



NVMBR

Richtlijn Gonadenafscherming

Voor conventionele radiologie en CT



Mei 2017, Utrecht

Colofon

De richtlijn gonadenafscherming, eerste druk is een uitgave van de Nederlandse Vereniging Medische Beeldvorming en Radiotherapie.

Tijdens de Algemene (leden-)Vergadering van de NVMBR d.d. 30 mei 2013 te Bussum hebben de leden positief gestemd over de methode in de conceptringlijn en mandaat gegeven aan het hoofdbestuur reacties van veldpartijen te verwerken in de richtlijn.

Overname van teksten uit deze richtlijn is toegestaan onder vermelding van de volledige bronvermelding: Richtlijn gonadenafscherming, Nederlandse Vereniging Medische Beeldvorming en Radiotherapie, mei 2017. Deze richtlijn is terug te vinden op www.nvmbbr.nl.

Voorwoord

Door de leden is gevraagd om vanuit de NVMBR een (multidisciplinaire-)richtlijn over gonadenafscherming op te stellen. Dit naar aanleiding van verschillen en onduidelijkheden over het wel of niet toepassen van gonadenafscherming bij de toediening van ioniserende straling op de radiologie.

Voor deze richtlijn is een projectgroep samengesteld met inhoudsdeskundigen die gestart is met een literatuuronderzoek. Daarnaast is, door middel van een enquête via het netwerk contactpersonen NVMBR, een onderzoek gestart binnen het werkveld betreffende de toepassing van gonadenafscherming. Beide dienden als veldverkenning voorafgaand aan het schrijven van de richtlijn. Vervolgens is met de verzamelde kennis uit het literatuuronderzoek en de enquête de richtlijn opgesteld.

In meerdere fases is de conceptribrichtlijn voor inbreng aangeboden aan verschillende partijen waaronder de sectie straling van de NVMBR en aanpalende partijen. Vervolgens zijn in meerdere stappen een aantal verbeteringen en aanvullende gegevens in de richtlijn doorgevoerd. Tenslotte is de richtlijn ter onderschrijving bij de Nederlandse Vereniging voor Radiologen (NVvR), Nederlandse Vereniging voor Klinische Fysica (NVKF) en Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie (NCS) aangeboden en hebben deze partijen aangegeven de conclusies/aanbevelingen in de richtlijn gonadenafscherming te onderschrijven.

Inhoud

Voorwoord	3
Inhoudsopgave	4
Samenstelling van de projectgroep	5
Samenvatting	6
Summary	7
Aanleiding	8
Risicoanalyse gonadenbelasting in de radiologische beeldvorming	9
Inleiding	9
Risiconormering	9
Hantering van de risicogetallen	11
Welke onderzoeken	13
Gebruikte methodiek	13
Resultaten	15
Discussie en conclusie	17
Aanbevelingen	17
Bijlage 1: Resultaten berekening	18
Bijlage 2: Gebruikte parameters voor berekening	20
Literatuurlijst	22

Samenstelling van de projectgroep

Kerngroep

- Marloes de Fluitier-Zeeman MSc, beleidsmedewerker NVMBR, projectleider
- Alie Vegter, lid sectie straling NVMBR, MBB'er en toezichhoudend stralingsdeskundige Treant zorggroep
- Fred Felderhof, docent MBRT en stralingsdeskundige Inholland

Klankbordgroep

Om brede input te krijgen voor de richtlijn bestond de klankbordgroep uit inhoudsdeskundigen vanuit de volgende beroepen: MBB'ers, klinisch fysici, radiologen, radiobiologen en stralingsdeskundigen.

Tevens zijn in een latere fase de partijen NVvR, NVKF, NCS, NVS en IGZ benaderd voor inhoudelijke inbreng.

Onderschrijving aanpalende verenigingen

NVvR: Heeft aangegeven de aanbevelingen van de richtlijn te onderschrijven.

NVKF en NCS: Hebben aangegeven akkoord te zijn met de conclusies van de richtlijn.

Samenvatting

Over het wel of niet toepassen van gonadenafscherming bestaan binnen het werkveld radiologie onduidelijkheden en verschillen. Naar aanleiding hiervan heeft de NVMBR besloten een evidence-based richtlijn gonadenafscherming te schrijven.

Na inventarisatie van het gebruik van gonadenafscherming op de verschillende afdelingen radiologie in Nederland blijkt 55% van de respondenten geen gonadenafscherming te gebruiken.

Om te bepalen of en wanneer gonadenafscherming moet worden gebruikt is een risicoanalyse gemaakt. Uit literatuurstudie blijkt dat een risico kleiner dan 10^{-6} als verwaarloosbaar mag worden beschouwd. Dit houdt in dat extra maatregelen om dit risico verder naar beneden te brengen niet meer zinvol zijn vanuit het ALARA-principe (As Low As Reasonably Achievable).

De conventionele en CT onderzoeken waarbij de gonaden binnen 5 cm van het diagnostisch veld liggen zijn meegenomen in de risicoanalyse. Met behulp van computersimulatieprogramma's zijn de orgaandoses voor de gonaden van mannen en vrouwen berekend. Aan de hand van de risicogetallen voor de genetische en carcinogene effecten van ioniserende straling op de gonaden, is een totaalrisico van de gonaden berekend voor jongens, meisjes, mannen en vrouwen voor de verschillende onderzoeken.

Geconcludeerd kan worden dat gonadenafscherming bij alle onderzochte bucky en een aantal CT onderzoeken niet hoeft te worden toegepast aangezien het risico verwaarloosbaar is. Voor een aantal CT onderzoeken is het risico niet verwaarloosbaar, maar kan afscherming niet toegepast worden aangezien de gonaden in de directe bundel vallen en het plaatsen van de afscherming de diagnostische beoordeelbaarheid door artefactvorming negatief beïnvloed.

Summary

Within the field of radiography there has been an increasing doubt as to the significance of gonad shielding. The Dutch Society of Medical Imaging and Radiotherapy (NVMBR), has decided to develop an evidence-based guideline regarding the use of gonad shielding.

A study into the use of gonad shielding in radiology departments in the Netherlands, shows that 55% of the respondents does not use gonad shielding.

To determine if gonad shielding is required, a risk analysis is made. A literature study shows that when a risk is estimated smaller than 10^{-6} , this risk can be regarded as negligible. This means that any additional interventions, to reduce this risk further (ALARA), are not necessary.

The radiological procedures (conventional and CT) where the gonads lie within 5 cm of the exposed area, are included in the risk analysis. With computer programs for calculating patient's organ dose in medical X-ray examinations, the organ dose for the gonads is estimated for each procedure. These organ dose estimates are used to determine the genetic risk and the carcinogenic risk for the gonads. These risks are summed together, to determine the total risk of the exposure. This is done for all previous named radiological procedures for boys, girls, men and woman.

The conclusion is that gonad shielding is not required in the majority of the exams. For some CT procedures, the risks are not negligible. Unfortunately, the gonads are in these situations within the direct exposed area. Therefore, the gonad shielding would cause too many artefacts and diminish image quality.

Aanleiding

Bij radiologische opnamen wordt gonadenafscherming al decennialang toegepast. De achterliggende gedachte is dat blootstelling van de gonaden wellicht zou kunnen leiden tot erfelijke aandoeningen, onvruchtbaarheid en kankerinductie. Hierbij moet worden aangemerkt dat halverwege de vorige eeuw de toepassing van röntgenstraling nog in de kinderschoenen stond en de stralingsbelasting tot wel honderd keer zo hoog was dan bij de huidige conventionele opnamen. Het is de vraag of het nut van de toepassing toentertijd nog wel past bij de huidige stand van zaken⁽¹⁾.

Daarnaast verplicht een professionele beroepsattitude van de MBB'er voortdurend toepassing van het justificatie- en het ALARA-principe voordat een radiologisch onderzoek of behandeling plaatsvindt. Bij iedere aanvraag of verwijzing moet telkens worden overwogen een andere onderzoeks- of behandelmethodete toe te passen wanneer deze een lagere of zelfs geen blootstelling aan ioniserende straling zou geven, mits hetzelfde resultaat of doel kan worden bereikt.

Gonadenafscherming wordt gerealiseerd door middel van lood of ander afschermingsmateriaal te plaatsen tussen de röntgenbuis en de huid, op het relevante gedeelte van de patiënt. Aanbevelingen over de verlaging van weefselweefactor van de gonaden vanuit de ICRP⁽²⁾, gesprekken op de werkvloer, perceptie van patiënten en bevindingen uit de literatuur jagen discussie over nut en noodzaak bij toepassing van gonadenafscherming aan. Door verschillende denkwijzen en inzichten blijken op de radiologische afdelingen aanzienlijke verschillen te bestaan in protocollen voor afscherming van gonaden. Dit feit levert op de werkplek regelmatig discussies op tussen zorgverleners en (ouders van) patiënten.

Om de stand van zaken omtrent het toepassen van gonadenafscherming te inventariseren heeft de NVMBR in december 2012 een enquête naar de afdelingen radiologie en medische beeldvorming gestuurd. Samenvattend blijkt uit de inventarisatie dat meer dan de helft van de responderende afdelingen in de periode van de inventarisatie geen gebruik (meer) maakt van enige vorm van gonadenafscherming bij radiologische onderzoeken (55%). Op de afdelingen waar wel gonadenafscherming plaatsvindt, wordt dit het meest gedaan bij X-bekken en dan met name bij de mannen en jongens.

Met deze richtlijn tracht de NVMBR duidelijkheid over het gebruik van gonadenafscherming voor de beroepsbeoefenaar en de patiënt te kunnen verschaffen.

Risicoanalyse gonadenbelasting in de radiologische beeldvorming

Inleiding

Het doel van deze richtlijn is een advies te geven wanneer gonadenafscherming wel of niet toegepast hoeft te worden. Hierbij is de hoogte van de stralingsdosis bij een onderzoek en daaruit voortvloeiend het risico op kansgebonden effecten (stochastische effecten) van belang. Het risico op kansgebonden effecten kan bepaald worden aan de hand van een risicogetal dat via een risicoberekening berekend kan worden.

Vervolgens wordt aan de hand van het gevonden risicogetal bij verschillende radiologische onderzoeken bepaald wanneer gonadenafscherming in het kader van het ALARA-principe noodzakelijk is.

In deze richtlijn is voor de risicoberekening of functie van de geabsorbeerde orgaandosis uitgegaan van het lineair no threshold (LNT)-model, zoals ook door de International Commission on Radiological Protection (ICRP) wordt gehanteerd. In dit model wordt aangenomen dat bij het ontstaan van kansgebonden effecten geen drempeldosis bestaat en dat het risico op stochastische effecten lineair toeneemt met de dosis. Hieronder worden bovengenoemde stappen verder uitgewerkt.

Risiconormering

Internationaal en nationaal worden bepaalde risiconormeringen gehanteerd voor het bepalen van de hoogte van een risico. Dit wordt ook gedaan met betrekking tot ioniserende straling⁽³⁻⁸⁾. Een risico in de orde van grootte van één op een miljoen (10^{-6}) en kleiner wordt over het algemeen omschreven als verwaarloosbaar. Dit wil zeggen dat het totale risico met minder dan een orde grootte van één op de miljoen per gebeurtenis, procedure of handeling verhoogd wordt. Het risico is niet nul, maar de gebeurtenis, procedure of handeling wordt wel als voldoende veilig bestempeld. Deze manier van risico hantering werd voor het eerst gepubliceerd door Calman in 1996 en staat ook wel bekend als de Calman chart, zie tabel 1⁽³⁾.

Tabel 1: Calman chart

The Calman chart for explaining risk (UK risk per 1 year)		
Classification	Risk range	Example
Negligible	$\leq 1:1.000.000$	Death from a lightning strike
Minimal	1:100.000-1:1.000.000	Death from train accident
Very low	1:10.000-1:100.000	Death from an accident at work
Low	1:1000-10.000	Death from a road accident
Moderate	1:100-1:1000	Death from smoking 10 cigarettes per day
High	$\geq 1:100$	Transmission of chickenpox tot susceptible household contacts

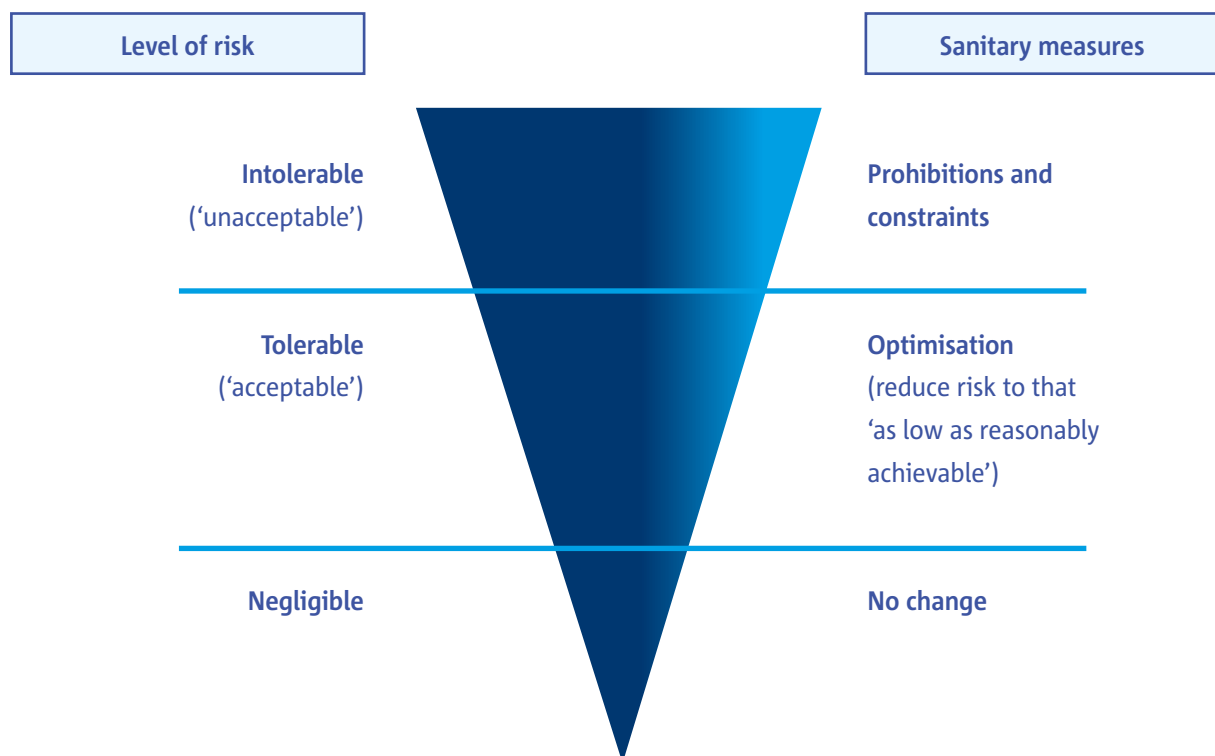
Als voorbeeld, de Nederlandse overheid heeft het verwaarloosbaar risico voor genotoxisch werkende kanker-
verwekkende stoffen vastgesteld als de dosis die bij levenslange toediening aan één miljoen personen leidt tot
één extra geval van kanker⁽⁹⁾. Dit is dus bovenop het aantal kankergevallen die statistisch gezien al onder de
bevolking zou ontstaan.

In de afweging van het wel of niet toepassen van gonadenafscherming bij toediening van ioniserende straling
wordt in deze richtlijn ook het verwaarloosbaar risico als grenswaarde gebruikt. Valt het risico onder de 10^{-6}
dan wordt dit beschouwd als verwaarloosbaar en zijn maatregelen voor extra verdere dosisreductie niet meer
van toegevoegde waarde.

Ligt het getal in een orde van grootte groter dan 10^{-6} (meer risico) en kan men redelijkerwijs maatregelen tref-
fen om dit risico te verlagen, dan moet dit ook worden gedaan⁽⁶⁾. In de stralingsbescherming staat dit principe
bekend als het ALARA-principe. Dit wil zeggen dat wanneer een maatregel niet onevenredig veel tijd, moeite
en geld kost, maar deze het risico wel verder omlaag brengt, deze maatregel moet worden toegepast. Naar-
mate het risico hoger is, moet er meer moeite/inspanning gedaan worden om dit risico te verlagen.

Figuur 3 schetst kort de toepassing van ALARA bij de verschillende risiconiveaus welke ook toe te passen zijn
bij de blootstelling van de gonaden aan ioniserende straling.

Voor de ontwikkeling van deze richtlijn is zoals hierboven beschreven, de risiconorm 10^{-6} als grenswaarde
gebruikt vanaf waar verdere maatregelen voor afscherming achterwege kunnen blijven.



Figuur 3: Risicomanagement⁽¹⁰⁾

Hantering van de risicogetallen

Alvorens een risicoanalyse te kunnen uitvoeren, is het van belang alle risico's en de risicogetallen die van toepassing zijn bij toedienen van ioniserende straling bij medische beeldvorming op de gonaden te bepalen. Bij de invoering van het gebruik van gonadenafscherming in de jaren 50 is vooral de bewustwording van het risico op genetische effecten (onderdeel van de stochastische effecten) van belang geweest⁽¹⁾. Voorheen werd het effect van dosis op het risico hoger ingeschat, maar met de tijd is meer wetenschappelijke kennis op dit gebied gekomen en wordt de schatting van dit risico steeds verder naar beneden bijgesteld. Zie tabel 2 voor de weefselweegfactoren over de jaren van de gonaden ten opzichte van de andere organen^(2, 11-13).

Tabel 2: Waarde van de weefselweegfactor WT (voorgesteld door ICRP in 1977, 1991 en 2006)

Orgaan of weefsel	WT (1977)	WT (1991)	WT (2007)
Gonaden	0,25	0,20	0,08
Rode beenmerg	0,12	0,12	0,12
Dikke darm	-	0,12	0,12
Longen	0,12	0,12	0,12
Maag	-	0,12	0,12
Borstklier	0,15	0,05	0,12
Blaas	-	0,05	0,04
Lever	-	0,05	0,04
Slokdarm	-	0,05	0,04
Schildklier	0,03	0,05	0,04
Huid	-	0,01	0,01
Botoppervlak	0,03	0,01	0,01
Hersenen	-	-	0,01
Speekselklieren	-	-	0,01
Andere weefsels/ organen	0,30	0,05	0,12

Aangezien het bij radiologische onderzoeken gaat om relatief lage dosis is er geen sprake van deterministische effecten (weefselreacties) op de gonaden. De drempeldosis van 500 mSv (ICRP 103) voor deterministische effecten wordt bij het juist uitvoeren van dit soort onderzoeken niet overschreden. Wel zijn er kansgebonden effecten waarvoor geen drempeldosis bestaat en het LNT-principe wordt gehanteerd. Bij de gonaden zijn dit de volgende effecten:

- Genetische effecten
- Carcinogene effecten

Genetische effecten

In ICRP 103 worden risicogetallen voor de blootstelling aan ioniserende straling beschreven. Deze risicogetallen

beschrijven hoeveel procent van de personen die aan één Sievert worden blootgesteld bij totale lichaamsbestraling kans heeft op een bepaald kansgebonden effect. In deze risicogetallen is het gehele detriment meegenomen. Dit wil zeggen dat de totale gezondheidsschade wordt meegenomen die een groep en zijn nageslacht ervaart door de blootstelling aan een bepaalde effectieve dosis.

De volgende nominale risicogetallen worden genoemd met betrekking tot de genetische effecten:

Voor de gehele bevolking:

0,2% per Gray orgaandosis^(2, 14). Omgerekend per mGy is dit 0,002/1000.

Voor volwassenen (reproductieve bevolking):

0,5% per Gray orgaandosis^(2, 14). Omgerekend per mGy is dit 0,005/1000.

Voor kinderen (reproductieve bevolking):

0,5% per Gray orgaandosis^(2, 14). Omgerekend per mGy is dit 0,005/1000.

Het verschil tussen de risicogetallen van de gehele bevolking en de reproductieve bevolking komt voort uit de niet-reproductieve bevolking, zoals ouderen die ook in de groep van de gehele bevolking vallen. Deze groep brengt het genetische effecten (nageslacht) omlaag bij de gehele bevolkingsgroep. In de risicoberekening van deze richtlijn wordt gebruik gemaakt van de risicogetallen voor de volwassenen en kinderen.

Carcinogene effecten

Met betrekking tot de tumorinductie is specifiek gekeken naar de af te dekken organen bij het gebruik van loodafscherming, aangezien alleen deze stralingsbelasting bij juist afdekken kan worden weggenomen. In dit geval zijn dit de testikels of de ovaria. Als kanttekening moet wel worden gemaakt dat juist afdekken niet altijd vooraf goed kan worden ingeschat. De locatie van de ovaria variëren bijvoorbeeld per meisje/vrouw⁽¹⁵⁾.

Wall et al. 2011 hebben aan de hand van risicomodellen uit de ICRP 103 en UNSCEAR 2006 een aantal orgaan-specifieke en leeftijdsspecifieke risicogetallen uitgerekend voor de ontwikkeling van straling geïnduceerde tumoren gedurende de rest van het leven. Dit zijn de volgende getallen:

Voor volwassenen vrouw:

0,31% per Gy orgaandosis voor het risico op ovariacarcinoom⁽⁷⁾. Omgerekend per mGy is dit 0,0031/1000.

Voor meisjes:

0,51% per Gy orgaandosis voor het risico op ovariacarcinoom als hoogste risicogetal⁽⁷⁾. Omgerekend per mGy is dit 0,0051/1000.

Mannen en jongens

Voor testiscarcinoom is geen risicogetal in de literatuur weergegeven. De incidentie van testiscarcinoom is zo laag dat de gevoeligheid voor straling van dit orgaan als verwaarloosbaar mag worden beschouwd^(7, 17). Deze wordt dan ook niet opgenomen in de risicoanalyse.

Welke onderzoeken

Na het vaststellen van de juiste risicogetallen is bepaald welke radiologische onderzoeken in de risicoanalyse opgenomen moeten worden.

Een selectie is gemaakt van de onderzoeken waarbij de orgaandosis van de gonaden een significante bijdrage levert aan de totale effectieve dosis. Hierbij is ervan uitgegaan dat de orgaandosis van gonaden die op meer dan 5 cm van het diagnostisch veld liggen geen significante bijdrage leveren aan de totale effectieve dosis bij diverse radiologische onderzoeken⁽¹⁸⁾. Op basis van deze criteria werden de volgende onderzoeken geselecteerd:

- X-Bekken
- X-LWK
- X-BOZ
- X-Heup
- X-Femur
- X-Beenas
- X-Scoliose opname
- CT LWK
- CT Abdomen
- CT Bekken

Er is aangenomen dat er een groot verschil in dosis mogelijk was tussen oude en nieuwe generatie CT-scanners, vandaar dat gegevens van beide generaties zijn verzameld en met elkaar zijn vergeleken.

Voor deze onderzoeken is de dosis op de gonaden berekend voor de volgende groepen:

- Meisjes 0, 1, 5 en 10 jaar
- Jongens 0, 1, 5 en 10 jaar
- Vrouwen
- Mannen

De in deze richtlijn aangehouden leeftijdscategorieën zijn op basis van de categorie indeling die gebruikt wordt bij dosisberekening in de rekenprogramma's met het Monte-Carlo model. Het Monte-Carlo model is een simulatietechniek waarbij het fysieke proces van verstrooiing en absorptie van fotonen vele malen wordt gesimuleerd, elke keer met andere startcondities. Het resultaat van deze verzameling simulaties is een verdelingsfunctie die een schatting van de geabsorbeerde dosis mogelijk maakt.

Gebruikte methodiek

Voor de berekening van het risicoaandeel van de gonaden op het totale risico van het onderzoek door de ioniserende straling, is gebruik gemaakt van een tweetal rekenprogramma's waarmee dosisberekeningen kunnen worden uitgevoerd: PCXMC voor de berekeningen van conventionele (bucky) opnamen en IMPACTscan voor

de berekeningen van CT onderzoeken. De PCXMC en IMPACTscan software is in staat om voor zowel kinderen van 10, 5, 1 jaar oud en pasgeborenen deze berekeningen uit te voeren als voor de dosimetrische standaard volwassene van 1,74 meter en 76,4 kilogram. Deze programma's maken beide gebruik van een Monte-Carlo simulatietechniek voor dosisberekeningen. Hierbij moeten diverse parameters worden ingevoerd die de blootstellingsgeometrie en het spectrum van de röntgenbundel bepalen.

In PCXMC voor buckyopname

- Focus detector afstand
- Gebruikte afmeting veld op detector
- DAP/DOP
- kV
- Filtratie totaal (inherente filtratie en additionele filtratie)

In IMPACTdose voor CT onderzoeken

- Type CT (merk/model)
- Gebruikte collimatie
- Pitch
- Scanlengte
- Rotatietijd
- Buisspanning en buisstroom

Voor de dosisberekeningen zijn de onderzoek- en dosisgegevens van de verschillende onderzoeken vanuit 11 afdelingen radiologie en medische beeldvorming verzameld (zie bijlage 2). Uit de opnameparameters van een serie onderzoeken is een gemiddelde dosis berekend, zoals gebruikelijk is bij DRN-analyses⁽¹⁹⁾. Vervolgens is de dosis per soort onderzoek uitgerekend met behulp van PCXMC of de IMPACTdose softwareversie 2.0. De programma's berekenen zowel de orgaan- als de effectieve dosis. Zie figuur 4 voor de te nemen stappen.

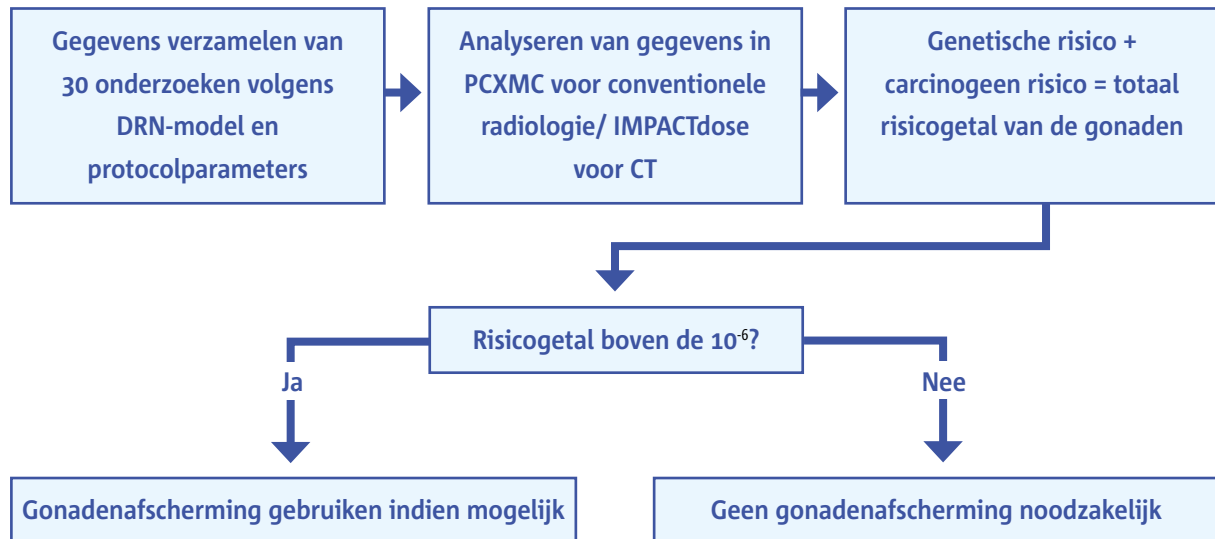
De volgende gegevens zijn berekend door de dosisberekeningsprogramma's:

1. De orgaandosis op de ovaria
 - D_{ovaria} (mGy)
2. De orgaandosis op de testikels
 - $D_{testicles}$ (mGy)

Hieruit zijn de volgende risicogetallen bepaald:

1. Genetisch risico meisjes en vrouwen
 - D_{ovaria} (mGy) x genetisch risicogetal (mGy)
2. Genetisch risico jongens en mannen
 - $D_{testicles}$ (mGy) x genetisch risicogetal (mGy)
3. Carcinogeen risico meisjes
 - D_{ovaria} (mGy) x carcinogeen risicogetal (mGy)
4. Carcinogeen risico vrouwen
 - D_{ovaria} (mGy) x carcinogeen risicogetal (mGy)

Vervolgens zijn de berekende getallen van het genetische risico en het carcinogene risico per groep (geslacht en leeftijd) bij elkaar opgeteld om het totale risicogetal van ioniserende straling op de gonaden bij de desbetreffende onderzoeken te verkrijgen.



Figuur 4: Stappenplan voor risicoberekening gonaden

Resultaten

Uit de resultaten blijkt dat, zonder gebruik van afscherming, de risicobijdrage van ioniserende straling op de gonaden bij de verschillende geslachten en leeftijden voor de alle onderzochte bucky onderzoeken en een aantal CT onderzoeken beneden het risicogetal 10^{-6} valt. In tabel 3 zijn deze resultaten weergegeven. Onderzoeken die boven het risicogetal van 10^{-6} komen zijn in de tabel rood gedrukt. De zwart gedrukte getallen vallen onder het risicogetal van 10^{-6} . Voor de uitgebreide resultaten en gebruikte parameters voor de dosisberekeningen zie bijlage 1 en 2.

Helaas is het voor een aantal leeftijdsgroepen niet mogelijk geweest om voldoende opname- en dosisgegevens vanuit het werkveld te verzamelen. Hierbij gaat het om de bucky opnamen LWK PA, LWK LAT, heup, scoliose en been-as bij jongens en meisjes tussen 0 en 5 jaar. Deze opnamen worden in het werkveld weinig uitgevoerd. Deze ontbrekende risicogetallen werden aan de hand van de resultaten bij de volwassene en de bekende risicogetallen in de leeftijd van 0-5 jaar herleid tot onder de 10^{-6} . Uit de resultaten van de verschillende bucky onderzoeken van de volwassene blijkt namelijk dat de opname van het bekken en de X-BOZ het hoogste risico oplevert. Deze risicogetallen zijn bij de bekken en X-BOZ opname bij jongens en meisjes tussen 0 en 5 jaar wel bekend. Bij de jongens en meisjes wordt aangenomen dat het risico van de ontbrekende bucky opnamen zich ten opzichte van het risico bij bekken en X-BOZ opnamen hetzelfde verhoudt als bij de volwassenen en daarom ook niet boven de waarde van de bekken en X-BOZ opnamen uit kunnen komen. De risicogetallen bij de ontbrekende waarden blijven in dit geval dan (ruim) onder het risicogetal van 10^{-6} .

Bij vergelijking tussen de oude en nieuwe generatie CT-scanners is gebleken dat er geen significante dosिसverschillen waarneembaar waren. Om deze reden zijn alle dosisgegevens van alle CT-scanners samengevoegd.

Tabel 3: Risico voor gonaden

	Bekken	LWK PA	LWK LAT	Heup	Femur	Total spine	Been-as	X BOZ	CT LWK	CT Abdomen	CT bekken
0 jaar vrouw	10 ⁻⁸				10 ⁻⁸			10 ⁻⁸	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
1 jaar vrouw	10 ⁻⁸				10 ⁻⁸			10 ⁻⁷	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
5 jaar vrouw	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁸			10 ⁻⁷	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
10 jaar vrouw	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
Volw. vrouw	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
0 jaar man	10 ⁻⁸				10 ⁻⁷			10 ⁻⁹	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
1 jaar man	10 ⁻⁷				10 ⁻⁸			10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
5 jaar man	10 ⁻⁷	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁸	10 ⁻⁸			10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
10 jaar man	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
Volw. man	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵

Gonadenafscherming kan alleen toegepast worden indien de diagnostische kwaliteit van het onderzoek niet negatief beïnvloed wordt. Bij vrouwen liggen de gonaden meestal in de directe bundel en in het te diagnosticeren gebied waardoor de afscherming relevante delen van de anatomie kan afdekken en vaak onaanvaardbare beeldartefacten oplevert. Dit is het geval voor alle CT-scans bij vrouwen die in tabel 3 rood zijn gedrukt en het CT Bekken bij mannen. Bij deze onderzoeken kan daardoor geen gebruik worden gemaakt van gonadenafscherming, hoewel dit vanuit de risicoanalyse wel wordt aangegeven. Bij CT abdomen bij jongens en mannen kan de gonadenafscherming in de directe bundel vallen en anders in de 180° eindrotatie van de röntgenbuis (overranging). Aangezien deze eindrotatie nodig is voor de beeldreconstructie, en dus invloed heeft op de diagnostische kwaliteit, is het niet gewenst dat de eventuele gonadenafscherming zich hierin bevindt. Gonadenafscherming wordt bij CT Abdomen van mannen en jongens daarom ook afgeraden.

Discussie en conclusie

Dit uitgevoerde onderzoek is beperkt tot de afscherming van gonaden aangezien dit al decennialang wordt toegepast. Wegens onder andere het verlagen van de weefselweefactor van de gonaden zijn in het werkveld verschillen en onduidelijkheden over de noodzaak van het toepassen van gonadenafscherming ontstaan. Met dit onderzoek is getracht duidelijkheid te verschaffen over het gebruik van gonadenafscherming.

Hierbij is het uitgangspunt genomen dat wanneer een risico per gebeurtenis (onderzoek) in de orde grootte valt van 10^{-6} of lager, dit risico als verwaarloosbaar wordt aanvaard, en gonadenafscherming in het kader van de risicoberekening achterwege kan worden gelaten.

Aan de hand van de uitgevoerde risicoberekeningen adviseert de projectgroep geen gonadenafscherming meer te gebruiken bij alle bucky onderzoeken en een aantal CT onderzoeken. Daarnaast is bij de CT onderzoeken waar het risicogetal hoger is dan 10^{-6} geen afscherming mogelijk, omdat de afscherming ervoor zorgt dat relevante delen van de anatomie onzichtbaar worden en/of artefacten genereert die de diagnosestelling negatief beïnvloeden.

Verder moet opgemerkt worden dat de weefselweefactor van de gonaden significant lager is dan die van diverse andere organen (zie tabel 2). Het risico van het gebruik van gonadenafscherming, bij gebruik van een 'Automatic Exposure Control' (AEC), is dat andere hoger gevoelige organen een hogere dosis ontvangen, door enerzijds een hogere dosis (omdat de AEC mogelijk later afslaat vanwege de gebruikte afscherming in de directe bundel) of anderzijds door de secundaire straling geproduceerd door de afscherming. Dit is uiteraard een onwenselijke situatie. Gezien het feit dat de gonaden niet meer als de meest gevoelige organen gelden en uit dit onderzoek is gebleken dat afscherming achterwege kan worden gelaten is het derhalve wellicht een betere keus om energie te steken in protocol optimalisatie om zo de dosis in zijn geheel te verlagen. Dit doet meer recht aan het ALARA-principe aangezien hierdoor niet alleen de gonaden een lagere dosis krijgen, maar ook de meer gevoelige organen in de bundel. Uiteraard moet opgemerkt worden dat optimalisatie nooit ten koste mag gaan van de diagnostische waarde van het onderzoek.

Aanbevelingen

De projectgroep geeft naar aanleiding van de ontwikkeling van voorliggende richtlijn de volgende aanbevelingen;

- Gonadenafscherming kan in de onderzochte onderzoeken van deze richtlijn in de praktijk achterwege worden gelaten.
- Gekeken dient te worden naar het optimaliseren van radiologische onderzoeksprotocollen met als het doel het verminderen van de totale stralingsbelasting voor de patiënt met behoud van de vereiste minimale diagnostische beeldkwaliteit.

Bijlage 1: Resultaten berekening

Tabel 2: Waarde van de weefselweegfactor WT (voorgesteld door ICRP in 1977, 1991 en 2006)

	Dosis ovaria mGray	Dosis testikels mGray	Carcinogeen risico gonaden vrouw	Genetische risico gonaden vrouw	Genetisch risico gonaden man
X Bekken					
0 jaar	0,0150	0,0670	7,65E-08	7,50E-08	3,35E-07
1 jaar	0,0120	0,0594	6,12E-08	6,00E-08	2,97E-07
5 jaar	0,0570	0,2010	2,91E-07	2,85E-07	1,01E-06
10 jaar	0,2310	0,6010	1,18E-06	1,16E-06	3,01E-06
volw.	0,3900	0,9900	1,21E-06	1,95E-06	4,95E-06
LWK PA					
0 jaar					
1 jaar					
5 jaar	0,0298	0,0031	1,52E-07	1,49E-07	1,55E-08
10 jaar	0,1930	0,0100	9,84E-07	9,65E-07	5,00E-08
volw	0,7600	0,0150	2,36E-06	3,80E-06	7,50E-08
LWK LAT					
0 jaar					
1 jaar					
5 jaar	0,0640	0,0071	3,26E-07	3,20E-07	2,84E-09
10 jaar	0,0860	0,0100	4,39E-07	4,30E-07	4,00E-09
volw.	0,3730	0,0130	1,16E-06	1,87E-06	5,20E-09
Heup					
0 jaar					
1 jaar					
5 jaar	0,0090	0,0170	4,59E-08	4,50E-08	8,50E-08
10 jaar	0,0210	0,0440	1,07E-07	1,05E-07	2,20E-07
volw	0,0790	0,1500	2,45E-07	3,95E-07	7,50E-07
Femur					
0 jaar	0,0100	0,0350	5,10E-08	5,00E-08	1,75E-07
1 jaar	0,0140	0,0160	7,14E-08	7,00E-08	8,00E-08
5 jaar	0,0050	0,0290	2,55E-08	2,50E-08	1,45E-07
10 jaar	0,0073	0,0168	3,74E-08	3,67E-08	8,40E-08
volw.	0,0070	0,0270	2,17E-08	3,50E-08	1,35E-07
BOZ					
0 jaar	0,00906	0,0025	4,62E-08	4,53E-08	1,25E-08
1 jaar	0,0414	0,056	2,11E-07	2,07E-07	2,80E-07
5 jaar	0,049	0,02925	2,50E-07	2,45E-07	1,46E-07

	Dosis ovaria mGray	Dosis testikels mGray	Carcinogeen risico gonaden vrouw	Genetische risico gonaden vrouw	Genetisch risico gonaden man
10 jaar	0,065	0,102	3,32E-07	3,25E-07	5,10E-07
volw	0,547	0,13	1,70E-06	2,74E-06	6,50E-07
Full leg					
0 jaar					
1 jaar					
5 jaar					
10 jaar	0,0230	0,5400	1,17E-07	1,15E-07	2,70E-06
volw	0,2940	0,2500	9,11E-07	1,47E-06	1,25E-06
Full spine					
0 jaar					
1 jaar					
5 jaar					
10 jaar	0,3070	0,2270	1,57E-06	1,23E-07	1,14E-06
volw	0,2270	0,0100	7,04E-07	9,08E-08	5,00E-08
CT LWK					
0 jaar	7,4184	0,7272	3,78E-05	3,71E-05	3,64E-06
1 jaar	6,1820	0,6060	3,15E-05	3,09E-05	3,03E-06
5 jaar	6,9400	0,6800	3,54E-05	3,47E-05	3,40E-06
10 jaar	5,6400	0,5525	2,88E-05	2,82E-05	2,76E-06
volw	10,4180	1,0411	3,23E-05	5,21E-05	5,21E-06
CT Abdomen					
0 jaar	3,6800	2,6700	1,88E-05	1,84E-05	1,34E-05
1 jaar	3,6520	2,6520	1,86E-05	1,83E-05	1,33E-05
5 jaar	4,6700	3,3900	2,38E-05	2,34E-05	1,70E-05
10 jaar	4,5600	3,3100	2,33E-05	2,28E-05	1,66E-05
volw	15,6720	6,5000	4,86E-05	7,84E-05	3,25E-05
CT Bekken					
0 jaar	4,7760	6,7100	2,44E-05	2,39E-05	3,36E-05
1 jaar	3,9800	5,5940	2,03E-05	1,99E-05	2,80E-05
5 jaar	5,6900	7,9900	2,90E-05	2,85E-05	4,00E-05
10 jaar	4,6200	6,4900	2,36E-05	2,31E-05	3,25E-05
volw	10,4540	7,6800	3,24E-05	5,23E-05	3,84E-05

Bijlage 2: Gebruikte parameters voor berekening

Technische gegevens bucky-opnamen

Onderzoek	kV	Filtratie	Gem. DAP (dGy*cm ²)
X Bekken Volw.	75-85	1 Al 0,1 Cu/ 2 Al/ 0	12,2
X Bekken 0 jaar	55-60	1 Al 0,1 Cu/ 0	0,1
X Bekken 1 jaar	55-60	1 Al 0,1 Cu/ 0	0,14
X Bekken 5 jaar	60-65	1 Al 1 Cu/0	0,3
X Bekken 10 jaar	65-70	1 Al 1 Cu/0	2,9
X BOZ volw.	77-85	1 Al 0,1 Cu/ 2 Al/ 0	11
X BOZ 0 jaar	55-60	1 Al 0,1 Cu/ 0	0,1
X BOZ 1 jaar	55-60	1 Al 0,1 Cu/ 0	0,3
X BOZ 5 jaar	60-65	1 Al 1 Cu/0	0,6
X BOZ 10 jaar	65-70	1 Al 1 Cu/0	1,7
X Heup volw.	77-81	1 Al 0,1 Cu/ 2 Al/ 0	5,2
X Heup 0 jaar			
X Heup 1 jaar			
X Heup 5 jaar	60-71	1 Al 1 Cu/0	0,2
X Heup 10 jaar	65-70	1 Al 1 Cu/0	1,5
X LWK PA volw.	81-85	1 Al 0,1 Cu/ 0	9
X LWK PA 0 jaar			
X LWK PA 1 jaar			
X LWK PA 5 jaar	70-75	1 Al 0,1 Cu/ 0	1
X LWK PA 10 jaar	75-81	1 Al 0,1 Cu/ 0	2,3
X LWK Lat volw.	90-95	1 Al 0,1 Cu/ 0	14
X LWK Lat 0 jaar			
X LWK Lat 1 jaar			
X LWK Lat 5 jaar	70-75	1 Al 0,1 Cu/ 0	2
X LWK Lat 10 jaar	75-81	1 Al 0,1 Cu/ 0	3
X Femur volw.	66-70	1 Al 0,1 Cu/ 0	2
X Femur 0 jaar	50-55	1 Al 0,1 Cu/ 0	0,06
X Femur 1 jaar	50-55	1 Al 0,1 Cu/ 0	0,3
X Femur 5 jaar	60-65	1 Al 0,1 Cu/ 0	0,6
X Femur 10 jaar	60-65	1 Al 0,1 Cu/ 0	1,5
Beenas volw.	80-85	0	12
Beenas 0 jaar			
Beenas 1 jaar			
Beenas 5 jaar			

Onderzoek	kV	Filtratie	Gem. DAP (dGy*cm ²)
Beenas 10 jaar	80-85	0	2
Total Spine volw.	80-90	0	7
Total Spine 0 jaar			
Total Spine 1 jaar			
Total Spine 5 jaar			
Total Spine 10 jaar	80-85	0	3

Technische gegevens CT opnamen

Onderzoek	kV	Detectoren	Plakdikte	Pitch
CT Bekken volw.	120	64	0,6	0,8
CT Bekken 0 jaar	90	32	0,6	0,8
CT Bekken 1 jaar	90	32	0,6	0,8
CT Bekken 5 jaar	90	32	0,6	0,8
CT Bekken 10 jaar	90	32	0,6	0,8
CT Abdomen 0 jaar	100	32	0,6	0,8
CT Abdomen 1 jaar	100	32	0,6	0,8
CT Abdomen 5 jaar	100	32	0,6	0,8
CT Abdomen 10 jaar	100	32	0,6	0,8
CT Abdomen volw.	120	64	0,6	0,8
CT LWK volw.	120	64	0,6	0,8
CT LWK 0 jaar	90	32	0,6	0,8
CT LWK 1 jaar	90	32	0,6	0,8
CT LWK 5 jaar	90	32	0,6	0,8
CT LWK 10 jaar	100	32	0,6	0,8

Literatuurlijst

1. Frantzen MJ, Robben S, Postma AA, Zoetelief J, Wildberger JE, Kemerink GJ. Gonad shielding in paediatric pelvic radiography: disadvantages prevail over benefit. *Insights Imaging* 3:23-32, 2012.
2. ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103, 2007.
3. Calman K. Cancer: science and society and the communication of risk. *BMJ* 1996; 313:801.
4. World Health Organization (WHO), 2001. *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*. Edited by Lorna Fewtrell and Jamie Bartram. Published by IWA Publishing, London, UK. ISBN: 1 900222 28 0
5. Masatoshi M Hashimoto, Hideyuki H Kato, Toshiou T Fujibuchi, Shigehiro S Ochi, Fuminori F Morita Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi. Gonad protective effect of radiation protective apron in chest radiography. *PMID* 15614222 60(12):1704-12, 2004.
6. Mobbs S, Watson S, Harrison J, Muirhead C and Bouffler S. *An introduction to the Estimation of Risks Arising from Exposure to Low Doses of Ionising Radiation*. June 2009.
7. Wall B, Haylick R, Jansen S.T.M, Hillier M.C, Hart D. en Shrimpton P.C. *Radiation Risks from Medical X-ray Examinations as a function of the age and sex of the patient*. Oktober 2011.
8. Schmidt M. "Tolerable Risk" *Chemical Engineering*, September 2007.
9. VROM, 1989: Notitie "Omgaan met risico's", bijlage nr. 5 van Nationaal Milieubeleidsplan, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu. Tweede Kamer der Staten-Generaal, vergaderjaar 1988-1989, stuk 21.137 nr. 5; SDU uitgeverij, Den Haag.
10. Law R., Juderon associates. *Analysis of relative risks and levels of risk in Canada*. www.enerex.ca. 2013.
11. ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26. *Ann ICRP*, 1977; 1(3).
12. ICRP, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 60, 1991.
13. Gezondheidsraad, *Risico's van blootstelling aan ioniserende straling*, Den Haag: Gezondheidsraad, 2007; publicatienr:2007/03
14. UNSCEAR 2001 Report: 'Hereditary effects of ionizing radiation'
15. Bardo DM, Black M, Schenk K, Zaritzky MF. Location of the ovaries in girls from newborn to 18 years of age: reconsidering ovarian shielding. *Pediatr Radiol*. 39:253-259, 2009.doi:10.1007/s00247-008-1094-4.
16. UNSCEAR 2006 Report: 'Effects of ionizing radiation'
17. HPA (Health Protection Agency) 2011, *risk of solid cancers following radiation exposure: estimates for the UK population*. ISBN 978-0-85951-705-8
18. ICRP, *Protection of the Patient in Diagnostic Radiology*. ICRP Publication 34,1982.
19. NCS. *Rapport 21; diagnostische referentieniveaus in Nederland*, juni 2012.



© De richtlijn gonadenafscherming is een uitgave van de NVMBR
Mei 2017

De Nederlandse Vereniging Medische Beeldvorming en Radiotherapie
vertegenwoordigt ruim 3.500 MBB'ers en MBB'ers in opleiding.

Nederlandse Vereniging Medische Beeldvorming en Radiotherapie
Catharijnesingel 73 • 3511 GM Utrecht • T +31 (0)30-231 88 42 • info@nvmbbr.nl • www.nvmbbr.nl