | Martini ziekenhuis | 7991 |
| 2 | Noorderbreedte | 7521 |
| 3 | Diakonessenhuis | 8044 |
| 4 | Van Weel-Bethesda ziekenhuis | 2310 |
| 5 | Haven ziekenhuis | 4322 |
| 6 | Delfzicht ziekenhuis | 2001 |
| 7 | Maxima medisch centrum | 10542 |
| 8 | Gemini ziekenhuis | 4946 |
| 9 | St, Laurentius ziekenhuis | 4521 |
| 10 | Amphia ziekenhuis | 17373 |
| 11 | Stg Oosterschelde ziekenhuizen | 4107 |
| 12 | Medisch centrum Rijnmond-Zuid | 10150 |
| 13 | Ziekenhuis Gelderse vallei | 8022 |
| 14 | St. Antonius ziekenhuis | 9940 |
| 15 | Alysis zorggroep | 9754 |
| 16 | Jeroen Bosch ziekenhuis | 10911 |
| 17 | Isala klinieken | 11976 |
| 18 | Ziekenhuis Bernhoven | 6266 |
| 19 | Ziekenhuis 't Lange land | 4456 |
| 20 | Viecuri, medisch centrum voor Noord-Limburg | 8713 |
| 21 | Kennemer gasthuis | 10129 |
| 22 | Rivas zorggroep | 2934 |
| 23 | Catharina ziekenhuis | 7725 |
| 24 | Tweesteden ziekenhuis | 8477 |
| 25 | Het Groene Hart ziekenhuis | 5805 |
| 26 | Orbis | 6863 |

3. Vragen en antwoorden

3.1 Het opstellen van de vragenlijst

Zoals beschreven in het Werkboek Kinderradiologie, is het in Nederland de praktijk dat de radioloog met de aanvrager van een radiologisch onderzoek overlegt over de klinische vraagstelling [16]. De radioloog beslist vervolgens welk type onderzoek er wordt gedaan. Om deze reden is besloten de enquête af te nemen bij radiologen, waar nodig en mogelijk bijgestaan door een stralingsdeskundige, klinisch fysicus of radiologisch laborant.

Op basis van de in paragraaf 1.1 genoemde literatuur is een eerste versie van de vragenlijst opgesteld. Bij deze eerste versie van de vragenlijst is gebruik gemaakt van de volgende bevindingen uit de literatuur.

3.1.1 CT-apparatuur

In het eerder genoemde overzichtsartikel van Frush, Donnelly en Rosen worden de volgende strategieën besproken voor het minimaliseren van de patiëntdosis bij mogelijk CT-onderzoek van kinderen [12]:

- Nagaan of CT noodzakelijk is. Beschouw alternatieve modaliteiten als MRI en echografie.
- Beperk het te scannen deel van het lichaam zoveel mogelijk en beschouw het te scannen gebied opnieuw bij eventuele volgende scans.
- Meerfase-onderzoek bij kinderen is zelden te rechtvaardigen
- De volgende scan-parameters zijn van invloed op de dosis en kunnen worden bijgesteld:
 - Aantal scans in geval van *multiphase scanning*
 - Snelheid waarmee de tafel beweegt
 - Rotatiesnelheid van de Gantry
 - Buisspanning (kV)
 - Buisstroom (mA)
- De scan-parameters hangen af van (1) de maten van het kind, (2) het onderzochte gebied en de onderzochte organen en (3) de indicatie voor het onderzoek. Voor de borstkas is bijvoorbeeld minder straling nodig dan voor een buik of een hoofd [22]. Ook nierstenen zijn met weinig straling te detecteren.
- Bij nieuwere scanners kan de buisstroom gedurende de scan worden gemoduleerd naar gelang de röntgenabsorptie van het onderzochte deel van het lichaam. Dit heet *Automatic Exposure Control* of *Automatic Tube Current Modulation*.
- Tussen buisspanning en dosis bestaat een exponentieel verband; hogere buisspanning geeft hogere dosis. Het verband met beeldkwaliteit is echter nog onderwerp van studie.
- De *pitch* kan gebruikt worden om dosis en beeldkwaliteit te optimaliseren. Vergroten van de *pitch* (de verhouding tussen de afstand van plakje tot plakje tot de dikte van de plakjes) verlaagt zowel de dosis als de beeldkwaliteit.

In de afweging tussen dosis en beeldkwaliteit moet uiteindelijk blijken tot hoever men kan gaan met het aanpassen van de parameters. Het resultaat is weliswaar afhankelijk van de gebruikte apparatuur, maar met gegevens uit recente literatuur zijn in principe optimale waarden af te leiden voor veelgebruikte typen CT-scanners [23, 24].

3.1.2 Apparatuur voor doorlichting

In EUR 16261 worden de volgende algemene aspecten vermeld die van toepassing zijn op de dosis-bij doorlichtingsonderzoeken van kinderen [13]:

- Gebruik van materialen met een lage röntgenabsorptie in cassettes, roosters en tafels. Dit kan een dosisreductie tot 40% opleveren.
- Goede positionering en immobilisatie van het kind. Dit maakt korter belichten mogelijk.
- Een juiste begrenzing van het veld (kleinste instelbare veldgrootte kleiner dan 4 cm × 4 cm).
- Afscherming van gonaden is goed uitvoerbaar bij jongens, bij meisjes in veel gevallen niet. Waar mogelijk moeten ook ogen, schildklier en ontwikkelend borstweefsel ontzien worden.
- Een optimale dosis bij kinderen wordt bereikt door het installeren van een additioneel filter (0,2 mm Cu of 1 mm Al + 0,1 mm Cu of 1 mm Al + 0,2 mm Cu).
- Geen stroostralenrooster tenzij nodig. Indien nodig een moving grid met $r = 8$ en 40/cm of bij zeer korte belichtingstijden (< 10 ms) een stationair grid ≥ 60 /cm.
- Automatic Exposure Control (AEC) is ongeschikt voor gebruik bij kinderen, tenzij speciaal ontworpen voor pediatrisch gebruik.
- Automatic Brightness Control moet uitgeschakeld worden wanneer grote delen met veel absorptie (bijvoorbeeld een volle blaas) in beeld zijn. Voor het overige is dit wel een aanbevolen functie.
- Doorlichting wordt bij voorkeur gepulst gebruikt.
- Last Image Hold is een aanbevolen functie.

3.2 Ontwikkeling vragenlijst

Het eerste concept van de vragenlijst is voor commentaar voorgelegd aan de opdrachtgever en is daarnaast besproken bij twee kinderziekenhuizen: het Emma Kinderziekenhuis te Amsterdam en het Sophia Kinderziekenhuis te Rotterdam. Hierbij werd, naast een antwoord op de vragen, advies gevraagd en gekregen over de meest zinvolle vragen en de meest effectieve formulering. Naar aanleiding van deze ronde is uiteindelijk de definitieve vragenlijst opgesteld (zie Bijlage C).

De interviews in het Emma Kinderziekenhuis en het Sophia Kinderziekenhuis brachten de volgende inzichten aan het licht over de praktijk in deze kinderziekenhuizen:

- Van de CT-scans is 40 à 50% een *follow-up*. Hierbij kan de stralingsbelasting voor het kind vaak lager zijn dan bij de eerste scan door het in beeld te brengen gebied verder te begrenzen¹.
- Van de doorlichtingsonderzoeken is meer dan 80% een *follow-up* of een tweede serie (één serie met en één zonder contrast). Sommige onderzoeken worden jaarlijks herhaald. De dosis (of een maat daarvoor, het dosis-oppervlakte product DOP) wordt niet geregistreerd, de doorlichtingsduur wel.
- Als voorbeeld van het afstemmen van de belichtingsparameters op het diagnostische doel, werd het onderzoeken van een waterhoofd aangehaald. Hiervoor is een relatief weinig gedetailleerd beeld nodig.
- Bij de keuze tussen MRI en CT (als echografie geen optie is) kan logistiek (wachlijsten) een

¹ De oorzaak van het hoge percentage *follow-up* is, dat het hier om twee oncologische kindercentra gaat. In het Juliana Kinderziekenhuis is het percentage *follow-up* slechts 5 à 10% (persoonlijke communicatie mw. dr. H.C. Holscher).

rol spelen.

- In Nederland kiest de radioloog vergeleken met de VS vaker voor echografie in plaats van CT.
- De voorzieningen bij de doorlichtingsapparatuur verschillen ook tussen de kindziekenhuizen. In het bijzonder de stroostralenroosters zijn in het ene ziekenhuis wel te verwisselen en te verwijderen en in het andere niet.
- Over het afschermen van gonaden bij CT en doorlichting verschillen de meningen, zowel binnen als tussen de ziekenhuizen. Ook bleek het afdekken in één geval wel in het protocol te staan maar niet te worden toegepast.
- Dosisgegevens worden slechts zelden gebruikt. Wanneer een patiënt achteraf zwanger blijkt te zijn en bij het opstellen van protocollen wordt de dosis berekend. Voor de individuele patiënt vindt men de dosis niet interessant.

In de hierna volgende paragraaf, wordt per vraag besproken waarom deze van belang wordt geacht voor het onderzoek en hoe de vraag beantwoord werd in de 18 bezochte ziekenhuisorganisaties.

3.3 Enqueteresultaten

In deze paragraaf worden de vragen en antwoorden één voor één besproken. Aan het begin van ieder gesprek, werd vermeld dat de vragen in principe betrekking hebben op de gehele ziekenhuisorganisatie, dus op alle vestigingen samen². Omdat het bij dit onderzoek vooral ging om de huidige praktijk in algemene ziekenhuizen in Nederland, en om geen onnodige administratieve lasten te veroorzaken, werd niet gevraagd naar de officiële productiecijfers maar om schattingen. De antwoorden betreffende aantallen verrichtingen vertegenwoordigen dus in het algemeen primair de indruk van de geïnterviewde radioloog. Wanneer geen antwoord werd gegeven op een vraag, is dat meestal niet afzonderlijk geteld. Dit heeft tot gevolg, dat bij veel vragen geen 18 antwoorden zijn.

3.3.1 Tot welke leeftijd?

Tot welke leeftijd worden patiënten in uw ziekenhuis als kinderen aangemerkt?

Deze vraag is vooral van belang voor het antwoord op de volgende vraag, waar het gaat om de aantallen onderzochte en behandelde kinderen. De vraag kon doorgaans niet worden beantwoord door alleen een leeftijdsgrens te noemen. In veel gevallen werd opgemerkt dat voor de radiologie omvang belangrijker is dan leeftijd. In sommige ziekenhuizen werden andere criteria gehanteerd, zoals het moment van de eerste menstruatie bij meisjes. Van de leeftijdsgrenzen die genoemd worden is de laagste 8 en de hoogste 18. De meest genoemde leeftijden zijn 15 en 16. Bij 10 ziekenhuizen hanteert men geen vaste grens.

3.3.2 Frequentie van verrichtingen

*Hoe vaak worden onderstaande handelingen in uw ziekenhuis uitgevoerd bij kinderen?*³

Deze vraag werd opgenomen om een indruk te krijgen van het belang van de gegeven antwoorden

² Waar in de vragen *ziekenhuis* staat dient gelezen te worden *ziekenhuisorganisatie*.

³ De handelingen betreffen CT-verrichtingen en doorlichting; zie Bijlage C voor details van de vraagstelling.

voor de gemiddelde situatie in Nederland. Een exact aantal werd niet gevraagd; de geïnterviewden mochten een schatting maken van de orde van grootte. Gelet op de antwoorden op vraag 1, gaat het grosso modo om patiënten van 15 jaar en jonger.

Afhankelijk van het onderzoek of de behandeling kan het voorkomen dat een verrichting in één sessie, één of meer malen wordt herhaald. Daarnaast komt het voor, dat patiënten één of meerdere malen terugkomen voor een herhaling van het onderzoek in het kader van *follow-up*. Om die reden werd, naast het aantal verrichtingen per jaar, gevraagd naar het gemiddelde aantal series per onderzoek en naar het gemiddelde aantal onderzoeken per kind.

Uit de steekproef bij 18 algemene ziekenhuizen blijkt dat ongeveer 1% van de patiënten die een CT-verrichting of doorlichting ondergaan in een algemeen ziekenhuis, kind is. Dit percentage varieert echter sterk, van 0,1% tot 6%, afhankelijk van de mogelijkheden binnen de ziekenhuizen en de mogelijkheden om kinderen door te sturen naar meer gespecialiseerde klinieken. Het jaarlijkse aantal CT-scans bij kinderen per ziekenhuisorganisatie varieert in de bezochte ziekenhuisorganisaties van 3 tot 600. Het totaal aan CT-scans in de bezochte algemene ziekenhuizen was 147068 in 2003. Het totaal in alle algemene ziekenhuizen samen bedroeg 532009, ofwel 3,6 maal zoveel [25]. Door vermenigvuldigen van het aantal CT-scans van kinderen in de bezochte ziekenhuizen met deze factor, kan het jaarlijkse aantal CT-scans van kinderen in algemene ziekenhuizen grof geschat worden op circa 5000.

Van alle CT-scans bij kinderen in de bezochte ziekenhuisorganisaties betrof circa 60% een scan van het hoofd, dit percentage varieerde echter van circa 20% tot 100%. Vijf geïnterviewden meldden dat soms een tweede hoofdschans (met contrastvloeistof) wordt gemaakt. In die ziekenhuizen zou dat bij circa 10% van de onderzochte kinderen gebeuren. Slechts in één van de bezochte ziekenhuizen komt het voor, dat ook een *follow-up* in datzelfde ziekenhuis plaatsvindt (circa 3 kinderen per jaar). De overige algemene ziekenhuizen verwijzen als dat nodig is naar een categoriaal of academisch ziekenhuis.

In 10 van de 18 bezochte ziekenhuizen wordt bij kinderen wel eens een CT-scan van de thorax gemaakt. Extrapolatie leert dat dit circa 7% van de CT-scans bij kinderen in de algemene ziekenhuizen betreft. Slechts in één ziekenhuis wordt soms een tweede scan met contrastvloeistof gemaakt. *Follow-up* werd niet gemeld.

CT-scans van abdomen/bekken komen in vergelijking met thorax-scans circa tweemaal zoveel voor. Bij circa 5% van de scans is de wervelkolom het onderwerp.

CT-geleide interventies bij kinderen komen in de bezochte ziekenhuizen maar zelden voor. Slechts 0,1% van de CT-verrichtingen bij kinderen is een CT-geleide interventie. CT-geleide interventies die bij kinderen worden toegepast zijn vooral abcesdrainage en orthopedische ingrepen.

Het feit dat de hierboven afgeleide verdeling voor CT bij kinderen in algemene ziekenhuizen (60% hoofd, 7% thorax, 14% abdomen/bekken, 5% wervelkolom en 5% trauma en chirurgie) niet optelt tot 100% komt doordat de getallen gebaseerd zijn op extrapolaties van ruwe schattingen.

Doorlichting bij kinderen komt, uitgaande van de schattingen van de geïnterviewde radiologen, ongeveer even vaak voor als CT-verrichtingen, dus circa 5000 maal per jaar. Sommige radiologen hadden echter geen zicht op doorlichtingen (naar schatting 5%) die door de orthoeped of chirurg in de operatiekamer worden uitgevoerd. Ook functieonderzoek van de urinewegen (naar schatting 75%) door de uroloog gebeurt in sommige ziekenhuizen buiten het zicht van de radioloog. Naast functieonderzoek van de urinewegen komt functieonderzoek van de slokdarm (~10%), van de dikke darm (~5%) en de dunne darm bij kinderen voor. Van angiografie werd slechts één enkele melding gemaakt.

De laatste categorie betreft interventies onder doorlichting (~5%). Hierbij gaat het vooral om nephrostomie, colon repositie (onder andere bij invaginatie) en abcesdrainage. Eén van de geïnterviewden gaf overigens aan dat voor abcesdrainage bij kinderen in het betreffende ziekenhuis altijd echografie werd toegepast.

In de twee bezochte kinderziekenhuizen worden samen per jaar circa 2000 CT-scans bij kinderen uitgevoerd. De verdeling over de onderzochte lichaamsdelen komt ongeveer overeen met die in de algemene ziekenhuizen. Een belangrijk verschil is echter, dat het percentage *follow-up* in de kinderziekenhuizen veel hoger wordt geschat (40% à 50%).

Doorlichting wordt ook in de twee bezochte kinderziekenhuizen voornamelijk toegepast voor functieonderzoek van slokdarm en urinewegen (circa 1100 per jaar) en bij angiografie. Circa 80% is *follow-up*.

3.3.3 Protocollen

*Worden er standaardprotocollen voor deze handelingen gebruikt en wat staat daar in ter beperking van de patiëntdosis?*⁴

Deze vraag is opgenomen in de enquête vanwege de constatering van de IGZ dat er regelmatig afdelingen radiologie worden aangetroffen waar geen specifieke protocollen voor kinderen gebruikt worden (zie paragraaf 1.1). Bij de interviews met de twee kinderziekenhuizen bleek al dat voor niet-standaardverrichtingen in het algemeen geen protocollen gemaakt worden. In alle ziekenhuizen werd benadrukt dat voor alle gangbare verrichtingen met protocollen wordt gewerkt. Twaalf van de 18 meldden dat er zowel voor CT als voor doorlichting bij kinderen protocollen waren, vier dat er wel kinderprotocollen waren voor CT maar niet voor doorlichting, en twee dat er voor beide geen protocollen waren. Hieruit blijkt dat CT en doorlichting bij kinderen in sommige algemene ziekenhuizen niet als gangbare verrichtingen beschouwd worden.

Bij zes van de 16 ziekenhuizen waar men aangaf dat er protocollen gebruikt worden voor CT, zijn deze geheel ongewijzigd overgenomen van, of aangeleverd door de leverancier van het apparaat. Bij de overige ziekenhuizen zijn de fabrieksinstellingen aangepast op basis van gegevens uit de literatuur, op basis van overleg binnen de eigen organisatie (klinisch fysicus, laborant, kinderarts), of met collega's van andere ziekenhuizen. Bij vier ziekenhuizen werd gemeld, dat kennis was benut afkomstig van academische ziekenhuizen of van de sectie kinderradiologie van de NVvR, al dan niet verkregen bij de driejaarlijkse opfriscursussen. Sommige protocollen maken onderscheid op basis van gewicht, andere op basis van leeftijd. In twee gevallen werd opgemerkt dat automatische belichting wordt toegepast ter beperking van de patiëntdosis⁵.

De protocollen voor doorlichting zijn, indien aanwezig, doorgaans op dezelfde wijze tot stand gekomen als de protocollen voor CT. Specifiek werd hierbij genoemd het gebruik van de functie *last image hold*.

Alle ziekenhuizen die zelfgeschreven protocollen hadden, waren desgevraagd bereid, kopieën van één of meer voorbeelden mee te geven dan wel na te sturen.

⁴ De handelingen betreffen CT-verrichtingen en doorlichting; zie Bijlage C voor details van de vraagstelling.

⁵ De automatische belichting werd éénmaal omschreven als 'Auto-mAs met variabele noise index' en éénmaal als 'DoseRight ACS' (automatic current selection).

3.3.4 Voorbeeld CT-scanparameters

Vergelijk CT-scans voor de volgende indicaties: (a) een hersentumor, (b) een waterhoofd. Zijn in uw ziekenhuis de scanparameters verschillend? Zo ja, welke, en wat zijn de waarden?

Deze vraag is opgenomen naar aanleiding van het voorbeeld dat in één van de kinderziekenhuizen werd gegeven van een verrichting waarbij de belichtingsparameters worden afgestemd op het diagnostische doel. In dat ziekenhuis stelde men op de CT voor het waterhoofd een grotere *pitch* in. In de 18 bezochte ziekenhuizen werden zeven verschillende antwoorden gegeven op deze vraag (zie Tabel 2). In één derde van de ziekenhuizen worden beide gevallen met CT onderzocht en in één derde wordt in beide gevallen geen CT ingezet maar MRI of, bij een niet-gesloten fontanel, echografie. Tweemaal luidde het antwoord, dat voor een waterhoofd wel CT gebruikt werd, maar voor een tumor MRI of echografie. Eén geïnterviewde gaf aan dat de vraagstelling voor zijn organisatie zodanig onrealistisch was dat deze niet beantwoord kon worden en bij drie anderen kwamen dergelijke gevallen niet voor, of werden ze onmiddellijk doorverwezen.

Samenvattend blijkt bij negen op de 14 ziekenhuizen dat indicatie (b) een techniek toestaat die de stralingsbelasting voor het kind beperkt ten opzichte van een standaard CT-scan. Opvallend is wel, dat de werkwijze die in één van de kinderziekenhuizen wordt voorgestaan, in slechts één algemeen ziekenhuis wordt toegepast.

Tabel 2 Antwoorden op vraag 4

| Antwoord | Aantal |
|--|--------|
| Geen antwoord mogelijk, vraag niet realistisch voor praktijk | 1 |
| (a) en (b) komen beide niet voor, of worden doorverwezen | 3 |
| In beide gevallen MRI of echografie | 6 |
| Bij waterhoofd wel CT maar bij tumor MRI of echografie | 2 |
| In beide gevallen CT, bij tumor eventueel met contrast / 2 ^e scan met contrastvloeistof | 2 |
| In beide gevallen CT, bij waterhoofd meer ruimte tussen de slices | 1 |
| In beide gevallen CT, instellingen gelijk | 3 |

3.3.5 Kiezen voor andere modaliteiten

Wat zijn, buiten de klinische vraagstelling, de factoren die bepalen welke modaliteit wordt ingezet? (MRI, echografie, doorlichting, CT)

Bij de vraaggesprekken in de kinderziekenhuizen was reeds gebleken dat de keuze soms mede bepaald wordt door de wachttijd bij de MRI of door de hierbij soms noodzakelijke narcose. Ook was hier ter sprake gekomen dat vanwege de geringere hoeveelheid vetweefsel bij kinderen meer gebruik gemaakt kan worden van echografie dan bij volwassenen.

Uit de antwoorden op vraag 4 bij de 18 algemene ziekenhuizen was al duidelijk geworden dat in de meeste gevallen en waar mogelijk, gekozen wordt voor een modaliteit die de stralingsbelasting voor

het kind beperkt. Bij de meeste ziekenhuizen werd als eerste factor ALARA⁶ genoemd. Daarnaast werd opgemerkt dat het sterk afhangt van de vraagstelling, wat de mogelijke modaliteiten zijn. In veel gesprekken werd door de geïnterviewden daarom verteld, wat voor veel voorkomende onderzoeken de meest toegepaste modaliteit is. Twee geïnterviewde radiologen signaleerden tenslotte uit eigen beweging dat er een groeiende vraag is naar CT-scans van de buik, bij indicaties waarvoor artsen dit voorheen niet deden, zoals appendicitis.

Voor buikonderzoek bij kinderen is de meest gekozen modaliteit in acht ziekenhuizen echografie en in vier CT. Ook werd gemeld dat echografie steeds meer mogelijkheden biedt, maar dat die vaak nog niet bekend en beschikbaar zijn (zie bijvoorbeeld [26]).

Ook voor onderzoek van het hoofd bij kinderen waarvan de fontanel nog open is, wordt in veel ziekenhuizen bij voorkeur echografie gebruikt, soms voorafgaand aan MRI of CT. Wanneer echografie geen optie is, heeft MRI doorgaans de voorkeur. Bij drie ziekenhuizen werd gemeld dat er wel CT-scans worden gemaakt doordat MRI-apparatuur onvoldoende beschikbaar is. In sommige ziekenhuizen werd als bezwaar tegen MRI genoemd dat kinderen vaak te onrustig zijn om lang genoeg stil te liggen en dat bij de MRI geen apparatuur voor anesthesie beschikbaar is. In andere ziekenhuizen heeft men echter goede ervaringen met het toedienen van slaapmiddelen (dormicum) bij de jongste kinderen en met een ‘roesje’ (sederen) bij iets oudere kinderen.

Voor doorlichting (vooral gebruikt bij functieonderzoek van de urinewegen en van de slokdarm) werden door de geïnterviewden geen alternatieven genoemd.

3.3.6 Apparatuur voor CT en doorlichten

Welke apparatuur wordt ingezet voor CT en doorlichten bij kinderen (merk, type) en in welk opzicht wijkt dit af van wat gebruikt wordt voor volwassenen?

Denk ook aan hulpmiddelen als speciale stroostralenroosters, ‘dunne’ tafels, middelen om de patiënt te fixeren, gonadenafscherming, speciale functies/modules zoals een ‘low dose knop’ of ‘DoseCare’.

Bij het maken van de afspraken voor de interviews was reeds aangegeven dat het bij een deel van de vragen mogelijk wenselijk was, een radiologisch laborant, klinisch fysicus of stralingsdeskundige op afroep beschikbaar te hebben. Een deel van de geïnterviewde radiologen speelde de vragen 6 en 7 inderdaad door aan een medewerker met meer kennis van technische aspecten.

Bij de bezochte kinderziekenhuizen wordt gewerkt met één *dual slice*, twee *4-slice* en één *6-slice* CT-scanner. Eén van de *4-slice* scanners en de *6-slice* scanner hebben de mogelijkheid tot buisstroommodulatie.

De 18 bezochte algemene ziekenhuizen hadden samen beschikking over 23 CT-scanners. In één ziekenhuis werd voor kinderen een andere CT-scanner gebruikt dan voor volwassenen. Kinderen worden hier altijd onderzocht met de snelste CT-scanner. Bij de andere ziekenhuizen met meer dan één CT-scanner hangt de keus af van welk apparaat beschikbaar is, ook waar de scanners duidelijk verschillen. Tabel 3 laat zien over hoeveel *single*, *dual*, *4*, *6*, *8*, *16* en *40 slice* scanners de

⁶ ALARA (As Low As Reasonably Achievable) is, na rechtvaardiging, een basisprincipe van de stralingsbescherming.

ziekenhuizen samen beschikten⁷. Bij optimaal gebruik van de mogelijkheden kan met de modernere multislice CT-scanners over het algemeen een lagere dosis bereikt worden dan met de oudere scanners met 1-4 slices [27].

Twee van de scanners waren uitgerust met een ‘low dose’- of ‘kind’-knop. Van vier scanners wist men dat deze een vorm van automatische belichting toepasten. In zes ziekenhuizen is gonadenafscherming bij CT-onderzoek mogelijk, wordt deze aangeboden of is zelfs standaard. In vijf ziekenhuizen wordt dit daarentegen pertinent niet toegepast.

Tabel 3 Aantal slices van de CT-scanners gebruikt voor kinderen

| | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|----|----|
| Aantal slices | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 16 | 40 |
| Aantal scanners | 3 | 2 | 4 | 1 | 3 | 7 | 2 |

Om de beweeglijkheid van kinderen in de CT-scanner tegen te gaan, waren in de helft van de bezochte ziekenhuizen speciale voorzieningen aanwezig. Deze bestonden uit vacuümkussens of andere speciale kussens, een ‘gootje’ voor baby’s en gedimd licht, beeldende kunst en muziek.

De apparatuur voor doorlichten was bij vier van de ziekenhuizen uitgerust met een ‘low dose’- of ‘kind’-knop. In drie algemene ziekenhuizen kon bij deze apparatuur het strooistralenrooster voor kinderen verwijderd worden en in zes kon de filtering aangepast worden. In 12 ziekenhuizen wordt bij doorlichten standaard gonadenafscherming aangeboden, in vier niet. Fixatie vindt bij doorlichting meestal plaats door het kind vast te houden. Vaak wordt de ouders hierbij een rol gegeven.

3.3.7 Aanpassing instellingen

Welke van de volgende instellingen van de apparatuur worden aangepast aan de patiënt (vanwege leeftijd, afmetingen en/of beweeglijkheid)?

Vanwege het oriënterende karakter van de interviews bij de kinderziekenhuizen is de lijst met instellingen niet in beide kinderziekenhuizen compleet besproken. Parameters die in beide bezochte kinderziekenhuizen worden aangepast ter beperking van de dosis bij CT zijn onder andere buisspanning (kV) en -stroom (mA) (de laatste waar mogelijk door middel van modulatie), pitch en angulatie. Bij doorlichting wordt in één van de twee kinderziekenhuizen het strooistralenrooster waar mogelijk wél verwijderd of gevarieerd, bij het andere niet. Geen van beide kinderziekenhuizen gebruikt een speciale lichte tafel voor kinderen.

Instellingen CT

Slices of spiraal

Als de mogelijkheid bestaat, om te schakelen tussen spiraal en slice-mode, wordt in vijf van de bezochte ziekenhuizen gekozen voor slice-mode bij onderzoek van het hoofd en anders voor spiraal-mode. In vier ziekenhuizen wordt altijd voor spiraal-mode gekozen omdat dit sneller is. In geen van de ziekenhuizen speelt de leeftijd of omvang van de patiënt een rol bij de keuze.

⁷ Om de anonimiteit van de bezochte ziekenhuizen te waarborgen wordt hier niet van alle apparatuur merk en type weergegeven.

pitch (of increment)

In zes ziekenhuizen werd geantwoord dat er gewerkt wordt met variabele *pitch* of *increment*. Bij twee van deze zes waren er standaardprotocollen voor kinderen waarin deze parameters per onderzoek waren vastgelegd.

Coupedikte

In dezelfde zes ziekenhuizen waar met een variabele *pitch* of *increment* wordt gewerkt, werkt men ook wel met een variabele *coupedikte*. Bij twee andere bleek deze parameter wel bekend als variabele en wordt voor een kleinere *coupedikte* gekozen als het hoofd kleiner is.

Rotatiesnelheid

Deze parameter was nergens leeftijd-afhankelijk.

Scanbereik

Drie van de 18 geïnterviewden antwoordden dat het scanbereik bij kinderen extra krap wordt uitgemeten vanwege het stralingsrisico.

Buisspanning (kV)

Bij 12 ziekenhuizen hangt de buisspanning behalve van het type onderzoek, ook af van de omvang van de patiënt, bij drie ziekenhuizen niet, en bij drie was het niet bekend.

Buisstroom (mA)

Bij 12 van de 18 ziekenhuizen hangt de buisstroom (mA) behalve van het type onderzoek, ook af van de omvang van de patiënt, bij drie ziekenhuizen niet, en bij drie was het niet bekend. Bij drie van deze 12 wordt de stroomsterkte gemoduleerd ('auto-mA') aan de hand van een instelfoto ('scout') of door terugkoppeling tijdens de scan.

Anders, nl.:

Eén geïnterviewde meldde dat bij kinderen het gebruik van contrastmiddel zoveel mogelijk wordt gemeden ter voorkoming van allergische reacties.

Instellingen doorlichtingsapparatuur

Begrenzing van het veld

De veldgrootte wordt overal zoveel mogelijk beperkt; bij volwassenen evenzeer als bij kinderen.

Filtering

In zes ziekenhuizen is de filtering volgens de geïnterviewden variabel, in tien niet.

Belichtingsduur

In alle ziekenhuizen wordt zo kort mogelijk belicht. Twee geïnterviewden gaven aan dat dit bij

kinderen extra belangrijk is.

Continu of gepulst

In twee ziekenhuizen werd alleen continu doorlicht, in 12 alleen gepulst. In twee ziekenhuizen werd zowel continu als gepulst doorlicht. Dit was niet afhankelijk van de leeftijd van de patiënt maar in één ziekenhuis van het gebruikte apparaat en in één ziekenhuis van de voorkeur van de dienstdoende radioloog.

Afstand

In 12 ziekenhuizen werd gemeld dat de bovenliggende beeldversterker altijd zo laag mogelijk werd gezet ter beperking van de dosis.

Stroostralenrooster

In drie ziekenhuizen wordt bij kleine kinderen zonder stroostralenrooster doorlicht, in 12 wordt altijd met rooster doorlicht en in drie was niet bekend of het verwijderd kon worden.

Last image hold

Deze mogelijkheid wordt in 17 van de 18 ziekenhuizen gebruikt, voor volwassenen evenzeer als voor kinderen. In één ziekenhuis was dit niet bekend. Bij vijf ziekenhuizen werd speciaal de mogelijkheid genoemd deze 'last image' op te slaan, waardoor het maken van een foto (die meer detail en contrast heeft maar met een hogere dosis gepaard gaat) kan worden vermeden.

Belichtingsautomaat

Een belichtingsautomaat wordt in 15 van de 18 ziekenhuizen gebruikt, voor volwassenen evenals voor kinderen. In drie ziekenhuizen was het niet bekend.

Buisspanning (kV)

Eén van de geïnterviewden antwoordde dat de buisspanning nooit wordt aangepast en één geïnterviewde wist het niet. Van de andere 16 antwoordde één dat de buisspanning met de hand wordt ingesteld en zeven dat de belichtingsautomaat dit doet.

Buisstroom (mA)

Eén van de geïnterviewden antwoordde dat de buisstroom nooit wordt aangepast⁸ en twee geïnterviewden wisten het niet. Van de andere 15 is de stroomsterkte in één ziekenhuis met keuzeknoppen te variëren (onder andere een 'baby-knop') en in acht ziekenhuizen wordt de stroomsterkte ingesteld door de belichtingsautomaat.

De belichtingsautomaat regelt volgens zes geïnterviewden zowel de buisspanning als de stroomsterkte, volgens één alleen de buisspanning en volgens twee alleen de stroomsterkte.

⁸ Het gaat hier om het ziekenhuis waar ook de buisspanning vast is.

Anders, nl.:

Eén geïnterviewde voegde toe dat het gebruikte doorlichtingsapparaat een lage dosisknop heeft die tegelijkertijd de pulsering, de buisspanning en de stroomsterkte aanpast. Een ander merkte op dat bij beweeglijke kinderen de moeder er bij mag zijn. Een derde noemde als belangrijke parameter de *pulse rate*, die ter beperking van de dosis bij kinderen van 16 pulsen per seconde op 1 à 2 pulsen per seconde werd ingesteld. Tenslotte was in één ziekenhuis als extra optie een ‘beam hardening filter’ gekocht.

3.3.8 Dosisindicatie

Beschikt de genoemde apparatuur over een dosisindicatie?

- *Zo ja, wat voor soort (Denk aan DOP, DLP, CTDI⁹ e.d.)?*

- *Zo ja, wordt daar iets mee gedaan?*

In Tabel 4 zijn de antwoorden op het eerste deel van de vraag samengevat wat betreft de CT-apparatuur. Hetzelfde is gedaan voor de apparatuur voor doorlichten in Tabel 5.

Tabel 4 Dosisindicatie CT

| Dosisindicatie CT | Alleen CTDI | CTDI _w | CTDI en DLP | Alleen DLP | Ja | Nee | Onbekend |
|-------------------|-------------|-------------------|-------------|------------|----|-----|----------|
| Frequentie | 6 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 |

Tabel 5 Dosisindicatie apparatuur voor doorlichten

| Dosisindicatie apparatuur voor doorlichten | DOP | Besignaal na circa 5 min | ‘cumulatieve dosis’ | Ja | Nee | Onbekend |
|--|-----|--------------------------|---------------------|----|-----|----------|
| Frequentie | 1 | 10 | 1 | 1 | 2 | 3 |

In 13 van de 18 gesprekken werd gezegd dat er niets gedaan wordt met de dosisgegevens. Vijf geïnterviewden antwoordden dat er in de protocollen richtwaarden staan, of dat er bij het opstellen van de protocollen rekening gehouden is met deze dosisgegevens. Los daarvan wordt de CTDI-waarde in vijf ziekenhuizen afgebeeld op het scherm en wordt deze opgeslagen in het PACS.

3.3.9 Mislukte scans

Hoe vaak komt het voor dat een CT-scan niet in één keer lukt (percentage)? Wat zijn veelvoorkomende oorzaken?

De schattingen van het aantal mislukte scans lopen uiteen van vrijwel geen, tot 5 à 10%. Het gaat daarbij altijd om scans van het hoofd en de oorzaak van het mislukken is altijd beweging. Sommige

⁹ DOP staat voor dosis-oppervlakte-product, DLP voor dosis-lengte-product, CTDI voor computed tomography dose index.

kinderen blijven ondanks de sedatie beweeglijk, soms heeft de sedatie zelfs een averechts effect. Meestal maakt men een nieuwe afspraak als het kind te onrustig is zodat mislukking wordt voorkomen. Doordat een scan met de moderne apparatuur minder tijd kost dan voorheen komt mislukken steeds minder voor. Doorgaans kan een gedeeltelijk mislukte scan aangevuld worden door een paar 'plakjes' over te doen maar in één van de bezochte ziekenhuizen bestaat die mogelijkheid niet; hier moet een mislukte scan in zijn geheel worden overgedaan.

4. Conclusies

4.1 Aantallen verrichtingen

Uit de enquêteresultaten kan ruw geschat worden dat in de algemene ziekenhuizen in Nederland jaarlijks circa 5000 CT-sans gemaakt worden bij kinderen tot 15 jaar, waarvan circa 3000 van het hoofd en 700 van buik/bekken. Een aandachtspunt is, dat door twee geïnterviewden een stijgende trend vermoed werd in het aantal buikscans voor indicaties als appendicitis. Doorlichting bij kinderen gebeurt in de algemene ziekenhuizen ook circa 5000 maal per jaar; in 75% van de gevallen gaat het om functieonderzoek van de urinewegen en in 10% om functieonderzoek van de slokdarm.

Hoe vaak deze verrichtingen voorkomen bij kinderziekenhuizen is niet bekend; in de twee bezochte kinderziekenhuizen gaat het samen om circa 2000 CT-scans en 1100 doorlichtingen. Bij deze twee kinderziekenhuizen gaat het voor een groot deel om *follow-up* voor oncologie.

4.2 Protocollen

Van de 18 algemene ziekenhuizen bleken er 16 te beschikken over protocollen voor CT bij kinderen. Bij 10 ziekenhuizen waren de protocollen zelf op papier gezet en bij zes ging het om bij de apparatuur geleverde en meestal voorgeprogrammeerde protocollen. Voor doorlichting had men bij zes van de 18 algemene ziekenhuizen geen protocollen voor kinderen.

Gelet op de internationale aanbevelingen, voor standaardverrichtingen ook voor kinderen specifieke protocollen te ontwikkelen en te gebruiken [12, 13, 14, 15, 16], kan worden geconcludeerd dat hieraan wat betreft CT in de meeste gevallen wel, maar wat betreft doorlichting, relatief vaak niet wordt voldaan.

4.3 Aanpassing CT-parameters aan diagnostische vraagstelling

Een voorgelegde case, voorgesteld tijdens het gesprek met één van de academische kinderziekenhuizen, bestond uit de vraag naar CT-scanparameters bij onderzoek naar (a) een vermoede hersentumor en (b) een waterhoofd. Bij het kinderziekenhuis waar het voorbeeld vandaan kwam zou men het waterhoofd met een grotere *pitch* (en dus een lagere ruimtelijke resolutie) onderzoeken.

Achteraf bezien was deze vraag een minder gelukkige keuze omdat de onderzoekers noch de geïnterviewden zich realiseerden dat de grotere *pitch* alleen bij een *follow-up* onderzoek van een waterhoofd wordt toegepast, wat vrijwel alleen in de kindercentra voorkomt. Een conclusie betreffende de werkwijze in algemene ziekenhuizen ten aanzien van de aanbevelingen uit de literatuur [12, 14, 15] om de indicatiestelling mee te laten wegen bij de keuze van de modaliteit en, in geval die CT is, bij het bepalen van de scanparameters, kan hierdoor niet getrokken worden.

4.4 Andere modaliteiten

Bij de meeste ziekenhuizen werd bij het kiezen van de modaliteit als eerste het ALARA-principe genoemd. Waar mogelijk wordt in het algemeen gekozen voor een modaliteit die geen stralingsbelasting voor het kind veroorzaakt. Gemeld werd onder andere dat echografie de laatste tijd steeds meer mogelijkheden biedt maar dat die nog niet altijd en overal bekend zijn. Over het belangrijkste nadeel van MRI, de (veronderstelde) noodzaak van anesthesie, wordt verschillend gedacht. Een aantal ziekenhuizen heeft goede ervaringen met lichtere vormen van sedatie.

Zowel bij kinderziekenhuizen als bij algemene ziekenhuizen komt het wel eens voor, dat er CT wordt ingezet wegens de wachtlijst voor de MRI.

Alternatieven voor doorlichting bij functieonderzoek van de urinewegen en de slokdarm werden niet genoemd. Een mogelijke reden zou kunnen zijn dat doorlichting alleen wordt ingezet als er geen alternatief is.

De meeste, zo niet alle ziekenhuizen kiezen bij het overwegen van een CT-onderzoek waar mogelijk voor een modaliteit die geen stralingsbelasting voor het kind veroorzaakt, conform de internationale aanbevelingen [12, 14, 15].

4.5 Apparatuur

De CT-scanners in de algemene ziekenhuizen waren over het algemeen redelijk modern, gezien het gemiddelde van 11 slices per scanner. Negen scanners hadden 4 of minder slices en 13 zes of meer. Vergeleken daarmee waren de kinderziekenhuizen met gemiddeld 4 slices per scanner minder goed bedeed.

Wat betreft de apparatuur voor doorlichten bleek dat slechts in drie van de algemene ziekenhuizen het strooistralenrooster verwijderd kon worden. In zes algemene ziekenhuizen kan men de filtering aanpassen. Een *low dose* of 'kind'-knop was bij vier van de 18 algemene ziekenhuizen aanwezig. Ook de kinderziekenhuizen verschilden hierin onderling. Bij het ene werd wèl gewerkt met een verwijderbaar strooistralenrooster en bij het andere niet.

Opvallend was wel dat men in sommige ziekenhuizen zeer goed bekend was met de mogelijkheden van de apparatuur maar in andere veel minder. Zo was vaak niet bekend waar een bepaalde knop betrekking op had en wat de functie van filtering was.

Zowel bij de kinderziekenhuizen als bij de algemene ziekenhuizen bestaan er verschillen van inzicht en in de praktijk aangaande gonadenafscherming.

Concluderend kan gesteld worden dat het met het niveau van de basisapparatuur zelf over het algemeen goed gesteld is, maar dat speciale, relatief goedkope voorzieningen als gonadenafscherming en filtering in veel gevallen ontbreken. Verwijderbare strooistralenroosters bij doorlichting, zoals aanbevolen door de EU [13], zijn betrekkelijk zelden aanwezig.

4.6 Aanpassing instellingen

De volgende CT-instellingen die betrekking hebben op de afweging tussen dosis en beeldkwaliteit worden in de algemene ziekenhuizen specifiek aangepast aan de omvang van de patiënt of vanwege het feit dat het om een kind gaat (tussen haakjes het aantal van de 18 bezochte algemene ziekenhuizen waar dit gebeurt):

- *Pitch* of *increment* (6)
- Coupedikte (8)
- Scanbereik (3)
- Buisspanning (12)
- Stroomsterkte¹⁰ (12)

Aanpassingen aan de apparatuur voor doorlichten die gedaan worden afhankelijk van de omvang van

¹⁰ Bij drie van deze 12 wordt de stroomsterkte gemoduleerd ('auto-mA') aan de hand van een instelfoto ('scout') of door terugkoppeling tijdens de scan.

de patiënt of vanwege het feit dat het om een kind gaat zijn (tussen haakjes het aantal van de 18 bezochte algemene ziekenhuizen waar dit gebeurt):

- Filtering (6)
- Geen continue belichting (12)
- Hoogte beeldversterker (12)
- Stroostralenrooster verwijderen (3)
- Last Image Hold / Store (17 / 5)
- Belichtingsautomaat (15)
- Buisspanning manual / auto (1 / 7)
- Buisstroom manual / auto (1 / 8)
- *pulse rate manual* (1)
- *Low dose* knop¹¹ (4)

Ten aanzien van de CT-instellingen kan worden opgemerkt dat het aanpassen van pitch of increment en coupedikte bij kinderen niet in alle algemene ziekenhuizen een toegepaste techniek is. Ook het feit dat niet alle algemene ziekenhuizen de stroomsterkte aanpassen of moduleren laat echter zien dat er nog wel ruimte is voor verbetering.

Wat de doorlichting betreft, zou het streven moeten zijn dat alle ziekenhuizen de filtering toepassen in combinatie met een hogere buisspanning (kV), gepulst belichten, de beeldversterker zo laag mogelijk zetten, bij kleine kinderen zo mogelijk het stroostralenrooster verwijderen, *Last Image Hold* toepassen, *geen* belichtingsautomaat gebruiken tenzij deze specifiek geschikt is voor het gebruik bij kinderen, en de buisstroom en *pulse rate* zo laag mogelijk instellen. De in dit rapport getoonde getallen geven aan dat dit streven nog geen werkelijkheid is.

4.7 Dosisindicatie

De CT-apparatuur bleek bij de meeste ziekenhuizen voorzien van de dosisindicatie CTDI of DLP. Deze werd in vijf ziekenhuizen zowel afgebeeld als opgeslagen. De apparatuur voor doorlichten had over het algemeen alleen een belsignaal na circa 5 minuten doorlichten. Er werd vijfmaal gemeld dat de protocollen richtwaarden bevatten voor de waarden van deze dosisindicatoren. De meeste geïnterviewden gebruikten deze informatie zelden of nooit.

4.8 Mislukte scans

Uit de interviews blijkt dat CT-scans tegenwoordig vrijwel niet mislukken. Een enkeling schatte het percentage mislukte scans op maximaal 10% maar de meesten op minder dan 2%. Het risico van mislukte scans door beweeglijke kinderen wordt kennelijk afdoende onderkend om het vrijwel geheel te voorkomen.

¹¹ Volgens één geïnterviewde grijpt de *low dose* knop in op zowel de *pulse rate*, de buisspanning als de stroomsterkte.

5. Discussie en aanbevelingen

Gegeven de onderzoeksopzet is het niet ondenkbaar, dat het door de geïnterviewden geschetste beeld beïnvloed is door de *gewenste situatie* en daardoor mogelijk afwijkt van de praktijk. Of het geschetste beeld naar de optimistische, dan wel naar de pessimistische kant neigt is echter niet objectief vast te stellen, zodat bij de interpretatie van de resultaten slechts rekening gehouden kan worden met de onnauwkeurigheid van het meetinstrument enquête. Keerzijde van deze medaille is, dat een vrij grote, en redelijk representatieve steekproef is gehouden van het bestand van algemene Nederlandse ziekenhuizen, wat bij een schriftelijk afgenomen vragenlijst veel moeilijker te bereiken is.

De door twee geïnterviewden gesignaleerde stijgende trend in het aantal aanvragen voor CT-scans van de buik voor indicaties als appendicitis, is een goede reden om aan te bevelen dat de beroepsgroep zich hier over buigt. De auteurs kunnen slechts constateren dat de besproken trend een verhoging van de stralingsdosis tot gevolg heeft. Voor een juiste afweging dient echter ook het vermijden van het risico van een onnodige operatieve ingreep meegewogen te worden. Het is de auteurs echter ter ore gekomen dat inmiddels een consensuswerkgroep van de Orde van Medisch Specialisten in het Leven is geroepen die zich met dit onderwerp bezighoudt [28]. Hetzelfde geldt voor de vraag, welke vorm van sedatie bij MRI van kinderen de voorkeur verdient. Ook hiervoor is een afweging van risico's, waarvan het stralingsrisico er één is, aan de orde.

Niet alle algemene ziekenhuizen beschikken over eigen protocollen voor CT en doorlichting van kinderen. Ook wanneer de apparatuur voorzien is van aparte knoppen of programma's voor kinderen, kan het proces verbeterd worden door het opstellen van eigen protocollen. Hiermee kan op grond van kenmerken van de patiënt en de indicatie, de keuze voor een bepaalde instelling gemaakt worden. De richtlijnen in EUR 16261 kunnen hierbij voor doorlichting als uitgangspunt genomen worden [13].

Uit het gesprek met mw. dr. H.C. Holscher over de resultaten van dit onderzoek kwam naar voren dat onder (kinder-)radiologen behoefte bestaat aan een naslagwerkje waarin duidelijke richtlijnen te vinden zijn over het gebruik van CT. Suggesties voor de inhoud hiervan zouden kunnen zijn:

- In welke gevallen kan echografie als alternatief voor CT worden gebruikt? Uit de interviews bleek dat steeds meer mogelijk is met echografie maar dat dit nog niet overal bekend is.
- Welke dosisgerelateerde waarden worden momenteel (internationaal) als optimaal beschouwd? Uit evaluaties van de 'sandwichcursussen' van de NVvR zou blijken dat men geen behoefte heeft aan parate kennis als 'zoveel mAs/kg' maar wel aan een naslagwerkje waarin dit te vinden is.
- Aanwijzingen hoe het scanbereik in te stellen bij CT. Uit de interviews bleek, dat minimaliseren van het scanbereik niet overal wordt toegepast.
- Aanwijzingen hoe CT-parameters als buisspanning (kV), buisstroom (mA), *pitch* of *increment* in te stellen afhankelijk van het type onderzoek en de daarbij gewenste beeldkwaliteiten. Bij modernere apparaten kan dit ook gebeuren door instellen van een *noise index* of een waarde met de eenheid mAs/kg.

Ook bij doorlichting is er een aantal aspecten dat verdient onder de aandacht gebracht te worden

- Filtering van de röntgenbundel is vaak niet mogelijk. Dit kan verholpen worden door aanschaf van een filter.

- Het stroostralenrooster is vaak niet verwijderbaar. Dit is een aandachtspunt bij de aanschaf van apparatuur.
- Gebruik van een belichtingsautomaat voor kinderen wordt niet aanbevolen tenzij een detector is gemonteerd die hiervoor geschikt is [13].
- Continue belichting dient vermeden te worden en de *pulse rate* dient zo laag mogelijk gehouden te worden.
- De functie *Last Image Hold* dient zoveel mogelijk gebruikt te worden. Het opslaan van dit beeld heeft, als dat mogelijk is, de voorkeur boven het nemen van een extra foto.

Literatuur

- 1 Donnelly LF, Emery KH, Brody AS, Laor T, Gylys-Morin VM, Anton CG, Thomas SR, Frush DP. Minimizing radiation dose for pediatric body applications of single-detector helical CT: strategies at a large Children's Hospital. *Am J Roentgenol.* 176 (2), 303-6, 2001.
- 2 Paterson A, Frush DP, Donnelly LF. Helical CT of the body: are settings adjusted for pediatric patients? *Am J Roentgenol.* 176 (2), 297-301, 2001.
- 3 Brenner D, Elliston C, Hall E, Berdon W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *Am J Roentgenol.* 176 (2), 289-96, 2001.
- 4 Rogers LF. Taking Care of Children: Check Out the Parameters Used for Helical CT. *Am J Roentgenol.* 176 (2), 287, 2001.
- 5 Bjerklie D. No need to panic over kid CAT scans. *Time.com*, January 24, 2001: <http://www.time.com/time/nation/article/0,8599,96536,00.html>, geraadpleegd op 23 maart 2001.
- 6 Lemonick MD. Kids, CAT scans, cancer: thousands could die decades down the road. *Time*, February 5, 2001, p.51.
- 7 Tweede Kamer der Staten-Generaal, Vragen gesteld door de leden der kamer met de daarop door de regering gegeven antwoorden. *Vergaderjaar 2000-2001*, nr. 1047.
- 8 International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Annals of the ICRP* 21(1-3); Oxford: Pergamon Press; 1991.
- 9 Huda W, Atherton JV, Ware DE, Cumming WA, An approach for the estimation of effective radiation dose at CT in pediatric patients, *Radiology*, 203 pp 417-422, 1997.
- 10 Geleijns J, van Vliet M. Stralenbelasting bij kinderradiologie (verslag van een vergelijkend onderzoek in 9 Nederlandse ziekenhuizen) IRS rapport 98-01A, 1998.
- 11 Unnik van JG, Broerse JJ, Geleijns J, Jansen J Th M, Zoetelief J, Zweers D, Survey of CT techniques and absorbed dose in various Dutch Hospitals, *The British Journal of Radiology*, 70 pp 367-371, 1997.
- 12 Frush DP, Donnelly LF, Rosen NS, Computed Tomography and Radiation Risks: What Pediatric Health Care Providers Should Know. <http://www.pediatrics.org/cgi/content/full/112/4/951>, geraadpleegd 17 mei 2005.
- 13 European Guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics, Office for official publications of the European Communities, EUR 16261EN, Juli 1996.
- 14 Feigal DW, FDA Public Health Notification: Reducing Radiation Risk from Computed Tomography for Pediatric and Small Adult Patients, Center for Devices and Radiological Health Food and Drug Administration, November 2, 2001.
- 15 National Cancer Institute, The Society for pediatric radiology, Radiation & Pediatric Computed Tomography, A guide for Health Care Providers, Summer 2002.
- 16 Lameer-Engel G, Martijn A (red.), *Werkboek Kinderradiologie*, ISBN 90-5383-828-7, VU Uitgeverij, Amsterdam, 2003.
- 17 Hart D, Wall BF, Shrimpton PC, Bungay DR, Dance DR, Reference Doses and Patient Size in Paediatric Radiology, NRPB-R318, 2000.

-
- 18 Brugmans MJP, Meeuwsen EJ, Gemiddelde effectieve dosis per type CT-onderzoek. In: Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen. Bilthoven: RIVM, <<http://www.rivm.nl/ims>> Diagnostiek\ Radiologie intramuraal\ Computer Tomografie (CT), 8 december 2004.
 - 19 Brugmans MJP, Meeuwsen EJ, Gemiddelde effectieve dosis voor verschillende typen röntgenverrichtingen. In: Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen. Bilthoven: RIVM, <<http://www.rivm.nl/ims>> Diagnostiek\ Radiologie intramuraal\ Röntgen (excl. CT), 15 december 2004.
 - 20 Brugmans MJP, Meeuwsen EJ, Bijdrage diagnostische verrichtingen aan de gemiddelde effectieve dosis. In: Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen. Bilthoven: RIVM, <<http://www.rivm.nl/ims>> Diagnostiek, 15 december 2004.
 - 21 Berrington de González A, Darby S, Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries, *The Lancet*, Vol 363 pp 345-351, January 31, 2004.
 - 22 Ambrosino MM, Genieser NB, Roche KJ, Kaul A, Lawrence RM, Feasibility of high-resolution, low-dose chest CT in evaluating the pediatric chest, *Pediatric Radiology* 24 (1) pp 6-10, 1994
 - 23 Boone JM, Geraghty EM, Anthony Seibert J, Wootton Gorges SL, Dose Reduction in Pediatric CT: A rational approach, *Radiology* 228 pp. 352-360, 2003.
 - 24 Siegel MJ, Schmidt B, Bradley D, Suess C, Hildebolt C, Radiation dose and image quality in pediatric CT: Effect of technical factors and phantom size and shape, *Radiology* 233 pp. 515-522, 2004.
 - 25 Meeuwsen EJ, Trend in het aantal CT-onderzoeken. In: Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen. Bilthoven: RIVM, <<http://www.rivm.nl/ims>> Diagnostiek\ Radiologie intramuraal\ Computer Tomografie (CT), 8 december 2005.
 - 26 Riccabona M, Modern Pediatric Ultrasound: potential applications and clinical significance. A review, *Clinical Imaging*, Volume 30, Issue 2, pp 77-86, March 2006.
 - 27 Bijwaard H en Stoop P, Ontwikkelingen in de Computer Tomografie Gevolgen voor de patiëntveiligheid, RIVM rapport 265021004, Bilthoven, 2006.
 - 28 Persoonlijke mededeling, mw. dr. H.C. Holscher

Bijlage A Verzendlijst

Buiten de standaard verzendlijst van RIVM-rapporten wordt dit rapport verzonden aan de ziekenhuizen die aan dit onderzoek hebben deelgenomen (één exemplaar per ziekenhuis), ter attentie van de radioloog waarmee de afspraak is gemaakt.

1. Sophia kindziekenhuis Rotterdam, t.a.v. dr. M. Lequin
2. Emma kindziekenhuis Amsterdam, t.a.v. dr. A. Smets
3. Martini Ziekenhuis, t.a.v. dr. Holt
4. Noorderbreedte, t.a.v. dr. de Rhoter
5. Diakonessenhuis Utrecht, t.a.v. dr. F.M.B. Sanders
6. Delfzicht Ziekenhuis, t.a.v. dr. Strubbe
7. Maxima Medisch Centrum, t.a.v. dr. E. Rasenberg
8. St. Laurentius Ziekenhuis, t.a.v. dr. Opdenakker
9. Amphia Ziekenhuis, t.a.v. dr. Krouwels
10. Stg Oosterschelde Ziekenhuizen Goes, t.a.v. dr. Hamerslag
11. Medisch Centrum Rijnmond-Zuid, t.a.v. dr. Niezen
12. Ziekenhuis Gelderse Vallei, t.a.v. drs. Kneepkens
13. St. Antonius Ziekenhuis, t.a.v. dr. Zapletal
14. Alysis Zorggroep, Loc, Rijnstate, t.a.v. dr. B. van Schelven
15. Jeroen Bosch Ziekenhuis, t.a.v. dr. E. Tetteroo
16. Ziekenhuis Bernhoven, t.a.v. dr. J. Fick
17. Ziekenhuis 't Lange Land, t.a.v. dr. Mohamad
18. Kennemer Gasthuis, t.a.v. dr. Oostburg
19. Tweesteden Ziekenhuis, t.a.v. dr. Kuijjer
20. Maaslandziekenhuis, Orbis, t.a.v. dr. Vanderdood

Bijlage B Selectie van ziekenhuizen

Om een representatieve selectie van algemene ziekenhuizen te krijgen is een methode toegepast waarbij de kans om getrokken te worden evenredig is met het aantal CT-verrichtingen. Hieronder volgt een uitleg van de methode aan de hand van een getallenvoorbeeld.

Stel dat er één ziekenhuis getrokken moet worden uit drie ziekenhuizen, en dat in het eerste ziekenhuis 10 CT-verrichtingen per jaar plaatsvinden, in het tweede 20 en in het derde 30. In Tabel B1 worden deze ziekenhuizen en aantallen onder elkaar gezet en in de laatste kolom is het subtotaal daaraan toegevoegd. In dit voorbeeld zijn in alle ziekenhuizen samen dus 60 CT-verrichtingen gedaan (laatste subtotaal). Verrichtingen 1-10 vonden plaats in ziekenhuis 1, 11-30 in ziekenhuis 2 en 31-60 in ziekenhuis 3. Trek nu willekeurig een nummer uit het bereik [1-60]. Stel, dit nummer is 25. Nu kan het ziekenhuis worden opgezocht waar CT-verrichting nummer 25 heeft plaatsgevonden door de *eerste regel* op te zoeken met in de laatste kolom een getal groter of gelijk aan 25. Dat is ziekenhuis 2. Op deze manier kan ieder ziekenhuis getrokken worden, maar heeft een ziekenhuis met 30 CT-verrichtingen een driemaal hogere kans getrokken te worden dan een ziekenhuis met 10. Als er meer ziekenhuizen getrokken moeten worden kan deze procedure herhaald worden tot het gewenste aantal verschillende ziekenhuizen bereikt is.

Tabel B1 Getallenvoorbeeld trekking ziekenhuizen

| Ziekenhuis | Aantal CT-verrichtingen | Subtotaal |
|------------|-------------------------|-----------|
| 1 | 10 | 10 |
| 2 | 20 | 30 |
| 3 | 30 | 60 |

Een beperking van deze methode zou kunnen zijn, dat het aantal CT-verrichtingen mogelijk niet de beste maat is voor het aantal met CT onderzochte *kinderen* doordat algemene ziekenhuizen nabij een in kinderen gespecialiseerd ziekenhuis kinderen bijvoorbeeld mogelijk gemakkelijker doorsturen dan andere ziekenhuizen.

Bijlage C De vragenlijst

1) Tot welke leeftijd worden patiënten in uw ziekenhuis als kinderen aangemerkt?

2) Hoe vaak worden onderstaande handelingen in uw ziekenhuis uitgevoerd bij kinderen?

Onderzoeken p. jaar / series p. onderzoek / onderzoeken p. kind

| | | |
|---|---|---|
| a) CT scans (totaal): | / | / |
| Indien mogelijk uitgesplitst naar: | | |
| <i>hoofd:</i> | / | / |
| <i>thorax:</i> | / | / |
| <i>abdomen</i> | / | / |
| <i>bekken:</i> | / | / |
| <i>wervelkolom totaal</i> | / | / |
| of CWK | / | / |
| en ThWK | / | / |
| en LWK | / | / |
| <i>CT-geleide interventies:</i> | / | / |
| <i>Welke interventies komen het meest voor?</i> | | |

| | | |
|---|---|---|
| b) Doorlichting (totaal): | / | / |
| Indien mogelijk uitgesplitst naar: | | |
| <i>orthopedie:</i> | / | / |
| <i>angiografie:</i> | / | / |
| <i>functieonderzoek slokdarm:</i> | / | / |
| <i>functieonderzoek dikke darm:</i> | / | / |
| <i>functieonderzoek dunne darm:</i> | / | / |
| <i>functieonderzoek urinary tract:</i> | / | / |
| <i>interventies onder doorlichting:</i> | / | / |
| <i>Welke interventies komen het meest voor?</i> | | |

3) Worden er standaardprotocollen voor deze handelingen gebruikt?

Zo ja:

a) Wat staat daar in ter beperking van de patiëntdosis en waarop is dat gebaseerd?
(*literatuur, demonstratieproject patiëntendosismetrie, overleg met de klinisch fysicus, radioloog, laborant, leverancier, collega's uit andere ziekenhuizen*)

b) In hoeverre wordt hierin rekening gehouden met leeftijd, geslacht, en omvang van de patiënt?

c) Zijn de protocollen beschikbaar voor dit onderzoek?

4) Vergelijk CT-scans voor de volgende indicaties: (a) een hersentumor, (b) een waterhoofd. Zijn in uw ziekenhuis de scanparameters verschillend? En zo ja, welke en wat zijn de waarden?

- 5) Wat zijn, buiten de klinische vraagstelling, de factoren die bepalen welke modaliteit wordt ingezet?

(MRI, echografie, doorlichting, CT)

- 6) Welke apparatuur wordt ingezet voor CT en doorlichten bij kinderen (merk, type) en in welk opzicht wijkt dit af van wat gebruikt wordt voor volwassenen?

Denk ook aan hulpmiddelen als speciale strooistralenroosters, 'dunne' tafels, middelen om de patiënt te fixeren, gonadenafscherming, speciale functies/modules zoals een 'low dose knop' of 'DoseCare'.

- 7) Welke van de volgende instellingen van de apparatuur worden aangepast aan de patiënt (vanwege leeftijd, afmetingen en/of beweeglijkheid)?

CT:

slices of spiraal

pitch

(of increment)

coupedikte

rotatiesnelheid

scanbereik

buisspanning (kV)

stroomsterkte (mA)

anders, nl.:

Doorlichten:

veldgrootte

filtering

belichtingsduur

continu of gepulst

afstand

strooistralenrooster

last image hold

belichtingsautomaat

buisspanning (kV)

stroomsterkte (mA)

anders, nl.:

- 8) Beschikt de genoemde apparatuur over een dosisindicatie?

a) Zo ja, wat voor soort?

Denk aan DOP, DLP, CTDI e.d.

b) Zo ja, wordt daar iets mee gedaan?

- 9) Hoe vaak komt het voor dat een CT-scan niet in 1 keer lukt (percentage)? Wat zijn veelvoorkomende oorzaken?