
Samenvatting

Blootstelling aan ioniserende straling levert risico's voor de gezondheid op. Daar is al veel over bekend, met name over de effecten van kortdurende blootstelling aan hoge doses. Veel lastiger is onderzoek naar de relatie tussen blootstelling aan lage doses en effecten die op lange termijn optreden. Daarnaast wordt nog steeds onderzoek gedaan. Het onderzoek aan de overlevenden van de atoombomexplosies in Hiroshima en Nagasaki in Japan neemt hierbij een belangrijke plaats in. Dit onderzoek levert voortdurende nieuwe gegevens op die leiden tot een beter inzicht in de langetermijngevolgen van blootstelling aan lage doses.

De Gezondheidsraad heeft al eerder diverse adviezen uitgebracht waarin de wetenschappelijke gegevens over stralingsrisico's zijn geanalyseerd en waarin conclusies getrokken zijn over de situatie in Nederland. Het laatste advies uit die reeks dateert van 1991. Omdat sinds die tijd weer een groot aantal publicaties over dit onderwerp is verschenen, geeft het voorliggende advies een geactualiseerd beeld van de stand van wetenschap.

Blootstelling

De weefsels in het lichaam verschillen in gevoeligheid voor blootstelling aan ioniserende straling. Om een schatting te kunnen maken van het totale risico van blootstelling is daarom voor elk weefsel een weefactor opgesteld. De *International Commission for Radiological Protection* (ICRP) heeft onlangs nieuwe aanbevelingen voor deze weefselweefactoren gedaan. Wanneer de stralingsbe-

lastig van de Nederlandse bevolking met deze nieuwe weegfactoren wordt berekend, blijkt de gevonden gemiddelde waarde – een effectieve dosis van 2,5 millisievert (mSv) – vrijwel niet af te wijken van de vroegere waarde. Deze dosis wordt voor meer dan de helft veroorzaakt door de bijdragen van radon uit onder andere bouwmaterialen en van de medische diagnostiek. De hoogste effectieve doses in de medische diagnostiek treden op bij CT-onderzoek van de buik, angiografie en interventieradiologie. Het totaal aantal verrichtingen in de radiodiagnostiek vertoont een voortdurende toename, maar door optimalisering en digitalisering is de gemiddelde dosis per hoofd van de bevolking gelijk gebleven.

Bij blootstelling tijdens het werk ontvangen werknemers in de luchtvaart en de productie van isotopen de hoogste gemiddelde effectieve jaardosis (1,34 mSv), gevolgd door werknemers die met mobiele opstellingen niet-destructief materiaalonderzoek doen (1,06 mSv) en werknemers in de interventieradiologie (0,47 mSv).

Effecten

Bij de biologische effecten van ioniserende straling wordt onderscheid gemaakt tussen deterministische en stochastische effecten. Deterministische effecten (ook wel “weefselreacties” genoemd) treden op boven een bepaalde drempeldosis. Hoe hoger de dosis, hoe sterker het effect. Het optreden van stochastische effecten is een kansproces: het effect (bijvoorbeeld kanker) treedt wel of niet op. Hoe hoger de dosis was, hoe groter de kans is op gezondheidsschade.

Over weefselreacties als gevolg van blootstelling aan ioniserende straling is veel bekend. Het effect dat optreedt en de relatie tussen de intensiteit van het effect en de ontvangen dosis hangt af van welk deel van het lichaam wordt blootgesteld. Bij langdurige interventieprocedures die onder doorlichting worden uitgevoerd, kan de drempeldosis voor schade aan de huid worden overschreden. Op korte termijn kan de huid daarna roodheid vertonen. Op langere termijn leidt die verbranding soms tot het afsterven van huidcellen en bindweefselvorming.

Over stochastische effecten was lange tijd minder bekend. Op korte termijn kan na blootstelling aan straling een verandering in het DNA optreden, die dan nog niet direct waarneembaar is. Op langere termijn kan de eventuele schade blijken uit kankergezwellen of genetische effecten.

Kanker

Blootstelling aan ioniserende straling heeft op lange termijn als belangrijkste gezondheidseffect een verhoogde kans op kanker. De typen kankers die worden

gevonden na blootstelling aan ioniserende straling zijn in het algemeen echter niet te onderscheiden van ‘spontaan’ optredende kankers.

Het epidemiologische onderzoek bij 120 000 overlevenden van de Japanse atoombomexplosies (de zogenaamde Japanse levensduurstudie) is de belangrijkste bron van informatie. Andere gegevens komen uit onderzoek aan patiënten die bestraald werden voor een goedaardige aandoening. Voor doses lager dan 10 gray (Gy) leveren deze gegevens risicoschattingen op die overeen komen met de resultaten van de Japanse levensduurstudie. Voor hogere doses, bijvoorbeeld zoals toegepast bij de curatieve behandeling van kanker, is geen overeenkomst met de Japanse levensduurstudie. Het uit deze gegevens berekende risico is lager, waarschijnlijk omdat er bij de hogere doses celdood optreedt. De risicoschatting die is afgeleid uit het meest recente en grootste onderzoek onder radiologische en nucleaire werkers is wel hoger dan de schatting op grond van de Japanse levensduurstudie, maar de onzekerheidsmarges zijn zo groot dat er tussen die schattingen geen tegenspraak is.

Het reactorongeval in Tsjernobyl heeft in de Oekraïne, Wit-Rusland en de Russische Federatie tezamen geleid tot een aanzienlijke toename in de incidentie van schildklierkanker, met name bij jonge kinderen. In Wit-Rusland is ook onder andere leeftijdsgroepen een verhoogde incidentie opgetreden. De effecten van dit ongeval voor de Nederlandse bevolking zijn echter te verwaarlozen.

Schade voor het nageslacht

Er is sinds het uitkomen van het Gezondheidsraad advies in 1991 een aanzienlijke vooruitgang geboekt in de schatting van de genetische risico's van blootstelling aan ioniserende straling. Het totale risico per Gy op genetische effecten, inclusief multifactoriële en congenitale afwijkingen, wordt nu becijferd als 0,4 tot 0,6 procent van de natuurlijke incidentie van deze effecten.

De kennis van aangeboren afwijkingen als gevolg van blootstelling aan ioniserende straling stamt uit onderzoek met proefdieren en uit bevindingen bij kinderen van wie de moeders in Japan tijdens de atoombomexplosies zwanger waren en toen aan straling zijn blootgesteld. Hoewel in Nederland de kans klein is dat een ongeboren kind wordt blootgesteld aan een stralingsdosis die de limiet van 1 mSv overschrijdt zijn er wel omstandigheden denkbaar waarin dit het geval kan zijn, bijvoorbeeld bij radiodiagnostisch onderzoek van de aanstaande moeder.

Naar verwachting zullen nieuwe inzichten op het gebied van genetische schade leiden tot programma's waarbij mensen die op grond van hun extra gevoelige DNA meer risico lopen (bijvoorbeeld draagsters van genmutaties die

kunnen leiden tot erfelijke vormen van borstkanker) nauwkeurig gevolgd worden. Of reeds lopende programma's voor het opsporen van deze vormen van kanker moeten worden gewijzigd, kan nog niet worden overzien.

Risicoschattingen

Risicoschattingen geven een indicatie van de grootte van de kans op het optreden van een effect in relatie tot de ontvangen dosis.

De huidige risicoschattingen zijn verkregen uit gegevens van blootstellingen aan relatief hoge doses en dosistempi. Wanneer deze gegevens worden geëxtrapoleerd naar lage doses en lage dosistempi, vindt naar alle waarschijnlijkheid overschatting van het risico plaats. Daarom wordt het geëxtrapoleerde risico gedeeld door de DDREF (*dose and dose rate effectiveness factor*). De nieuwste wetenschappelijke inzichten geven geen argumenten om de DDREF van 2 te wijzigen.

Onderzoek naar de sterfte door kanker onder de overlevenden van de Japanse atoombomexplosies laat zien dat mensen minder risico lopen naarmate ze ouder waren tijdens de blootstelling aan straling. Het risico voor vrouwen is hoger dan dat voor mannen. In het algemeen is er thans, zestig jaar na de atoombomexplosies, nog steeds sprake van een verhoogd risico onder de overlevenden.

In 1990 berekende de ICRP de grootte van de gecombineerde kans op sterfte ten gevolge van kanker of op erfelijkheidseffecten, op 7,3 procent per Sv, gemiddeld over de bevolking. Op grond van de nieuwste inzichten is deze waarde door de ICRP enigszins gereduceerd tot 5,7 procent per Sv, vooral als gevolg van een verlaging van de schatting van de kans op genetische effecten.

De commissie concludeert dat er op grond van de nieuwe gegevens geen dringende redenen zijn om de in het advies *Stralingsrisico's* uit 1991 gegeven risicogetallen bij te stellen. Hooguit zou er sprake kunnen zijn van een kleine verlaging. Die zou echter slechts marginaal zijn en gezien de onzekerheden in de risicogetallen niet statistisch significant.

Aanbevelingen voor optimalisatie bij radiodiagnostiek

De grootste collectieve dosis ten gevolge van kunstmatige stralingsbronnen is afkomstig van de medische radiodiagnostiek. Het is daarom belangrijk te blijven streven naar vermindering van de blootstelling door middel van optimalisering van dosis en beeldkwaliteit. Aan de basis van het verantwoord omgaan met straling ligt het begrip ALARA (*as low as reasonably achievable*): er moet steeds een dosis worden toegediend die zo laag is als redelijkerwijs mogelijk. Het

advies geeft enkele specifieke aanbevelingen voor verbeteringen aan apparatuur en procedures in de digitale radiologie, interventieradiologie en computertomografie.