

# Veilige en effectieve röntgenopnamen

**Samenvatting.** Röntgenopnamen vormen een goed diagnostisch hulpmiddel, mits een aantal veiligheidsmaatregelen in acht wordt genomen. De kennis en vaardigheden van de tandarts blijken een belangrijke factor in het beperken van de stralingsdosis voor de patiënt. Periodieke controle van de apparatuur en nascholing zijn daarom van belang voor handhaving van de kwaliteit van de röntgendiagnostiek.

Computerondersteuning, voor het stellen van een diagnose en als hulpmiddel bij de interpretatie van röntgenopnamen, zal steeds belangrijker worden in het diagnostische proces: met steeds minder straling zal steeds meer informatie over afwijkingen beschikbaar komen.

VAN DER STELT PF. Veilige en effectieve röntgenopnamen. Ned Tijdschr Tandheelkd 1991; 98: 46-9.

P.F. van der Stelt, tandarts

Uit de afdeling Tandheelkundige Radiologie van het Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam (ACTA).

Trefwoorden: **Radiologie** – Stralingshygiëne

Datum van acceptatie: 17 december 1990.

Adres: Prof. Dr. P. F. van der Stelt, Louwesweg 1, 1066 EA Amsterdam.

## 1 Inleiding

Het risico van schadelijke effecten van de – diagnostisch onmisbare – röntgenopnamen maakt het noodzakelijk een aantal veiligheidsmaatregelen in acht te nemen, die betrekking hebben op de apparatuur, technieken, indicatiestelling en interpretatie van de opnamen. In dezen zijn de wetgeving (par. 2), de uitgangspunten voor stralingshygiëne en de patiëntendosis (par. 3) alsmede de mogelijkheid voor stralenreductie (par. 4) en de diagnostische kwaliteit (par. 5) van belang.

## 2 Wettelijke kader

De Nederlandse en Belgische wetgeving zijn vergelijkbaar, omdat zij zijn gebaseerd op internationale richtlijnen van:

1. De gezaghebbende International Commission on Radiological Protection (ICRP), een van de oudste instanties die zich bezighoudt met een veilig gebruik van stralingstoepassingen. Van belang zijn met name ICRP-publikaties over algemene aanbevelingen ten aanzien van medische stralenbescherming en bescherming van de patiënt;<sup>1,2</sup>
2. Een Richtlijn van de Raad van Europese Gemeenschappen, ter bescherming van personen die röntgenologisch worden onderzocht of behandeld.<sup>3</sup> Het gaat hierbij onder meer over de opleiding van gebruikers van röntgenapparatuur, de technische eisen waaraan de apparatuur moet voldoen, het opzetten van een systeem van periodieke controle van de apparatuur en over nascholing. Richtlijnen van de EG moeten binnen een vastgestelde termijn in de wetgeving van de lidstaten worden verwerkt.

### 2.1 Nationale wetgevingen

In Nederland is het gebruik van stralingstoepassingen geregeld in de Kernenergiewet, waarvan het Besluit Stralenbe-

scherming (BS) deel uit maakt.<sup>4</sup> In het BS worden regels gegeven over ander andere de technische eisen waaraan röntgenapparatuur moet voldoen en de wijze waarop de afscherming tegen straling moet worden uitgevoerd. De gebruikers en bedieners van de apparatuur moeten kennis bezitten over de eigenschappen en gevaren van röntgenstraling en over bescherming daartegen.

De Belgische stralingswetgeving is vastgelegd in het Algemeen Reglement Arbeidsbescherming. Verschillende aspecten zijn nader uitgewerkt in diverse Koninklijke Besluiten, met name in die van 28 februari 1963, 23 oktober 1970 en 11 februari 1987.

### 2.2 Kwaliteitscontrole

Meer dan voorheen ligt in de wetgeving het accent op het tegengaan van de gevolgen van veroudering van de apparatuur, zowel direct door het gebruik als indirect door technische ontwikkelingen. Dit geldt, overdrachtelijk, ook voor de kennis en de vaar-

digheden van de gebruikers. Het geheel van maatregelen voor het behoud van kwaliteit wordt in het kader van de stralingshygiëne aangeduid met de term Quality Assurance.

In België bestaan al concrete voorschriften voor het periodiek meten van enkele technische aspecten van het röntgentoestel (de 'Fysische Controle'). In Nederland wordt op experimentele basis gewerkt aan een dergelijk systeem. Ook worden plannen ontwikkeld voor periodieke na- en bijscholing.

## 3 Stralingshygiëne

### 3.1 Fundamentele begrippen en uitgangspunten

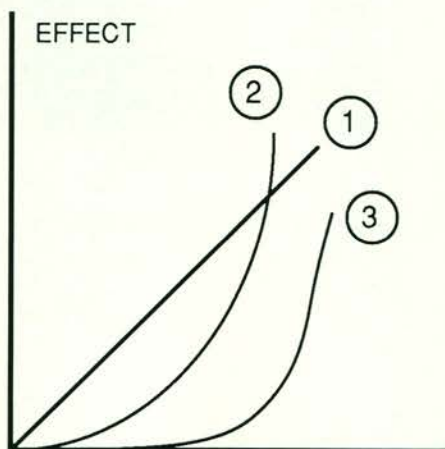
#### 3.1.1 Latentieperiode en dosis-effectrelatie

Nadelige effecten van straling, ontstaan door een interactie met moleculen van weefselcellen, worden pas na een periode van latentie zichtbaar. Deze periode kan enkele uren tot vele tientallen jaren duren. Daardoor is het moeilijk, indien al mogelijk, exact vast te stellen welke effecten mogen worden verwacht na bestraling van een individuele patiënt met een bepaalde dosis. Dit geldt te meer wanneer men te maken heeft met relatief lage doses, zoals bij de diagnostische toepassing van röntgenstraling.

Veiligheidshalve neemt men meestal aan dat het verband tussen dosis en effect lineair is: door deze onderstelling zullen de nadelige gevolgen van lage doses niet worden onderschat. Maar het experimentele onderzoek naar de relatie tussen dosis en effect laat ook de constructie van twee andere curves toe: een exponentiële en een met een drempelwaarde (afb. 1).

#### 3.1.2 Aard van de effecten

Bij lage, diagnostische doses bestaat kans op het ontstaan van nadelige effecten die eerder optreden naarmate de dosis toe-



Afb. 1. Op grond van wetenschappelijk onderzoek bestaan er drie mogelijke dosis-effect relaties: lineair (1), exponentieel (2) en een met drempelwaarde (3).



Tabel I. Vergelijking van risico's, oorzaken en bijbehorende sterftekansen van verschillende orders van grootte.<sup>6</sup>

<b>2de orde risico*</b>	
Hard drug verslaving	
Alcoholverslaving	
Roken, 1 pakje sigaretten/dag	
<b>3de orde risico</b>	
Continue werken met asbest	
Een jaar werken in kolenmijn	
Gemiddelde kankerfrequentie bevolking	
Overmatig alcoholgebruik	
<b>4de orde risico</b>	
Continue stralendosis 0,05 Sv/jaar	
Luchtverontreiniging industriestad	
<b>5e orde risico</b>	
Continue blootstelling 5 mSv/jaar	
Een jaar werken in 'veilig' beroep	
Een uur per jaar beroepsboksen	
<b>6de orde risico</b>	
Natuurlijke achtergrondstraling	
Eenmalige stralingsdosis van 0,01 Sv	
100 km/jaar autorijden	
50 km/jaar motorfiets rijden	

\*Een 2e orde risico betekent een kans op overlijden van 1-10 op 100 (ofwel  $10^2$ ), een 3e orde risico een kans van 1-10 op 1000 ( $10^3$ ), enzovoorts.

neemt. Indien een nadelig effect optreedt, staat de ernst ervan los van de grootte van de dosis. Voorbeelden van zulke, zogenaamd stochastische effecten zijn leukemie en tumoren. Wanneer de dosis per röntgenopname bekend is, kan de kans op het optreden van een nadelig effect worden berekend. Deze kans geeft een indicatie van het risico dat verbonden is aan het maken van de betreffende opname, maar zegt niets over de nadelige effecten per individuele patiënt. De berekening dient slechts voor het vergelijken van het risico (als kans op een nadelig effect) van die opname met allerlei andere risico's, die we in het dagelijkse leven lopen (tab. I).

De onderstelling dat de relatie dosis-effect lineair is, betekent dat elke dosis, hoe gering ook, een nadelig effect kan hebben. Het feit dat de stochastische risico's primair bepalend zijn voor de omvang van het eventuele nadeel van de röntgendiagnostiek houdt in dat bij elke opname in principe een nadelig effect kan optreden. Alles bijeen zal men dus voor elke röntgenopname de wenselijkheid ervan nauwkeurig moeten vaststellen en vervolgens de nodige stralingsbeschermende maatregelen moeten treffen.

Tabel II. Effect van verschillende dosisreducerende maatregelen dat verwacht kan worden, indien alle Nederlandse tandartsen hun röntgendiagnostische procedures optimaliseren (op grond van dosismetingen in 1986-1989).<sup>7</sup>

Maatregelen t.a.v. patiënt	Reductie
1. Gestandaardiseerd werken	0-100%
2. Bundelgrootte begrenzen	40-50%
3. Gevoelige film (E-speed) gebruiken	40%
4. Hogere buisspanning (65-75 Kv)	20-50%
5. Grottere focus-huid afstand	20-40%
6. Tubus i.p.v. conus	7%
7. Bundelfiltering	< 50%
8. Loodschort/kraag	5%
<b>II. Maatregelen t.a.v. tandarts</b>	
1. Achter afscherming	> 99%
2. Afstand tot patiënt (3 m)	> 50%
3. T.g.v. maatregelen voor patiënt	> 50%

### 3.2 Patiëntendosis

Voor gebruikers van röntgenapparatuur en voor de bevolking zijn maximaal toelaatbare doses vastgelegd in de wetgeving (maar het streven moet zijn zover mogelijk daarvoor te blijven). Voor de individuele patiënt daarentegen zijn geen maximale doses aangegeven; dan gelden twee andere uitgangspunten, te weten 1. het rechtvaardigings- en 2. het ALARA-principe.

1. Röntgenfoto's mogen alleen worden gemaakt indien daarvoor goede medische argumenten bestaan (rechtvaardigingsprincipe). In de rechtvaardiging van de foto dient ook te worden betrokken wat de stralingsrisico's ('kosten') voor de patiënt zijn in verhouding tot de voordelen ('baten'), verkregen uit de informatie van de te maken opname.
2. Is het maken van een foto gerechtvaardigd, dan mag de opname worden gemaakt volgens het ALARA-principe, dat wil zeggen, op voorwaarde dat alle redelijkerwijs te treffen stralingsbeschermende maatregelen zijn genomen. ALARA is het acroniem voor 'As Low As Reasonably Achievable' en houdt in dat de kosten van de nemen maatregelen in een redelijke verhouding staan tot de dosisreducerende effecten.

Ter illustratie: een muur van één meter dik schermt meer af dan een van 10 cm dik, maar de kosten van de meterdikke muur nemen vergeleken met de tien centimeter-dikke muur veel meer toe dan de afschermende werking. Daarentegen is het gebruik van gevoeliger films zonder uitzondering geïndiceerd, aangezien de kosten van gevoelige films (E-speed) vergelijkbaar zijn met die van minder gevoelige (D-speed), maar wel een stralingsreductie van 40-50% geven.

### 4 Mogelijkheden voor stralenreductie

Er staat de tandarts een reeks maatregelen ter beschikking om de dosis voor de patiënt, hemzelf en zijn personeel te verminderen. Hier worden globaal de gemakkelijk uit te voeren maatregelen vermeld. In tabel II is van enkele maatregelen vermeld met welk percentage de dosis vermindert. Uitvoeriger informatie is elders te vinden.<sup>5</sup>

#### 4.1 Röntgenapparaat

Tegenwoordig wordt een buisspanning van 65-75 Kv als optimaal beschouwd, maar het is niet direct nodig een goed werkend 50 Kv-apparaat te vervangen.

Een verkorting van de belichting (en dus van de dosis) wordt verkregen door een gevoeliger filmsoort (E-speed).

Bij installatie van een nieuw röntgenapparaat zijn in principe geen extra voorzieningen nodig. Wel kan in de toekomst een aanpassing van het filter in het apparaat wenselijk blijken op grond van nieuwe inzichten.

Een te grote veld diameter heeft tot gevolg dat een groot deel van de stralenbundel buiten de film valt en een te kleine dat delen van de foto onbelicht kunnen blijven. Een optimale bundelbegrenzing wordt verkregen met een extra diafragma vlak voor de plaats waar de bundel de patiënt bereikt of door gebruik van een rechthoekige tubus.

Een gesloten conus moet als obsolet worden beschouwd, omdat deze strooistraling veroorzaakt.

#### 4.2 Opname-omstandigheden

Bij een korte focus-film afstand valt een groter volume van de patiënt binnen de primaire straling dan bij een parallelle bun-



del. De laatste is ook om reden van beeldvorming aan te bevelen.

Gestandaardiseerd werken eist instelapparatuur, die tevens de mogelijkheid biedt tot een optimale beeldbegrenzing met een extra diafragma.

Gezien de relatief beperkte kosten zijn loodschoort of loodkraag gewenst, ook al is hun effect beperkt. Gebruik ervan maakt de patiënt duidelijk dat het de tandarts ernst is met stralingshygiëne.

### 4.3 Röntgenfilm

Vermeld is reeds dat voor dezelfde zwarting een D-speed film een tweemaal zo grote belichting vraagt als een E-speed. De films moeten worden bewaard buiten het bereik van straling en worden gebruikt voordat de op de verpakking vermelde expiratedatum is verlopen.

Voor een optimaal resultaat van het ontwikkelproces moet men de richtlijnen van de fabrikant volgen. De belichtingstijd moet worden aangepast aan de ontwikkelprocedure om de gewenste zwarting van de foto te verkrijgen, en niet omgekeerd.

### 4.4 Bescherming tandarts en personeel

Een wand van voldoende dikte (halfsteensmuur of 0,5 mm lood) biedt een directe afscherming tegen straling. Bij afwezigheid hiervan moet de tandarts drie meter of meer van de patiënt gaan staan en wel loodrecht op de stralenbundel, dus voor opnamen in het front naast en bij opname in de zijdelingse delen achter de patiënt (wiens schedel een extra barrière tegen stroostralen biedt). Allen die niet nodig zijn bij het maken van de opname moeten zich buiten het vertrek bevinden.

### 4.5 Quality Assurance

Nieuwe ontwikkelingen van apparatuur en hulpmiddelen vragen om aanpassingen, die men deels zelf kan aanbrengen. Daarnaast kan het nodig zijn door middel van speciale apparatuur in een zogenaamd Quality Assurance Program de tandarts hulp te bieden bij het vaststellen van de noodzaak van aanpassingen.

## 5 Diagnostische procedures

Het is zaak zoveel mogelijk informatie aan de röntgenfoto te onttrekken, hetgeen om een gestandaardiseerde procedure vraagt. Alleen dan is interpretatie van de foto mogelijk en is vast te stellen of een patiënt afwijkingen van het normale beeld vertoont. Daarbij kan de computer worden aangewend. Omdat met de computer meer

informatie voor de diagnostiek wordt verkregen, moet worden nagegaan in hoeverre de computer de afweging tot het maken van een foto (rechtvaardiging en kosten-baten analyse) beïnvloedt.

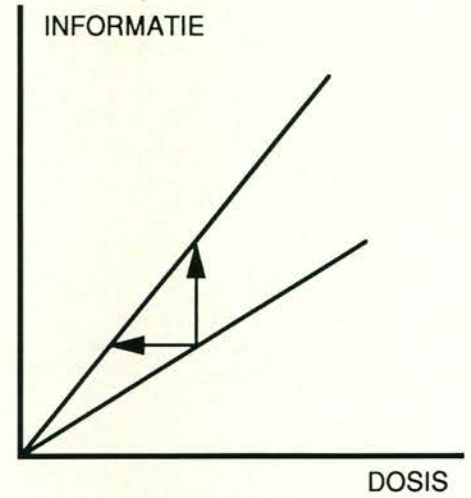
### 5.1 Gebruik computer

#### 5.1.1 Expertsystemen

Kennis over ziekteprocessen kan worden ingevoerd in de computer in een gegevensbestand en vormt dan een zogenaamde kennisbank. Deze gegevens kunnen vervolgens worden gebruikt om informatie te geven over de meest waarschijnlijke diagnose(n) in een specifiek geval. Hoewel de computer vooralsnog de rol van de clinicus niet zal overnemen, is het op deze manier mogelijk een diagnose op een meer reproduceerbare en consistente manier te stellen.

#### 5.1.2 Digitale beeldvorming

Een computer kan worden gebruikt om een röntgenbeeld digitaal vast te leggen en te bewerken. De bewerking van dit digitale beeld bestaat onder andere uit het accentueren van kenmerken zoals contrast en contouren, waardoor de interpretatie van het (gereconstrueerde) beeld wordt vergemakkelijkt. Andere mogelijkheden zijn het herkennen van specifieke structuren en details in het röntgenbeeld, het maken van driedimensionale reconstructies of het vervaardigen van beelden waarin veranderingen

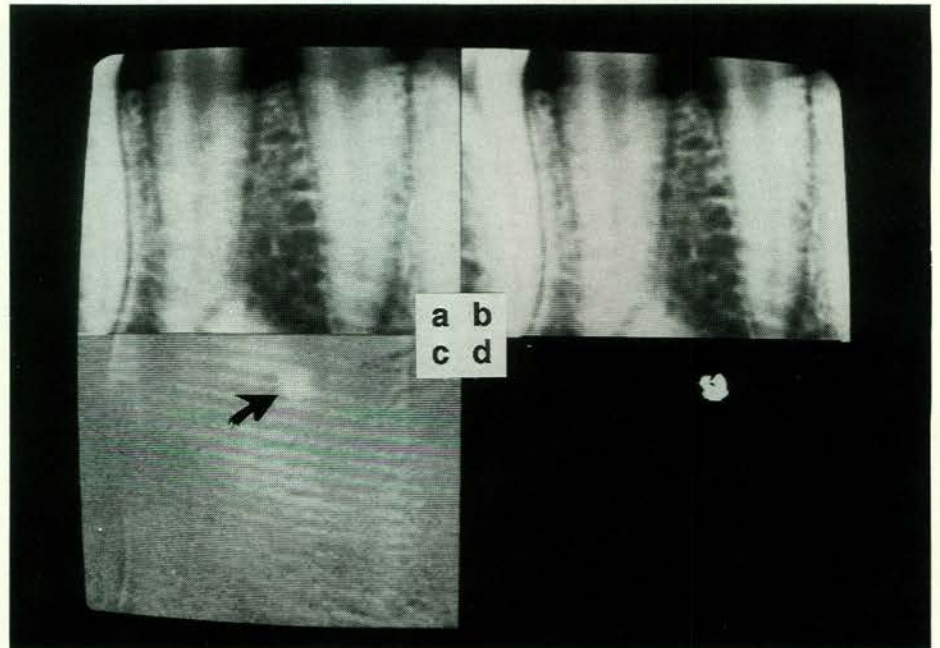


Afb. 3. Voor de kosten-baten analyse wordt aangenomen dat de opbrengst van een foto (de informatie) alleen kan worden verkregen tegen bepaalde kosten (de dosis). Een gunstiger verhouding ontstaat wanneer 1. een geringere dosis dezelfde hoeveelheid informatie oplevert of 2. bij gelijkblijvende dosis meer informatie wordt verkregen.

die in de loop van de tijd zijn ontstaan, worden afgebeeld. Een voorbeeld van het laatste (afb. 2) is de 'subtractietechniek'.

### 5.2 Betekenis voor de diagnostiek

Zoals gezegd, slechts op basis van de te verwachten informatie mag een foto wor-



Afb. 2. Foto a en foto b zijn gemaakt met een tussenpoos van enige maanden om het genezingsproces van een periapicale ontsteking te volgen. Het subtractiebeeld c is het verschil van de foto's a en b. Het subtractiebeeld geeft duidelijker de reductie van de laesie weer dan foto b (conventionele opname). Door middel van digitale beeldbewerking kan de afbeelding van de laesie uit het subtractiebeeld worden geïsoleerd (d).



den gemaakt. Wanneer door computerondersteuning de diagnostische opbrengst van een foto toeneemt, heeft dat effect op de afweging van voor- en nadelen van röntgenonderzoek. Uit afbeelding 3 blijkt dat een gunstiger verhouding tussen kosten en baten wordt verkregen door of wel 1. de hoeveelheid informatie per eenheid van dosis te vermeerderen of 2. eenzelfde hoeveelheid informatie met een lagere dosis te verkrijgen. In de praktijk zal meestal sprake zijn van een combinatie van beide mogelijkheden. De computer zal de hoeveelheid informatie per dosis maximaliseren.

## 6 Besluit

De röntgendiagnostiek biedt voor de patiënt voordelen (informatie) en nadelen (mogelijke stralingsschade). De nadelen leiden tot de volgende (wettelijke) voorschriften:

- zonder medische indicatie mag geen radiologische handeling worden verricht (rechtvaardigingsprincipe);
- als tot een opname wordt besloten dient de dosis voor de patiënt zo laag te worden gehouden als redelijkerwijs kan worden geëist (ALARA-principe).

De tandarts moet regelmatig nagaan of apparatuur en procedures (nog) in overeenstemming zijn met de gangbare inzichten, die onderhevig zijn aan technische en wetenschappelijke ontwikkelingen. Een van de ontwikkelingen is de toepassing van de computer ter ondersteuning van het diagnostische proces en ter objectivering van de interpretatie. Steeds moet het streven zijn om met zo min mogelijk straling de minimaal vereiste hoeveelheid diagnostische informatie te verzamelen.



Afb. 4. Een optimale opnametechniek voor tandheelkundige röntgenopnamen maakt gebruik van een röntgentoestel met open tubus en instel-apparaat; de bediener van het röntgentoestel bevindt zich tijdens de opname achter een afschermd wand.

## Summary

### SAFE AND EFFECTIVE USE OF IONISING RADIATION

Key words: Radiography – Radiation protection

Radiographs are a useful diagnostic tool on the condition that certain safety measures are exercised. The knowledge and skilfulness of the dentist are important factors in reducing the dose to the patient. Periodical assessment of the X-ray equipment and refresher courses are therefore essential in maintaining the quality of the radiodiagnostic procedure.

Computer aided diagnosis will be increasingly important for the diagnostic process: more and more information on dental abnormalities will be obtained with a decreasing radiation dose.

## Literatuur

- <sup>1</sup>INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 26. Oxford: Pergamon Press, 1977.
- <sup>2</sup>INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Protection of the patient in diagnostic radiology. Publication 34. Oxford: Pergamon Press, 1982.
- <sup>3</sup>RAAD VAN EUROPESE GEMEENSCHAPPEN. Richtlijn van de Raad tot vaststelling van fundamentele maatregelen met betrekking tot de stralingsbescherming van personen die medisch worden onderzocht of behandeld. Brussel: 3 september 1984, 84/466/Euratom.
- <sup>4</sup>Besluit stralingsbescherming Kernenergiewet. Stb. 465 van 10 september 1986 en gewijzigd Stb. 607 van 20 december 1988.
- <sup>5</sup>ARNOLD LV, DUINKERKE ASH, VAN DER STELT PF. Tandheelkundige radiologie: handboek voor de dento-maxillo-faciale radiologie. Alphen aan den Rijn: Samsom Stafleu, 1984.
- <sup>6</sup>HUYSKENS CHRJ. Grondbeginselen en normen in de stralingshygiëne. In: Aten JB et al (red.). Straling in de samenleving. Bronnen, effecten en toepassingen van ioniserende straling. Alphen aan den Rijn/Brussel: Stafleu, 1981.
- <sup>7</sup>VELDERS XL. Patient dose due to bitewing radiography. Den Haag: Staatsuitgeverij, 1989.