

Het gebruik van een loodkraag bij intraorale röntgenopnamen

K. Schmidt¹
 X.L. Velders¹
 F.C. van Ginkel²
 P.F. van der Stelt¹

Samenvatting

DOEL. Het met behulp van een kosten-batenanalyse vaststellen of een loodkraag een redelijke maatregel is om de risico's van blootstelling aan straling bij intraorale röntgenopnamen te beperken.

OPZET. In de schildklier van een weefselequivalent fantoom werden dosismetingen uitgevoerd om het effect van een loodkraag bij intraorale röntgenopnamen te bepalen.

PLAATS. Vakgroep Tandheelkundige Radiologie ACTA.

METHODE. Met behulp van TLDs werden dosismetingen in de schildklier van het fantoom uitgevoerd. De effecten van de loodkraag op de gemiddeld geabsorbeerde doses in de schildklier tijdens intraorale röntgenopnamen, met of zonder loodkraag, werden vergeleken met behulp van een variantie-analyse.

RESULTATEN. De equivalente dosis in de schildklier was significant lager wanneer bij periapicale opnamen een loodkraag werd gebruikt ($p < 0,05$). Bij bitewing-röntgenopnamen werd geen effect van de loodkraag gevonden ($p > 0,05$). Met behulp van een kosten-batenanalyse werd bepaald dat de baten van een loodkraag pas na meer dan 40 jaar opwegen tegen de kosten.

CONCLUSIE. Volgens het ALARA-principe lijkt collectief gebruik van een loodkraag niet zinvol.

SCHMIDT K, VELDEERS XL, GINKEL FC VAN, STELT PF VAN DER. Het gebruik van een loodkraag bij intraorale röntgenopnamen. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1998; 105: 209-212.

Uit ¹de vakgroep Tandheelkundige Radiologie en ²de afdeling Automatisering van het Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam (ACTA).

Trefwoorden: Radiologie _ Stralingsrisico

Datum van acceptatie: 21 april 1998.

Adres: Mw. dr. X.L. Velders, ACTA, Louwesweg 1, 1066 EA Amsterdam.

1 Inleiding

Aan het gebruik van röntgenstraling zijn risico's verbonden. De risico's die het gevolg zijn van blootstelling aan röntgenstraling voor diagnostische doeleinden, worden in het algemeen aanvaardbaar geacht wanneer de voordelen van de röntgenstraling opwegen tegen de nadelen. Deze afweging van de voor- en nadelen van de blootstelling aan röntgenstraling wordt het rechtvaardigingsprincipe genoemd. Dit rechtvaardigingsprincipe vormt één van de uitgangsprincipes van de stralingsbescherming.

Een tweede uitgangsprincipe van de stralingsbescherming is het ALARA-principe. ALARA is het acroniem van As Low As Reasonably Achievable. Dit principe behelst dat er bij iedere blootstelling aan röntgenstraling voor moet worden gezorgd, dat de daarmee gepaard gaande risico's zo laag als redelijkerwijs haalbaar worden gehouden. Het ALARA-principe vraagt derhalve om een toetsing van de mogelijkheden tot vermindering van de blootstelling aan straling. Bij de toetsing dient rekening te worden gehouden met sociale en economische factoren.

De risico's van tandheelkundige röntgenopnamen kunnen worden vergeleken met behulp van de effectieve dosis. De effectieve dosis is de gemiddeld geabsorbeerde dosis in organen, waarvan de gevoeligheid op het ontstaan van tumoren door blootstelling aan straling bekend is (ICRP, 1991). Tot deze organen behoort de schildklier. Bij tandheelkundige röntgenopnamen vormt de blootstelling van de schildklier aan röntgenstraling een belangrijke bijdrage aan de effectieve dosis (Velders *et al*, 1991). Afscherming van de schildklier kan dus leiden tot een vermindering van de risico's van tandheelkundige röntgenopnamen.

Bij intraorale röntgenopnamen wordt de blootstelling aan röntgenstraling van organen als de schildklier of de gonaden vooral veroorzaakt door verstrooide straling. Afscherming tegen verstrooide straling is slechts dan zinvol wanneer het organen betreft die op geringe afstand van de primaire bundel zijn gelegen. Het gebruik van een loodschort (zonder kraag) ter bescherming van de gonaden is voor tandheelkundige

röntgenopnamen zinloos, aangezien de gonaden op meer dan 5 cm van de primaire bundel zijn gelegen (ICRP, 1982). Bij intraorale röntgenopnamen is de schildklier op geringe afstand van de primaire bundel gelegen. Afscherming van de schildklier lijkt daarom wel zinvol. Afschermen kan met een loodschild of een loodkraag (afb. 1) (Stenström *et al*, 1983). Wanneer gebruikgemaakt wordt van een loodkraag, is men minder op de medewerking van de patiënt aangewezen (Whitcher *et al*, 1979). Het is echter de vraag of het gebruik van een loodkraag een maatregel is waarmee de blootstelling aan straling zodanig kan worden gereduceerd, dat de baten van de maatregel opwegen tegen de kosten. Daarom wordt in het onderhavige onderzoek bepaald wat het effect van een loodkraag is. Op grond hiervan wordt nagegaan of het gebruik van een loodkraag volgens het ALARA-principe een redelijke stralingsbeschermende maatregel is.

2 Materiaal en methode

Voor het onderzoek werd gebruikgemaakt van een Siemens Heliodont DC (Siemens AG, Bensheim, Germany). De Siemens Heliodont is een multipuls apparaat met een buisspanning van 60kV. De belichting werd ingesteld door middel van de automatische timer die bij het apparaat hoort. Voor de experimenten werden opnamen gemaakt van de incisieven, de cuspidaten, de premolaren en de molaren in de boven- en onderkaak en bitewing-opnamen in het premolaar- en molaargebied. De opnamen werden gemaakt volgens de bisectriceregeltchniek. De gekozen belichtingstijden waren geschikt voor gebruik bij Ektaspeed-films (Kodak, Rochester, NY, USA). Voor de dosismetingen werd gebruikgemaakt van 100 thermoluminescentie dosimeters (TLD-100, Harshaw, Solon, OH, USA): 84 TLDs voor dosismetingen, 16 ter controle. Alle TLDs werden uitgelezen in een Harshaw TL Detector Model 2000D in combinatie met Picoammeter, model 2000B (Harshaw, Solon, OH, USA). Voorafgaand aan elke meting werden de TLDs 'geanneald' volgens een standaardprocedure. Voor iedere meting werden 7 TLDs op diverse



Afb. 1. Afscherming van de schildklier met behulp van een loodschild (links) of een loodkraag (rechts).



van de rechthoekige tubus ($p < 0,05$). Door de loodkraag werd de gemiddeld geabsorbeerde dosis in de schildklier bij gebruik van een ronde tubus met $2\mu\text{Sv}$ gereduceerd en bij gebruik van een rechthoekige tubus met $1\mu\text{Sv}$. Het effect van de loodkraag verschilde ook significant bij bitewing-opnamen van het premolaargebied in vergelijking met opnamen in het molaargebied ($p < 0,05$). Bij opnamen van het premolaar- en molaargebied werd de gemiddeld geabsorbeerde dosis door gebruik van de loodkraag met $1\mu\text{Sv}$ gereduceerd.

locaties geplaatst in de schildklier van een Alderson Rando fantoom (Alderson Research Laboratories, Stanford, CN, USA)(afb. 2).

Tijdens de metingen werd al dan niet gebruikgemaakt van een loodkraag en van een ronde (diameter 6 cm aan het einde van de tubus) of een rechthoekige röntgenbundel (3,5 cm x 4,5 cm aan het einde van de tubus). De metingen werden afzonderlijk uitgevoerd bij periapicale opnamen in boven- en onderkaak, van de incisieven, de cuspidaten, de premolaren en de molaren. Er werden eveneens metingen uitgevoerd tijdens bitewing-opnamen in het premolaar- en molaargebied. Voor iedere meting werd 100 keer de belichtingstijd gebruikt om verzekerd te zijn van voldoende respons van de TLDs. Alle metingen werden 3 keer uitgevoerd. De respons van de TLDs werd uitgelezen in nC. Deze waarden werden omgerekend in Gy (1 Gray = 1 J/kg) op basis van ijkingen van de TLDs met een Cs-137 bron (662 keV, 2,5 mGy in lucht, 2,33 mGy in LiF). Omdat de respons van TLDs energie-afhankelijk is, werd een correctiefactor gebruikt (Hubbel, 1982). Per meting werd op basis van de respons van 7 TLDs de gemiddeld geabsorbeerde dosis in de schildklier berekend. De gemiddeld geabsorbeerde dosis of equivalente dosis heeft de SI eenheid Sievert (1 Sv = 1 J/kg).

De gemiddeld geabsorbeerde dosis in de schildklier werd vergeleken met behulp van een variantie-analyse (General linear model in SPSS for Windows, release 7.5)(overschrijdingskans van 5%, $p < 0,05$). Hierbij is de geabsorbeerde dosis de afhankelijke variabele. Het effect van de loodkraag is een 'between-subjects'-effect; het type tubus, de plaats van de röntgenopname en de kaakhelft zijn 'within-subjects'-effecten.

3 Resultaten

De resultaten van de opnamen met ronde en rechthoekige tubus zijn weergegeven in tabel 1. Voor de bitewing-röntgenopnamen werden geen significante verschillen gevonden tussen de geabsorbeerde dosis in de schildklier met en zonder loodkraag ($p > 0,05$). Wel was bij gebruik van een ronde tubus het effect van de loodkraag significant groter dan bij gebruik

De resultaten van periapicale opnamen met de ronde en de rechthoekige tubus in onder- en bovenkaak zijn weergegeven in tabel 2. Voor periapicale röntgenopnamen werden significante verschillen gevonden tussen de geabsorbeerde dosis in de schildklier met en zonder loodkraag ($p < 0,05$). De effecten van de loodkraag verschilden significant wanneer gebruikgemaakt werd van een ronde of een rechthoekige tubus bij opnamen van onder- of bovenkaak ($p < 0,05$). In de bovenkaak werd de gemiddeld geabsorbeerde dosis in de schildklier door de loodkraag gereduceerd met $41\mu\text{Sv}$ bij een ronde tubus en met $6\mu\text{Sv}$ bij een rechthoekige tubus. In de onderkaak bedroeg de reductie respectievelijk $2\mu\text{Sv}$ en $1\mu\text{Sv}$.

Het effect van de loodkraag verschilde significant, afhankelijk van de plaats waar de opnamen werden gemaakt (incisieven, cuspidaten, premolaren en molaren). Dit is te zien in tabel 3. De grootste reductie werd bereikt bij opnamen van de incisieven in de bovenkaak: $44\mu\text{Sv}$, de kleinste bij opnamen van de molaren in de bovenkaak en de incisieven, de cuspidaten en de premolaren in de onderkaak: $2\mu\text{Sv}$. Gemiddeld werd de dosis met $12\mu\text{Sv}$ gereduceerd: $23\mu\text{Sv}$ in de bovenkaak en $2\mu\text{Sv}$ in de onderkaak.

4 Discussie en conclusies

Bij bitewing-opnamen en periapicale opnamen van de onderkaak wordt de gemiddeld geabsorbeerde dosis in de schildklier veroorzaakt door verstrooide straling. Het oppervlak van de röntgenbundel is van invloed op de hoeveelheid verstrooide straling. Het bundeloppervlak van een ronde tubus met een diameter van 6 cm bedraagt 28 cm^2 , het bundeloppervlak van een rechthoekige tubus bedraagt in het algemeen 16 cm^2 . Het verschil in bundeloppervlak (bijna een factor 2) verklaart het verschil in de gemiddeld geabsorbeerde dosis (ongeveer een factor 2) in de schildklier bij gebruik van een ronde of een rechthoekige tubus. Een deel van de straling die in de schildklier

Tabel 1. Equivalente dosis in de schildklier (μSv) met en zonder loodkraag door bitewing-opnamen met ronde of rechthoekige tubus, in premolaar- of molaargebied.

	Type tubus		Gebied	
	Rond	Recht	Premolaar	Molaar
Zonder loodkraag	7	3	4	6
Met loodkraag	5	2	3	5

Tabel 2. Equivalente dosis in de schildklier (μSv) met en zonder loodkraag door periapicale röntgenopnamen in onder- en bovenkaak met ronde of rechthoekige tubus.

	Bovenkaak		Onderkaak	
	Rond	Recht	Rond	Recht
Zonder loodkraag	50	10	6	3
Met loodkraag	9	4	4	2

wordt geabsorbeerd, is afkomstig van de straling die in het lichaam van de patiënt wordt verstrooid. Dit deel van de verstrooide straling kan niet met behulp van een loodkraag worden gereduceerd. Het deel van de verstrooide straling dat inwendig wordt verstrooid en zo de schildklier bereikt, is groter dan het deel dat via de huid de schildklier bereikt. Daarom is bij bitewing-opnamen en periapicale opnamen van de onderkaak het effect van bundelbeperking groter dan het effect van de loodkraag.

De gemiddeld geabsorbeerde dosis in de schildklier door bitewing-opnamen van de premolaren met en zonder loodkraag is vergelijkbaar met de gemiddeld geabsorbeerde dosis ten gevolge van periapicale opnamen van de premolaren in de onderkaak. De verticale instelling van de röntgenbundel bij bitewing-opnamen verschilt weliswaar van die bij periapicale opnamen, maar de afstand van de primaire bundel tot de schildklier is vergelijkbaar. Omdat ook de belichtingstijd van beide opnamen nauwelijks verschilt, is de hoeveelheid verstrooide straling die ontstaat vergelijkbaar en daarmee ook het effect van de loodkraag.

De gemiddeld geabsorbeerde dosis ten gevolge van een opname van de incisieven in de onderkaak is lager dan die van de cuspidaten en de premolaren, omdat de belichtingstijd korter is. De gemiddeld geabsorbeerde dosis ten gevolge van opnamen van de molaren in de onderkaak is hoger dan die van de cuspidaten en de premolaren, omdat de belichtingstijd langer is. Het effect van de loodkraag is vergelijkbaar.

Doordat de schildklier tijdens periapicale opnamen in de bovenkaak met een ronde tubus gedeeltelijk in de primaire bundel is gelegen, is het effect van de loodkraag groot. De schildklier wordt dan niet meer aan primaire straling blootgesteld. De hoeveelheid straling waaraan de schildklier bij gebruik van de loodkraag wordt blootgesteld, is vergelijkbaar met de hoeveelheid bij gebruik van een rechthoekige tubus zonder loodkraag. Bij opnamen van de bovenkaak met een rechthoekige tubus ligt de schildklier niet in de primaire bundel, ook al wordt er geen loodkraag gebruikt. Bij gebruik van de rechthoekige tubus wordt de geabsorbeerde dosis in de schildklier geheel veroorzaakt door verstrooide straling. Een deel van de verstrooide straling in de schildklier is afkomstig van verstrooiing in de patiënt. Hierop heeft een loodkraag geen effect. Een ander deel van de verstrooide straling bereikt de schildklier via de huid. Hierop heeft een loodkraag wel effect. Dit heeft tot gevolg dat de gemiddeld geabsorbeerde dosis in de schildklier bij opnamen van de bovenkaak met behulp van een loodkraag kan worden gereduceerd.

Bij toepassing van stralingsbeschermende maatregelen kan een afweging worden gemaakt tussen de kosten van de maatregel en de baten. Hiervoor wordt in het algemeen gebruikgemaakt van een zogenaamde kosten-batenanalyse waarbij de kosten en de baten worden uitgedrukt in geld. De baten van de



Afb. 2. Alderson Rando fantoom zonder (links) en met (rechts) loodkraag.



loodkraag kunnen worden berekend op basis van een aantal aannamen. De kans op het ontstaan van een fatale tumor in de schildklier door blootstelling aan straling wordt geschat op $0,25/10^{-4}$ pYSv. In Nederland worden jaarlijks naar schatting 6.10^6 intraorale opnamen gemaakt (Velders, 1989; Van Aken, 1991). Wanneer uitsluitend bitewing-opnamen worden gemaakt met een rechthoekige tubus en een loodkraag, dan worden jaarlijks $6.10^6 \times 0,25/10^{-4}$ Sv $\times 2 \mu\text{Sv} = 3.10^{-4}$ mensenlevens gespaard ten opzichte van de situatie zonder loodkraag. Wanneer uitsluitend periapicale opnamen worden gemaakt dan worden jaarlijks 18.10^{-4} mensenlevens gespaard. De kosten van een statistisch mensenleven bedragen naar schattingen van het International Atomic Energy Agency 2,5 – 4,5 miljoen euro's (IAEA, 1996). Wanneer in Nederland uitsluitend bitewing-opnamen worden gemaakt dan zouden door het gebruik van een loodkraag jaarlijks 1100 euro's (750-1350) worden uitgespaard, bij periapicale opnamen zouden dit jaarlijks 6300 (4500-8100) euro's zijn. In Nederland zijn naar schatting 6300 tandartsen en tandartspecialisten werkzaam (bron: NMT). Wanneer zij allen een loodkraag zouden gebruiken, dan zou de besparing maximaal 1 euro per tandarts per jaar zijn. De kosten van een loodkraag bedragen ongeveer 40 euro's. Wanneer uitsluitend periapicale opnamen worden gemaakt, dan zouden de baten van een loodkraag na ongeveer 40 jaar de kosten overtreffen, bij bitewing-opnamen na meer dan 200 jaar. Afhankelijk van de verhouding tussen het aantal bitewing opnamen en het aantal periapicale opnamen duurt het langer dan 40 jaar voordat de kosten van een loodkraag opwegen tegen de baten.

Wanneer gebruikgemaakt wordt van een ronde tubus en een loodkraag dan is de periode waarna de baten van de loodkraag opwegen tegen de kosten korter dan wanneer gebruik wordt gemaakt van een rechthoekige tubus. De reductie van de gemiddeld geabsorbeerde dosis in de schildklier door de loodkraag is vergelijkbaar met de reductie door beperking van het bundeloppervlak. Beperking van het bundeloppervlak door middel van een rechthoekige tubus heeft echter niet alleen invloed op de gemiddeld geabsorbeerde dosis in de schildklier maar ook op andere organen die aan straling worden blootgesteld. Gebruik van een rechthoekige tubus resulteert derhalve in een grotere reductie van het risico dan gebruik van een loodkraag. De baten van een rechthoekige tubus wegen reeds na ongeveer 5 jaar op tegen de kosten (Velders, 1989). Het gebruik van een rechthoekige tubus verdient derhalve altijd de voorkeur boven het gebruik van een loodkraag.

Bij de afweging of een stralingsbeschermende maatregel toegepast moet worden, dient behalve met economische factoren ook rekening te worden gehouden met sociale factoren. Met de huidige ontwikkelingen op het gebied van de digitale

Tabel 3. Equivalente dosis in de schildklier (μSv) met en zonder loodkraag door periapicale röntgenopnamen in onder- of bovenkaak van incisieven, cuspidaten, premolaren en molaren.

	Bovenkaak				Onderkaak			
	Inc	Cusp	Prem	Mol	Inc	Cusp	Prem	Mol
Zonder loodkraag	50	30	32	7	3	4	4	7
Met loodkraag	6	6	10	5	1	2	3	4

radiologie zullen er binnen de gestelde periode van 40 jaar naar verwachting mogelijkheden ontstaan om de blootstelling aan straling verder te reduceren. Hierdoor zal het effect van een loodkraag steeds geringer worden. Bovendien lijkt een levensduur van ruim 40 jaar voor verbruiksartikelen zoals een loodkraag erg lang. Een voordeel van het gebruik van een loodkraag kan zijn dat de patiënt meent dat de tandarts aandacht besteedt aan stralingsbescherming. Wanneer de tandarts de loodkraag echter gebruikt in combinatie met een ronde tubus (in plaats van een rechthoekige tubus) dan is het gevoel van de patiënt onterecht.

Het gebruik van een loodkraag kan een patiënt ongerust maken over de gevolgen van blootstelling aan straling. Dit lijkt zich echter nauwelijks voor te doen. De ervaring heeft geleerd dat afschaffing van bijvoorbeeld een loodschoot bij patiënten nauwelijks vragen oproept. De meeste patiënten hebben nog steeds vertrouwen in de maatregelen die een tandarts treft.

De beslissing om een loodkraag te gebruiken dient te liggen bij de individuele tandarts. Wanneer gebruikgemaakt wordt van een rechthoekige tubus en een loodkraag dan kan het risico voor de patiënt in geringe mate worden gereduceerd ten opzichte van het gebruik van een rechthoekige tubus zonder loodkraag. Echter, door de lange periode waarna de baten van de loodkraag opwegen tegen de kosten, zal de loodkraag naar verwachting door effectievere stralingsbeschermende maatregelen worden ingehaald. Het collectieve gebruik van een loodkraag lijkt derhalve niet zinvol.

Dankwoord

Het onderzoek is tot stand gekomen met financiële ondersteuning van de Interuniversitaire Onderzoeksschool (IOT).

Literatuur

- AKEN J VAN. Het verbruik van intra-orale röntgenfilms in de periode 1958-1988. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1991; 98: 362-364.
- HUBBEL JH. Photon mass attenuation and energy-absorption coefficients from 1 keV to 20 MeV. *Int J Appl Radiation Isot* 1982; 33: 1269-1290.
- IAEA. Electricity, Health and the Environment: Comparative Assessment in Support of Decision Making. *Proc Int Symp Vienna, IAEA-SM-338*. Vienna: IAEA, 1996.
- ICRP. Publication 34. Protection of the patient in diagnostic radiology. *Annals of the ICRP*. Volume 9 no. 2/3. Oxford: Pergamon Press, 1982.
- ICRP. Publication 55. Optimization and decision-making in radiological protection. *Annals of the ICRP*. Volume 20 no. 1. Oxford: Pergamon Press, 1989.
- ICRP. Publication 60. 1990 Recommendations of the international commission on radiological protection. *Annals of the ICRP*. Volume 21 no. 1-3. Oxford: Pergamon Press, 1991.
- STENSTRÖM B, REHNMARK-LARSSON S, JULIN P, RICHTER S. Radiation shielding in dental radiography. *Swed Dent J* 1983; 7: 85-91.
- VELDERS XL. Patient exposure due to bitewing radiography. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, 1989. Academisch proefschrift.
- VELDERS XL, AKEN J VAN, STELT PF VAN DER. Risk assessment from bitewing radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1991; 20: 209-213.
- WHITCHER BL, GRATT BM, SICKLES EA. Leaded shields for thyroid dose reduction in intraoral dental radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1979; 48: 567-570.

Summary

THE USE OF A THYROID COLLAR FOR INTRAORAL RADIOGRAPHY

Key-words: Dental radiology – Radiation dosage – Radiation protection

OBJECTIVE. To determine whether a thyroid collar is a reasonable measure to reduce patient exposure from intraoral radiography (cost benefit analysis).

DESIGN. In the thyroid gland of a Rando phantom dose measurements were carried out to determine the effect of a thyroid collar during intraoral radiography.

SETTING. Department of Oral Radiology at ACTA, Amsterdam.

METHODS. Dose measurements were carried out using LTDs. The average absorbed dose to the thyroid gland with and without thyroid collar from intraoral radiography was compared using an analysis of variance.

RESULTS. For periapical radiographs the equivalent dose to the thyroid gland was significantly lower ($p < 0.05$) when a thyroid collar was used. For bitewing radiography there were no significant effects of the thyroid collar ($p > 0.05$). The cost benefit analysis showed that it takes more than 40 years before the benefits of a thyroid collar exceed the costs.

CONCLUSION. Collective use of thyroid collars therefore does not seem to be a reasonable measure to optimize radiological protection during intraoral radiography.