

# Zwangere patiënt bij diagnostische radiologische en - nucleaire procedures



NVMBR

# NVMBR Aanbevelingen

1. De dosis range bij reguliere diagnostische radiologische en nucleaire procedures is niet zo hoog dat er foetale dood, malformaties, achterblijvende groei, of mentale retardatie ten gevolge van deze dosis te verwachten zijn. Bij de, onder punt drie beschreven onderzoeken, hoeft de MBB'er niet na te gaan of de patiënt zwanger is.
2. Kans op kanker in de kindertijd na ontvangen dosis gedurende de foetale fase, binnen de dosis range van diagnostische radiologische en nucleaire procedures, zal maar marginaal hoger zijn dan de normale kans op kanker in de kindertijd. De MBB'er kan de patient gerust stellen, bij uitvoering van de onderzoeken genoemd onder punt 3, door te vertellen dat er een verwaarloosbaar kleine kans is op het ontwikkelen van kanker in de kindertijd.
3. Het risico bij de volgende procedures is verwaarloosbaar, wat betekent dat wel of geen zwangerschap niet relevant is:
  - Röntgenopnames van hoofd, nek en extremiteiten (exclusief heup)
  - Tandopnames/OPG
  - X Thorax
  - X TWK
  - CT van hoofd, hals en extremiteiten (exclusief heup)
  - Nucleaire geneeskunde: GFR-meting
  - Nucleaire geneeskunde: Ventilatie scan met  $^{81m}\text{Kr}$

Bij deze procedures hoeft niet gecontroleerd te worden op (mogelijke) zwangerschap.

Bij alle overige procedures waar het risico niet verwaarloosbaar is, dient de MBB'er wel te controleren op (mogelijke) zwangerschap tussen de leeftijd van 15 en 49 jaar<sup>(1)</sup>. Indien het antwoord ja is en dit niet ten tijde van het aanvragen door de verwijzer bekend was, dient overleg plaats te vinden met de verwijzer en/of radioloog/nucleair geneeskundige over de rechtvaardiging en protocol aanpassingen c.q. alternatieven.

<sup>(1)</sup>Hier kan lokaal, middels protocol geautoriseerd door de zelfstandig bevoegde, van afgeweken worden.

# Inhoud

<b>NVMBR Aanbevelingen</b>	<b>2</b>
<b>Voorwoord</b>	<b>4</b>
Samenstelling van de projectgroep	4
<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>Wettelijk kader</b>	<b>5</b>
<b>Wetenschappelijk kader</b>	<b>6</b>
Radiobiologie	6
<b>Risiconormering</b>	<b>8</b>
<b>Uterusdosis in de diagnostische RD en NG</b>	<b>9</b>
<b>ALARA en zwangerschap</b>	<b>11</b>
<b>Praktische uitvoering</b>	<b>12</b>
Geplande procedures	12
Retrospectieve zwangerschap	13

## Colofon

De leidraad zwangere patiënt bij diagnostische radiologische en – nucleaire procedures is een uitgave van de Nederlandse Vereniging Medische Beeldvorming en Radiotherapie. Overname van teksten uit deze leidraad is toegestaan onder vermelding van de volledige bronvermelding: Leidraad zwangere patiënt bij diagnostische radiologische en – nucleaire procedures, december 2021. Deze leidraad is terug te vinden op [www.nvmbr.nl](http://www.nvmbr.nl).

# Voorwoord

De Nederlandse Vereniging voor Medische Beeldvorming en Radiotherapie (NVMBR), Fontys Paramedisch Hogeschool Eindhoven, Hogeschool Inholland, Hanzehogeschool Groningen, Academie Verloskunde Amsterdam Groningen (AVAG) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) hebben samengewerkt in het REVIVE-project (Röntgenstraling En Vrouwen In Verwachting). In dit project is de praktijkvoering van diagnostisch radiologisch of nucleair geneeskundig onderzoek bij vrouwen die (mogelijk) zwanger zijn geëvalueerd.

De belangrijkste doelstelling van het REVIVE-project is om Medisch Beeldvormings- en Bestralingsdeskundigen (MBB'er) te ondersteunen bij het toepassen van straling in de vorm van diagnostische procedures tijdens de zwangerschap.

Voor u ligt een praktische leidraad voor de MBB'ers, waarbij veel aandacht is voor risicocommunicatie voor vrouwen die mogelijk zwanger zijn en een diagnostische radiologisch of nucleair geneeskundige procedure ondergaan.

Voor informatie omtrent het bevorderen van een heldere dialoog tussen arts, patiënt en zijn verzorger over stralingsrisico's van beeldvorming met röntgenstraling of radioactieve stoffen verwijzen we naar de richtlijn 'Beeldvorming met ioniserende straling'. Hier is ook informatie te vinden over het verminderen van praktijkvariatie bij het gebruik van afscherming.

Bij totstandkoming van deze leidraad zijn de Nederlandse Vereniging Klinisch Fysici (NVKF), Nederlandse Vereniging voor Radiologie (NVvR) en de Nederlandse Vereniging Nucleair Geneeskundige (NVNG) geraadpleegd.

## Samenstelling van de projectgroep

**Alie Vegter**

Senior Toezichthoudend stralingsdeskundige Treant zorggroep

**Debbie van Asselt – Faber**

MBB'er en TMS'er Martini ziekenhuis

**Wim Idema**

Stralingsdeskundige Academisch Medisch Centrum AMC

## Inleiding

Er zijn in de afgelopen jaren herhaaldelijk vragen geweest over hoe om te gaan met het uitvoeren van diagnostisch radiologisch dan wel nucleair geneeskundig onderzoek bij de zwangere patiënt. Er is tegenwoordig meer informatie beschikbaar over de hoeveelheid dosis op de foetus (met behulp van Monte Carlo simulatieprogramma). Is het wel nodig om altijd te vragen naar zwangerschap? Zijn er procedures waarbij we ons niet druk hoeven te maken over eventuele gevolgen van straling? Deze leidraad is geschreven om informatie te geven over de effecten van straling op het ongeboren kind, als ook om praktische handvatten te bieden bij welke diagnostische procedures aanvullende maatregelen nodig zijn. Het biedt ook een beslisboom die aangeeft wanneer de MBB'er extra alert moet zijn op een mogelijke zwangerschap om zodoende navraag te doen naar rechtvaardiging van het diagnostische onderzoek bij de verwijzer dan wel radioloog/nucleair geneeskundige.

## Wettelijk kader

In Nederland geldt sinds 6 februari 2018 het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs), opgesteld vanuit de Europese directive 2013/59/Euratom. In dit besluit wordt in artikel 8.11 aandacht besteed aan de (mogelijk) zwangere patiënt.

In dit artikel staat dat de verwijzer of medisch deskundige (radioloog of nucleair geneeskundige) bij de vrouw moet informeren of ze zwanger is, behalve als het duidelijk is dat ze niet zwanger kan zijn of als het niet relevant is voor de diagnostische procedure. Wanneer een zwangerschap niet kan worden uitgesloten moet met name in de buik- en bekkenstreek bijzonder gelet worden op de rechtvaardiging van de procedure en bekeken worden of deze ook kan worden uitgesteld. Verder dient er bij uitvoering van het onderzoek aandacht besteed te worden aan de optimalisatie van de stralingsbescherming.

# Wetenschappelijk kader

## Radiobiologie

### Kansgebonden effecten

Kansgebonden effecten zijn het gevolg van DNA-schade, wat kanker kan veroorzaken (Wiesler et al., 2010). Dit geldt voor iedere ontvangen dosis. Wanneer de foetus wordt blootgesteld aan straling is er de veronderstelling dat er een verhoogde kans bestaat op kinderkanker of leukemie (ICRP, 2003). Hierbij wordt uitgegaan van het lineair no threshold (LNT) -model, zoals ook door de International Commission on Radiological Protection (ICRP) wordt gehanteerd, om het risico op kansgebonden effecten te bepalen (ICRP, 2007). In dit model wordt aangenomen dat bij het ontstaan van kansgebonden effecten geen drempeldosis bestaat en dat het risico op effecten lineair toeneemt met de dosis.

Zonder extra stralingsblootstelling anders dan de achtergrond is de kans op kanker of leukemie voor een kind 2-3 per 1000 (ICRP, 2003).

In de ICRP 84 (2000) is een tabel opgenomen met daarin weergegeven de kansen voor de geboorte van een gezond kind welke een bepaalde stralingsblootstelling heeft ondergaan tijdens de zwangerschap. Hierbij is inbegrepen de natuurlijke prevalentie van het voorkomen van malformaties en kanker bij kinderen (ICRP, 2003). Deze tabel, oorspronkelijk van Wagner en Hayman uit 1982 is hieronder te zien.

### Weefselreacties

Weefselreacties ontstaan na schade aan van een groot aantal cellen en kenmerken zich doordat er sprake is van een drempeldosis voordat het effect optreedt (Health Protection Agency, 2009). De weefselreacties die kunnen optreden bij prenatale bestraling zijn foetale dood, congenitale malformaties en retardatie (ARC American College of Radiologists, 2018; Health Protection Agency, 2009; Nguyen & Goodman, 2012).

De ICRP heeft in ICRP 103 (2007) aangegeven dat deze effecten niet te verwachten zijn bij een dosis onder de 100 mGy (ICRP, 2007). Dit is tevens naar voren gebracht door de Gezondheidsraad in 2007. Tabel 2 (pagina 7) geeft de risico's schematisch weer.

Waarschijnlijkheid op een geboorte zonder malformatie of kanker in de kindertijd			
Dosis aan de foetus (mGy)	Geen malformatie (%)	Geen kanker in de kindertijd (%)	Geen malformatie en geen kanker in de kindertijd (%)
0	96,00	99,93	95,93
0,5	95,999	99,926	95,928
1,0	95,998	99,921	95,922
2,5	95,995	99,908	95,91
5,0	95,99	99,89	95,88
10,0	95,98	99,84	95,83
50,0	95,90	99,51	95,43
100,0	95,80	99,07	94,91

Tabel 1: Waarschijnlijkheid van de geboorte van een kind zonder malformaties en de kans dat dit kind geen kanker ontwikkelt, als functie van de dosis. Ontleend McCollough 2007, referentie 8

Ontwikkelstadium	Zwangerschapsduur	Tijd dosis na conceptie	<50 mGy	50-100 mGy	>100 mGy
Blastogenesis	0-2 wk	Voor conceptie	geen	geen	geen
Organogenesis	3-4 wk	1-2 wk	geen	Waarschijnlijk geen	Spontane abortus zou kunnen voorkomen
Organogenesis	5-10 wk	3-8 wk	geen	Mogelijk- biologische effecten zijn klinisch niet te detecteren	Congenitale malformaties zouden kunnen voorkomen, waarbij het risico groter wordt met toenemende dosis.
Fetogenesis	11-17 wk	9-15 wk	geen	Mogelijk- biologische effecten zijn klinisch niet te detecteren	Verhoogd risico op IQ daling of mentale retardatie in toenemende mate met toenemende dosis
Fetogenesis	18-27 wk	16-25 wk	geen	geen	IQ daling is niet detecteerbaar op het niveau van de gemiddelde dosis in radiodiagnostiek
Fetogenesis	>27 wk	>25 wk	geen	geen	Geen bij de gemiddelde dosis in radio-diagnostiek

Tabel 2: Overzicht van de mogelijke weefselreacties bij prenatale blootstelling. Ontleend aan Nguyen en Goodman, referentie 6.

# 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<sup>1</sup>. 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 ordegrrootte 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 3.

Calman tabel risicobereik (UK risico per 1 jaar)		
Classificatie	Risico bereik	Voorbeeld
Verwaarloosbaar	$\leq 1.000.000$	Dood door bliksem
Minimaal	1 : 100.000 – 1 : 1.000.000	Dood door treinongeval
Heel laag	1 : 10.000 – 1 : 100.000	Dood door werk ongeval
Laag	1 : 1.000 – 1 : 10.000	Dood door verkeersongeval
Middel	1 : 100 – 1 : 1.000	Dood door het roken van 10 sigaretten per dag
Hoog	$\geq 1:100$	Besmetten van vatbare huisgenoten met

Tabel 3: Calman chart

Als voorbeeld; de Nederlandse overheid heeft het verwaarloosbaar risico voor genotoxisch werkende kankerverwekkende stoffen vastgesteld als de dosis die bij levenslange toediening aan één miljoen personen leidt tot één extra geval van kanker. (VROM, 1989) Dit is dus boven op het aantal kankergevallen die statistisch gezien al onder de bevolking zou ontstaan.

Om te bepalen of er bij het onderzoek van de zwangere patiënt eventueel aanvullende maatregelen genomen moeten worden, wordt 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 treffen om dit risico te verlagen, dan moet dit ook worden gedaan (Mobbs et al., 2009). 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.

<sup>1</sup> Calman, 1996; Hart & Wall, 2004; HASHIMOTO, KATO, FUJIBUCHI, et al, 2004; ICRP, 2007; Mobbs, Watson, Harrison, Muirhead, & Bouffler, 2009; Paul R. Hunter & Fewtrell, 2001; Schmidt, 2007



# Uterusdosis in de diagnostische radiologie en - nucleaire geneeskunde

Binnen de radiologie en nucleaire geneeskunde zijn er verschillende onderzoeken mogelijk waarbij een vrouw een uterusdosis ontvangt. In geval van een zwangerschap wordt deze dosis de foetus dosis genoemd<sup>1</sup>.

Om te beginnen kunnen we vaststellen dat binnen de diagnostische radiologie en -nucleaire geneeskunde geen foetus dosis van meer dan 50 mGy wordt gehaald<sup>2</sup>.

Weefselreacties kunnen dan ook buiten beschouwing worden gelaten. Een uitzondering is de interventie radiologie, echter dit zijn zeer uitzonderlijke gevallen waarbij het leven van de moeder ernstig gevaar loopt wanneer geen behandeling plaatsvindt.

Rest de kansgebonden effecten. Wanneer de foetus buiten de directe bundel valt, zal de dosis heel gering zijn, zo niet te verwaarlozen<sup>3</sup>. In tabel 4 (p10) is een overzicht te zien van de gemiddelde foetus dosis voor de diverse procedures als ook het bijbehorende risico voor de foetus.

Veel andere studies komen met vergelijkbare getallen<sup>4</sup>. De richtlijn van de American College of Radiologists (ACR) geeft aan dat procedures waarbij de foetus niet in de directe bundel valt een minimaal tot verwaarloosbaar risico hebben, waardoor ze altijd uitgevoerd kunnen worden (ARC American College of Radiologists, 2018). Ook de richtlijnen uit Groot-Brittannië en Oostenrijk, als ook een onderzoek van Tremblay et. al. houden deze regel aan (Health Protection Agency, 2009; Ministerium Frauen Gesundheit, 2017; Tremblay et al., 2012).

De American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG) stelt in zijn 'committee opinion' dat buiten een aantal uitzonderingen een radiologisch of CT-onderzoek bij medische noodzaak niet onthouden mag worden omdat een patiënte zwanger is (Care, 2017). Zoals ook uit tabel 4 blijkt zijn volgens de hiervoor besproken risiconormering, bij procedures waarbij de foetus buiten de directe bundel valt, niet alle risico's verwaarloosbaar.

<sup>1</sup> ARC American College of Radiologists, 2018; Care, 2017; Gilet, Dunkin, Fernandez, Button, & Budorick, 2011; Gomes, Matias, & Macedo, 2015; Health Protection Agency, 2009; Hendriks et al., 2019; Mccollough et al., 2007; Tremblay, Thérèse, Thomassin-Naggara, & Trop, 2012; Wagner & Hayman, 1982; Wang, Chong, Kielar, Knoepp, et al., 2012; Wiesler et al., 2010; Woussen et al., 2016; Zanotti-Fregonara et al., 2010)

<sup>2</sup> Care, 2017; Coakley, Cody, & Mahesh, 2010; Health Protection Agency, 2009; Mccollough et al., 2007; Ministerium Frauen Gesundheit, 2017; Wiesler et al., 2010)

<sup>3</sup> ARC American College of Radiologists, 2018; Coakley et al., 2010; Gomes et al., 2015; Health Protection Agency, 2009; ICRP, 2003; Mccollough et al., 2007; Wagner & Hayman, 1982

<sup>4</sup> ARC American College of Radiologists, 2018; Care, 2017; Gomes et al., 2015; ICRP, 2003; Mccollough et al., 2007; Tremblay et al., 2012; Wagner & Hayman, 1982; Wang, Chong, Kielar, Kelly, et al., 2012

Onderzoek type	Lichaamsdeel	Typische range foetus dosis (mGy)	Risico op kanker in de kindertijd per onderzoek
Röntgen	Hoofd, nek en extremiteiten (exclusief heup)	0 – 0,01	< 1 op 1.000.000
Röntgen	Tandopnames/OPG		
Röntgen	Thorax		
Röntgen	TWK		
Röntgen	Mammografie		
CT	Hoofd, hals en extremiteiten (exclusief heup)		
<sup>51</sup> Cr	GFR meting		
<sup>81m</sup> Kr	Ventilatie scan		
CT	Thorax/ CTA thorax	0,01-0,1	1 op 1.000.000 tot 1 op 100.000
<sup>99m</sup> Tc	Ventilatie scan		
Röntgen	BOZ	0,1-1	1 op 100.000 tot 1 op 10.000
Röntgen	Barium onderzoek maag		
Röntgen	Bekken / heupen		
CT	Thorax / lever		
<sup>99m</sup> Tc	Long perfusie scan		
<sup>99m</sup> Tc	Schildklier scan		
<sup>99m</sup> Tc	Long ventilatie scan		
	(DTPA)		
<sup>99m</sup> Tc	Renaal scan (MAG3, DMSA)		
<sup>99m</sup> Tc	Leucocyten scan		

Onderzoek type	Lichaamsdeel	Typische range foetus dosis (mGy)	Risico op kanker in de kindertijd per onderzoek
Röntgen	Barium dunne darm/colon	1-10	1 op 10.000 tot 1 op 1.000
Röntgen	IVP		
Röntgen	LWK		
CT	LWK		
CT	Abdomen/bekken		
<sup>99m</sup> Tc	Botscan		
<sup>99m</sup> Tc	Cardiale blood pool scan		
<sup>99m</sup> Tc	Myocard scan		
<sup>99m</sup> Tc	CBF scan		
<sup>99m</sup> Tc	Renaal scan (DTPA)		
<sup>201</sup> Tl	Myocard scan		
<sup>18</sup> F PET	Tumor scan	10-50	1 op 1.000 tot 1 op 200
CT	Thorax – abdomen-bekken		
<sup>99m</sup> Tc	Myocard (SPECT inspannings-test)		
<sup>18</sup> F PET/CT	Whole body scan		

Tabel 4: Typische foetus dosis bij diagnostisch onderzoek en het bijbehorende risico op kanker. Ontleend aan HPA 2009, referentie 15.

# ALARA en zwangerschap

Uit tabel 4 komt naar voren dat er een aantal diagnostische procedures zijn waarbij het risico voor de foetus verwaarloosbaar is. Dit zijn:

- Röntgenopnames van hoofd, nek en extremiteiten (exclusief heup)
- Tandopnames/OPG
- X Thorax
- X TWK
- CT van hoofd, hals en extremiteiten (exclusief heup)
- Nucleaire geneeskunde: GFR-meting
- Nucleaire geneeskunde: Ventilatie scan met  $^{81m}\text{Kr}$

Bovengenoemde procedures kunnen altijd uitgevoerd worden bij een eventueel zwangere patiënt. Er hoeven dus geen aanvullende maatregelen te worden genomen en er hoeft in de rechtvaardiging ook geen rekening gehouden te worden met het ongeboren kind (zie tabel 4). Aanvullende maatregelen, zoals een loodschort wordt afgeraden. Ze kunnen niet alleen averechts werken, maar geven ook een vorm van schijn zekerheid (IAEA, 2018; ICRP, 2003).

Bij andere procedures waarbij de dosis voor de foetus niet te verwaarlozen is, zouden aanvullende maatregelen toegepast kunnen worden om de dosis voor de foetus verder te verlagen<sup>1</sup>. Er is voor CT-procedures aangetoond dat het slim inzetten van automatische buisstroom modulatie, reconstructie technieken, parameters en optimaal instellen van de scanlengte ook een significante dosis besparing kan opleveren zonder de diagnostische kwaliteit te verliezen (Hendriks et al., 2019).

Wanneer het besluit is genomen dat het onderzoek noodzakelijk is voor de patiënt ondanks de zwangerschap en er zijn geen alternatieven, dan moet het onderzoek ook zeker van diagnostische waarde zijn.

Binnen de nucleaire geneeskunde is er de "Procedure guideline nuclear medicine" uit 2016 van de

---

<sup>1</sup> Denk hierbij aan parameters aanpassen op basis van de vraagstelling.

NVNG. Hierin worden onder andere maximaal benodigde activiteiten benoemd voor nucleaire procedures. Er kan overwogen worden om de procedure met een lagere activiteit dan gebruikelijk uit te voeren en ter compensatie langer te scannen. Het is echter heel belangrijk dat de beeldkwaliteit niet zodanig afneemt, dat de procedure geen diagnostische waarde heeft.

# Praktische uitvoering

## Geplande procedures

Wanneer een vrouw in de reproductieve leeftijd voor radiologisch of nucleair onderzoek komt kan dit onderzoek plaatsvinden zonder dat er naar een mogelijke zwangerschap gevraagd wordt indien dit onderzoek in de volgende categorieën valt:

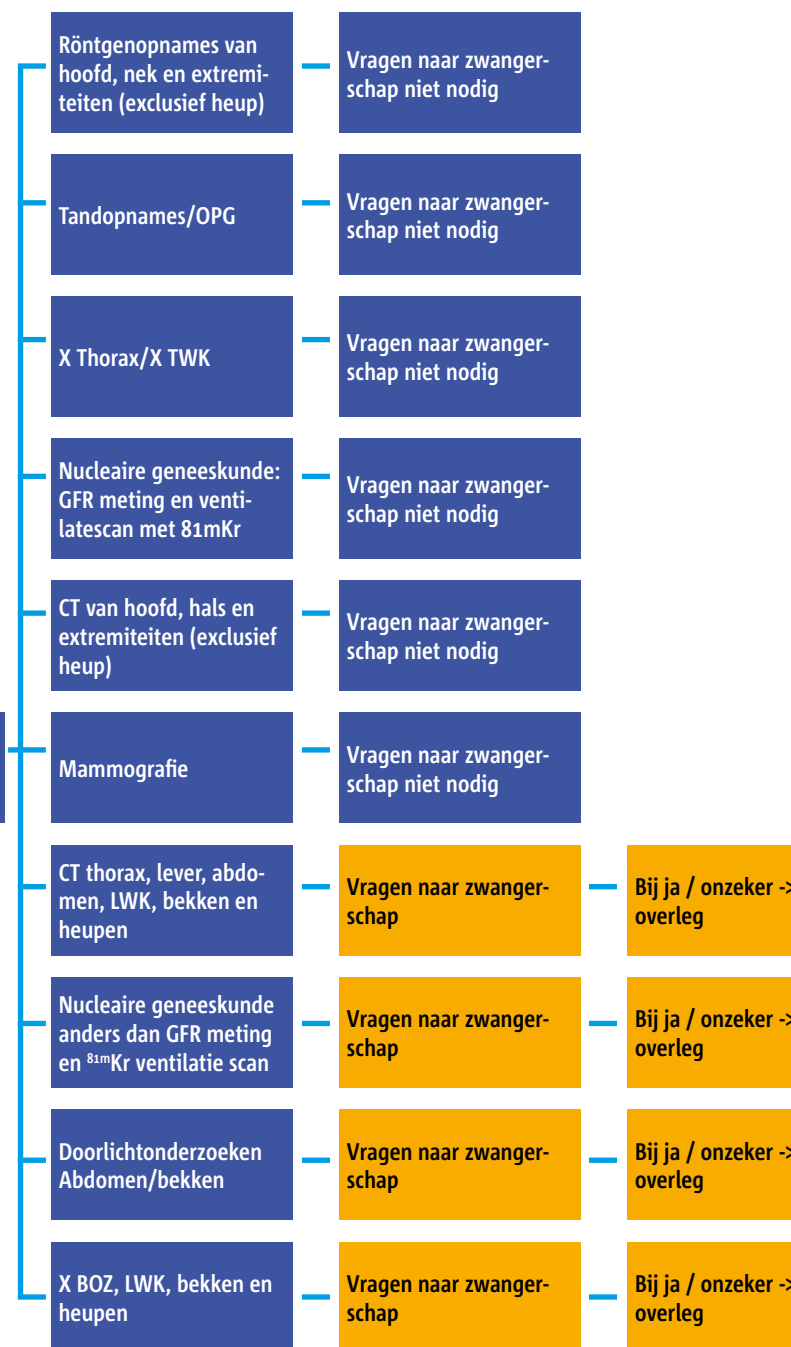
- Röntgenopnames van hoofd, nek en extremiteiten (exclusief heup)
- Tandopnames/OPG
- X Thorax
- X TWK
- CT van hoofd, hals en extremiteiten (exclusief heup)
- Nucleaire geneeskunde: GFR-meting
- Nucleaire geneeskunde: Ventilatie scan met <sup>81m</sup>Kr

Komt de, in de reproductieve leeftijd (15-49 jaar), vrouw voor een onderzoek die niet in de bovenste categorieën valt, dan dient ter controle gevraagd worden naar een mogelijke zwangerschap<sup>1</sup>. Bij deze procedures dient volgens de wet extra aandacht besteed worden aan rechtvaardiging en optimalisatie ofwel ALARA, bij een (mogelijke) zwangerschap. Is er geen sprake van een (mogelijke) zwangerschap, dan kan het onderzoek uiteraard doorgang vinden. Is er wel sprake van een (mogelijke) zwangerschap of is het onduidelijk, en was dit niet al bekend, dan is het goed om nog eens extra te overleggen met dan wel de verwijzer, dan wel de radioloog/nucleair geneeskundige over de noodzaak van het onderzoek en mogelijke aanpassingen.

In onderstaand stroomschema valt op te maken in welke gevallen extra overleg met de radioloog of nucleair geneeskundige wenselijk is.

Stroomschema 1. 'extra overleg met radioloog/nucleaire geneeskundige gewenst.

Vrouwelijke patiënt in reproductieve levensfase (15-49 jaar)



<sup>1</sup> Hier kan lokaal, middels protocol geautoriseerd door de zelfstandig bevoegde, van afgeweken worden

## Retrospectieve zwangerschap

Wanneer achteraf blijkt dat een patiënt zwanger was tijdens een onderzoek, dient eerst gekeken te worden of het onderzoek viel onder de categorie verwaarloosbaar risico. Tevens dient dit aan de patiënt en /of verwijzer gecommuniceerd worden.

Viel het onderzoek niet in deze categorie dan kan aan de klinisch fysisch gevraagd worden om een dosisinschatting van het onderzoek te maken. Hieraan kan dan een bepaald risico gekoppeld worden. Binnen de dosis range van de diagnostische radiologie en nucleaire geneeskunde, als ook uit tabel 1, zal dit risico niet significant hoger zijn dan bij een zwangerschap waarbij geen extra stralingsblootstelling is geweest.

## Literatuurlijst

1. ARC American College of Radiologists. (2018). ACR–SPR PRACTICE PARAMETER FOR IMAGING PREGNANT OR POTENTIALLY PREGNANT ADOLESCENTS AND WOMEN WITH IONIZING RADIATION (Vol. 1076). Retrieved from <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/PregnantPts.pdf>
2. BBS. Besluit Basisveiligheidsnormen Stralenbescherming (2018).
3. Calman, K. C. (1996). Cancer: science and society and the communication of risk. *BMJ: British Medical Journal*, 313(7060), 1–7. <https://doi.org/10.1136/bmj.313.7060.799>
4. Care, G. P. (2017). ACOG committee opinion contrast in pregnancy. *OBSTETRICS & GYNECOLOGY*, 130(4), e210-216.
5. Coakley, F. V, Cody, D. D., & Mahesh, M. (2010). The Pregnant Patient: Alternatives to CT and Dose-Saving Modifications to CT Technique. November [www.imagewisely.org](http://www.imagewisely.org), 1000(November), 1–3.
6. Esser, J.-P. (2016). Procedure guideline nuclear medicine. (K. N. BV, Ed.).
7. Gezondheidsraad. (2007). Risico's van blootstelling aan ioniserende straling.
8. Gilet, A. G., Dunkin, J. M., Fernandez, T. J., Button, T. M., & Budorick, N. E. (2011). Fetal radiation dose during gestation estimated on an anthropomorphic phantom for three generations of CT scanners. *American Journal of Roentgenology*, 196(5), 1133–1137. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.4497>
9. Gomes, M., Matias, A., & Macedo, F. (2015). Risks to the fetus from diagnostic imaging during pregnancy: review and proposal of a clinical protocol. *Pediatric Radiology*, 45(13), 1916–1929. <https://doi.org/10.1007/s00247015-3403-z>
10. Hart, D., & Wall, B. F. (2004). UK population dose from medical X-ray examinations. *European Journal of Radiology*, 50(3), 285–291. [https://doi.org/10.1016/S0720-048X\(03\)00178-5](https://doi.org/10.1016/S0720-048X(03)00178-5)
11. HASHIMOTO, M., KATO, H., FUJIBUCHI, T., OCHI, S., & MORITA, F. (2004). Gonad Protective Effect of Radiation Protective Apron in Chest Radiography. *Japanese Journal of Radiological Technology*, 60(12), 1704–1712. <https://doi.org/10.6009/jjrt.kj00003560635>
12. Health Protection Agency. (2009). Protection of Pregnant Patients during Diagnostic Medical Exposures to Ionising Radiation: advice from the Health Protection Agency, the Royal College of Radiologists and the College of Radiographers. Health Protection Agency, 1–22. Retrieved from <http://www.hpa.org.uk/Publications/Radiation/DocumentsOfTheHPA/RCE09P/rotectionPregnantPatientsduringDiagnosticRCE9/>
13. Hendriks, B., Schnerr, R. S., Milanese, G., Jeukens, C. R. L. P. N., Niesen, S., Eijsvoogel, N. G., ... Das, M. (2019). Computed tomography pulmonary angiography during pregnancy: Radiation dose of commonly used protocols and the effect of scan length optimization. *Korean Journal of Radiology*,
14. IAEA. (2018). Radiation protection of pregnant women in radiology. Retrieved June 11, 2019, from <https://www.iaea.org/resources/rpop/healthprofessionals/radiology/pregnant-women>
15. ICRP. (2003). *Annals of the ICRP*, publication 84.
16. ICRP. (2007). *Annals of the ICRP PUBLICATION 103 The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. *Annals of the ICRP*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2004.12.002>
17. Mccollough, C. H., Schueler, B. A., Thomas, D., Braun, N. N., Regner, B. S. D. M., Douglas, L., & Leroy, A. J. (2007). Radiation Exposure and Pregnancy : When Should We Be Concerned ? *Radiographics*, 909–918. <https://doi.org/10.1148/rg.274065149>
18. Ministerium Frauen Gesundheit. (2017). Schwangerschaft und Röntgenuntersuchungen.
19. Mobbs, S., Watson, S., Harrison, J., Muirhead, C., & Bouffler, S. (2009). An Introduction to the Estimation of Risks Arising from Exposure to Low Doses of Ionising Radiation. *Quality Assurance*, (June).
20. Nguyen, C. P., & Goodman, L. H. (2012). Fetal Risk in Diagnostic Radiology. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, 33(1), 4–10. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2011.09.003>
21. Paul R. Hunter, & Fewtrell, L. (2001). Acceptable risk. *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*, 207–227. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2009.10.009>
22. Schmidt, M. (2007). Tolerable risk. *Chemical Engineering*, (September). Retrieved from [http://www.defra.gov.uk/ENVIRONMENT/water/rs/pdf/defra\\_rs\\_floodetc-06.pdf](http://www.defra.gov.uk/ENVIRONMENT/water/rs/pdf/defra_rs_floodetc-06.pdf)
23. Tremblay, E., Thérèse, E., Thomassin-Naggara, I., & Trop, I. (2012). Quality Initiatives: Guidelines for Use of Medical Imaging during Pregnancy and Lactation. *RadioGraphics*, 32(3), 897–911. <https://doi.org/10.1148/rg.323115120>
24. VROM. (1989). Notitie Omgaan met risico's.
25. Wagner, L. K., & Hayman, L. A. (1982). Pregnancy and women radiologists. *Radiology*, 145(2), 559–562. <https://doi.org/10.1148/radiology.145.2.7134471>
26. Wang, P. I., Chong, S. T., Kielar, A. Z., Kelly, A. M., Knoepp, U. D., Mazza, M. B., & Goodsitt, M. M. (2012). Imaging of Pregnant and Lactating Patients: Part 1, Evidence-Based Review and Recommendations. *American Journal of Roentgenology*, 198(4), 778–784. <https://doi.org/10.2214/ajr.11.7405>
27. Wang, P. I., Chong, S. T., Kielar, A. Z., Knoepp, U. D., Mazza, M. B., & Goodsitt, M. M. (2012). Imaging of Pregnant and Lactating Patients: Part 2, EvidenceBased Review and Recommendations, (April), 785–792. <https://doi.org/10.2214/AJR.11.8223>
28. Wiesler, K. M., Bhargava, P., Kanal, K. M., Vaidya, S., Stewart, B. K., & Dighe, M. K. (2010). Imaging in Pregnant Patients : Examination. *RadioGraphics*, 30(5), 1215–1230.
29. Woussen, S., Lopez-Rendon, X., Vanbeckevoort, D., Bosmans, H., Oyen, R., & Zanca, F. (2016). Clinical indications and radiation doses to the conceptus associated with CT imaging in pregnancy: a retrospective study. *European Radiology*, 26(4), 979–985. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-3924-8>
30. Zanotti-Fregonara, P., Jan, S., Taieb, D., Cammilleri, S., Trebossen, R., Hindie, E., & Mundler, O. (2010). Absorbed 18F-FDG Dose to the Fetus During Early Pregnancy. *Journal of Nuclear Medicine*, 51(5), 803–805. <https://doi.org/10.2967/jnumed.109.071878>