

*Uit de Conserverende Afdeling van het
Tandheelkundig Instituut der Rijks
Universiteit te Utrecht.*

BESCHERMENDE MAATREGELLEN TEGEN
RÖNTGENSTRALLEN IN DE
TANDHEELKUNDIGE PRAKTIJK*

DOOR

J. VAN AKEN,

De toenemende aandacht die men aan de gevaren verbonden aan het gebruik van ioniserende stralen besteedt, leidt tot de vraag, welke maatregelen genomen moeten worden bij de tandheelkundige toepassing van röntgenstralen.

Ter bescherming van diegenen die beroepshalve met röntgenstralen omgaan, gelden de richtlijnen van de International Commission on Radiological Protection (I.C.R.P.), en de hieraan aangepaste in Nederland geldende wettelijke bepalingen.

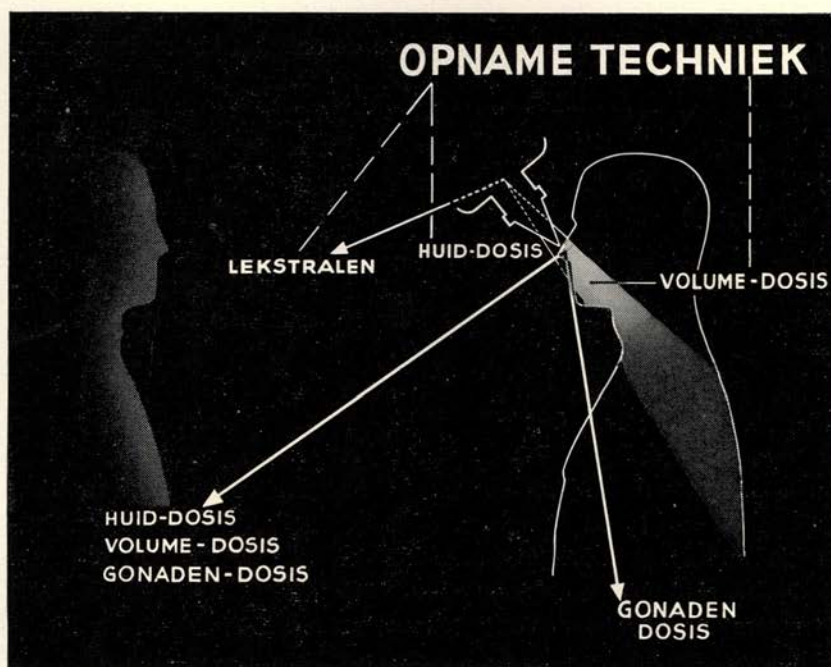
Ten aanzien van de patiënt kunnen we vaststellen, dat hier twee risico's tegen elkaar afgewogen moeten worden, namelijk de nadelige gevolgen verbonden aan het niet maken van de röntgenopnamen en de nadelige gevolgen van het wel maken van de opnamen. De bescherming van de patiënt behoort dus tot de verantwoordelijkheid van de operateur.

De vraag op welke wijze het mogelijk is vermindering te brengen in de dosis röntgenstralen, die de patiënt zowel als de operateur ontvangen, zal hier verder worden nagegaan.

De samenhang tussen de opnametechniek en de doseringen welke worden besproken, zijn in een schema weergegeven. (Afb. 1) Rechts bevindt zich de patiënt, waarbij een röntgenopname gemaakt wordt, op enige afstand links staat de operateur.

De kegel röntgenstralen welke gebruikt wordt om de opnamen mee te maken willen we de nuttige bundel noemen. De nuttige bundel treft in de

*) Voordracht gehouden op de najaarsvergadering 1959 van de Nederlandse Vereniging van Tandartsen.



Afb. 1. Schema van het verband tussen de belangrijkste röntgendoseringen.

eerste plaats de huid van de patiënt, dringt vervolgens in de weefsels door en geeft een gedeelte van zijn energie af.

De dosering ter plaatse van de huid wordt met de huiddosering aangeduid. De energie afgifte in het weefsel wordt uitgedrukt in de volumedosis, of integrale geabsorbeerde dosis.

Secundaire stralen zijn in hoofdzaak van belang, voor zover zij uitgaan van de oppervlakkige lagen van het gebied dat door de nuttige bundel getroffen wordt. Deze secundaire stralen worden in alle richtingen uitgezonden. De gonadendosis van de patiënt en de dosis die de operateur ontvangt zijn de belangrijkste doseringen door de secundaire stralen veroorzaakt.

Ook lekken er nog stralen door de omhulling van de röntgenbuis (lekstralen), die de patiënt en de operateur kunnen bereiken. Achtereenvolgens zullen ter sprake komen de maatregelen die kunnen leiden tot een reductie van de huiddosering, de volumedosis en de gonadendosis van de patiënt, als ook de dosis die de operateur ontvangt.

Voordat de eigenlijke opnametechniek ter sprake komt, mogen enkele opmerkingen over het filmmateriaal en de ontwikkeltechniek niet ontbreken.

De juiste verwerking van het filmmateriaal is namelijk niet alleen noodzakelijk om goede resultaten te bereiken, doch eveneens van belang uit het oogpunt van bescherming.

Een mislukte foto heeft immers tot gevolg dat de opname overgemaakt wordt, waardoor de patiënt een tweemaal zo hoge dosis ontvangt. Is door een slechte ontwikkeltechniek de foto te licht, dan wordt de belichtingstijd onnodig verlengd, waardoor eveneens de dosering verhoogd wordt.

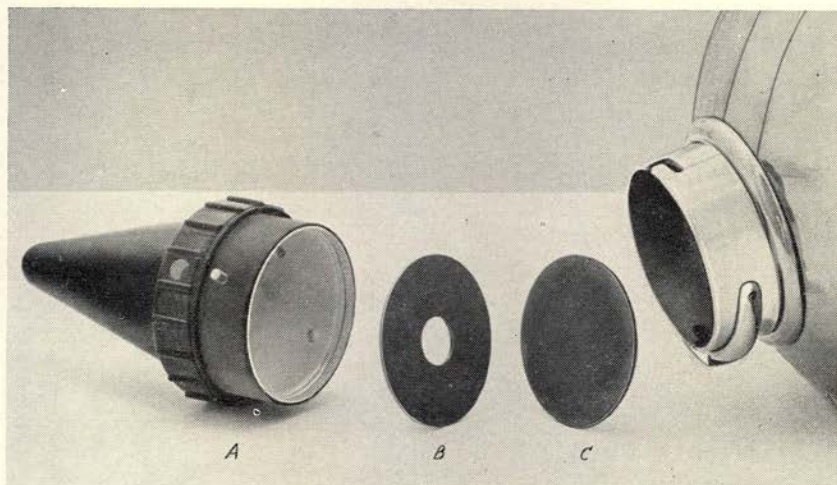
Om tot optimale beelden te komen is het daarom gewenst steeds nieuw (niet verlopen) filmmateriaal te gebruiken. Films die oud zijn, kunnen door verschillende oorzaken gesluierd zijn en daardoor minderwaardige resultaten opleveren. Ook de ontwikkeltechniek moet in overeenstemming met de andere fasen van de opname-procedure nauwgezet geschieden. Dit houdt in dat de ontwikkel- en fixeervloeistoffen vers en van de juiste samenstelling moeten zijn, terwijl tijdens het gebruik de juiste temperatuur aangehouden dient te worden.

Indien de ontwikkeltechniek voldoende gestandaardiseerd is dient men hiernaar de belichting te regelen. Meestal gebeurt dit door wijziging in de belichtingstijd. Bij iets meer uitgebreide apparaten kan men ook de intensiteit van de bundel regelen, door het aantal milliampères buisstroom te wijzigen. In dit geval hangt de belichting van het aantal mAsec. af. (intensiteit \times tijd = hoeveelheid straling).

De huiddosis van de patiënt

De huiddosis van de patiënt kan aanzienlijk variëren door wijzigingen in de opnametechniek. Achtereenvolgens zullen de belangrijkste maatregelen besproken worden, die de dosering kunnen verlagen.

In de eerste plaats is het van belang te zorgen dat de patiënt niet over een groter gebied aan röntgenstralen wordt blootgesteld dan strikt noodzakelijk is. De grootte van dit gebied wordt bepaald door de grootte van de opening in het röntgenapparaat, waardoor de stralen naar buiten treden. Meestal is deze uitsparing (diafragma) aangebracht in een loden schijf van ongeveer 1 mm dikte die voor de, in de omhulling aanwezige opening van het röntgenapparaat geplaatst is. (Afb.2) (Een loodplaat van 1 mm dikte absorbeert de straling praktisch geheel).



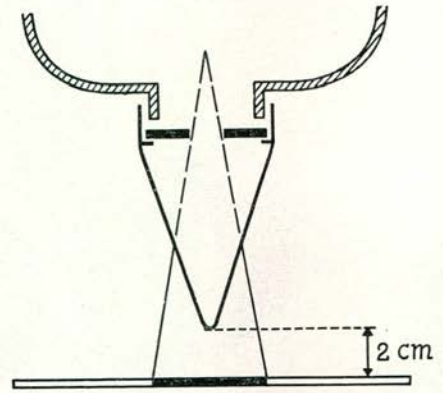
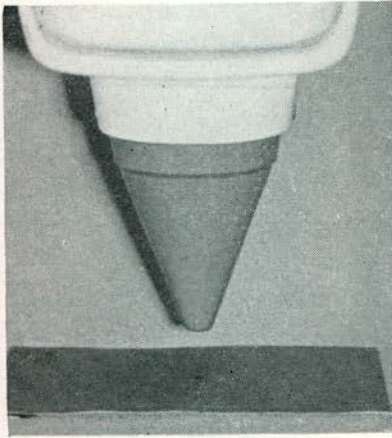
Afb. 2. Instelconus (A), diafragma (B) en aluminium filter (C) van een röntgenapparaat.

Het diafragma is te wijzigen door in het röntgenapparaat een andere loodschijf aan te brengen, met in het midden een opening van andere diameter. Het is van belang te inspecteren of een diafragma aanwezig is, en zo ja, na te gaan, of de opening van het diafragma de juiste afmeting heeft.

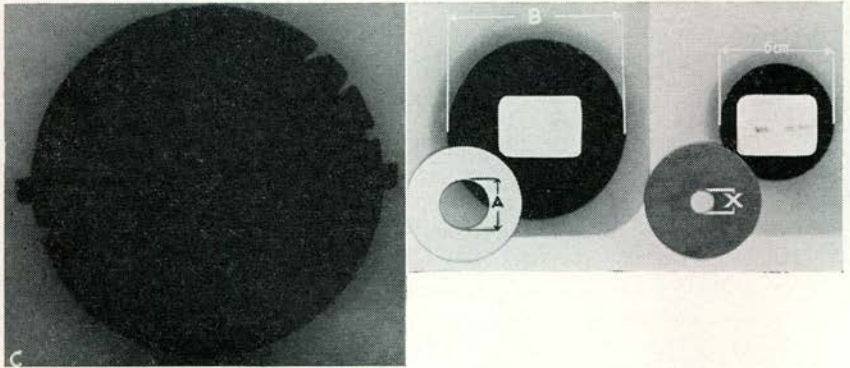
Daartoe maakt men een opname op een film op 2 cm afstand van de top van de conus. (Afb. 3) Voor intraorale opnamen met films 3×4 cm, moet de diameter van de zwarte vlek die op de film na ontwikkelen is ontstaan ongeveer 6 cm zijn. Wanneer nu blijkt dat de diameter niet de gewenste maat heeft, kan men aan de hand van de maat van het gebruikte diafragma en de hierbij behorende veldgrootte, de gewenste opening van het diafragma berekenen. (Afb. 4)

De linkse opname toont de veldgrootte bij een bepaald röntgenapparaat, indien in het geheel geen loden diafragma gebruikt wordt. *A* stelt de diameter voor van de opening in een gegeven, door de fabrikant geleverd, diafragma. *B* de diameter van de hierbij behorende veldgrootte in cm. Hieruit is *X*, de juiste diameter van het diafragma, te berekenen. ($A : B = X : 6$)

De huiddosis uitgedrukt in röntgeneenheden (*r*), ondergaat door verkleining van het bestraalde gebied praktisch geen verandering. Dit komt doordat de *r*. eenheid een maat is die de dosering in een punt aangeeft en dus geen rekening houdt met de uitgestrektheid van het veld. Door verkleining van het bestraalde gebied wordt echter de mate van overlapping van naast elkaar gelegen velden bij het maken van een röntgenstatus ge-



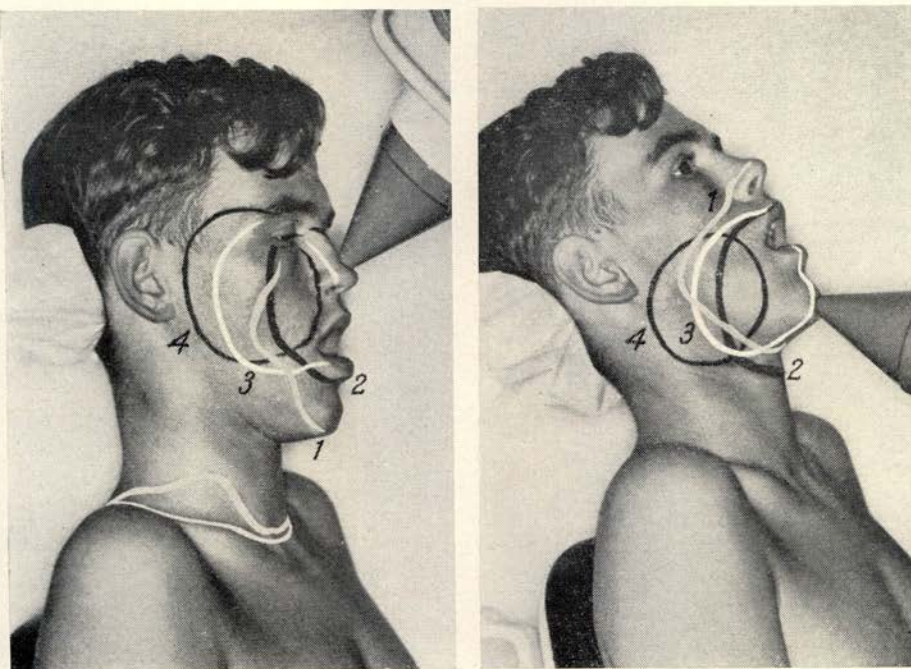
Afb. 3. Opstelling voor het maken van een röntgenopname ter bepaling van de veldgrootte (links) met een schema van de beeldvorming. (rechts)



Afb. 4. Veldgrootte van een bepaald röntgenapparaat bij opnamen zonder diafragma (C), met een te groot diafragma (A, B) en met een diafragma van de juiste maat. (X, 6 cm)

ringer. Hierdoor zullen dus de gebieden die vaker belicht worden en dus een hogere dosering ontvangen, kleiner worden.

Op afb. 5 en afb. 6 ziet men de ligging van de velden, resp. bij het maken van een röntgenstatus met een te groot diafragma en met een diafragma van de juiste maat.

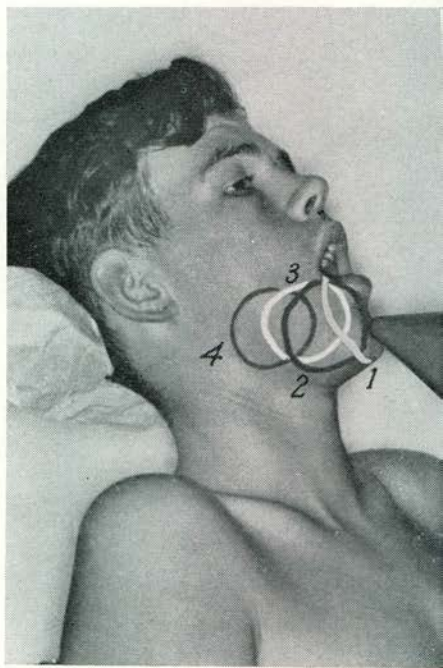


Afb. 5. Gebieden van de huid die aan de nuttige bundel worden blootgesteld bij een te groot diafragma. (Openingshoek van de bundel 28° , focus-huid afstand 18 cm, veld-diameter ter plaatse van de film 9,5 cm). Links: voor opnamen van incisieven (1) cuspidaat (2) premolaren (3) en molaren (4) in de bovenkaak. Rechts: voor opnamen van dezelfde elementen in de onderkaak.

Een factor die de huiddosis regelrecht beïnvloedt is de filmgevoeligheid.

De ene filmsoort vraagt een veel langere belichtingstijd dan de andere. De verhouding in belichtingstijd tussen op dit ogenblik in Nederland in de handel zijnde meest en minst gevoelige filmsoorten bedraagt liefst 1 : 34. De huiddosis zal hiermee dus in de verhouding 1 : 34 te wijzigen zijn. De grotere gevoeligheid gaat meestal gepaard met een grovere korrel van de film, waardoor detailverlies op kan treden. Het diagnostisch beoogde doel zal dus mede van invloed zijn op de keuze van de filmsoort.

Ten slotte is de huiddosis nog afhankelijk van het doordringingsvermogen van de gebruikte straling. Naarmate het doordringingsvermogen groter wordt, zal er minder energie in het weefsel blijven steken en daardoor de dosering lager worden. Twee middelen staan ons ten dienste om dit doordringingsvermogen van de bundel op te voeren.



Afb. 6. Gebieden van de huid die aan de nuttige bundel worden blootgesteld bij gebruik van een diafragma van de juiste maat. (Openingshoek van de bundel 16° , focus-huidafstand 18 cm, velddiameter ter plaatse van de film 6 cm). Links: voor opnamen van incisieven (1) cuspidaat (2) premolaren (3) en molaren (4) in de bovenkaak. Rechts: voor opnamen van dezelfde elementen in de onderkaak.

In de eerste plaats door de bundel door een aluminium filter te laten gaan. (Afb. 2). Hierdoor zal het gehalte van het stralenmengsel aan stralen met een gering doordringingsvermogen afnemen. Deze stralen blijven grotendeels in het filter steken. De bundel wordt homogener van samenstelling, de huiddosis neemt af. Deze maatregel wordt van zo groot belang geacht dat deze wijziging in de opnametechniek in sommige landen verplicht gesteld is. Van belang is dus te weten hoe dik dit filter moet zijn. Daartoe dienen we ons te realiseren dat de filtering van de röntgenbundel al in het inwendige van het röntgenapparaat aanvangt, nl. daar waar de stralen door de glaswand van de röntgenbuis, eventueel aanwezige olie en lagen van ander materiaal heen moeten dringen. Men kan bepalen met welke dikte aan aluminium deze filtering overeenkomt. Nauwkeuriger gesteld moet de vraag dus luiden: „Hoe dik moet het totale filter in de

röntgenbundel zijn". Algemeen wordt hiervoor aangegeven een dikte van 2 mm Al. We dienen dus zo nodig een filter aan te brengen van een zodanige dikte, dat deze samen met de aanwezige inherente filtering (uitgedrukt in mm Al.), minstens 2 mm bedraagt. Een filter van groter dikte doet de huiddosis nog meer dalen. Het effect neemt bij voortgezette filtering echter steeds meer af, doordat het stralenmengsel relatief steeds armer aan stralen met een gering doordringingsvermogen wordt. Doordat ook die stralen uit het stralenmengsel die een groter doordringingsvermogen hebben enigszins verzwakt worden, zal de belichtingstijd iets verhoogd moeten worden. Deze verlenging van de belichtingstijd kan bij een te zware filtering een bezwaar gaan vormen. Als zeer globale regel kan men aannemen dat voor elke mm Al. die toegevoegd wordt, de belichtingstijd met ongeveer 40% verlengd moet worden. De practicus moet door ervaring de juiste belichtingstijd bepalen. Door de filtering van de röntgenbundel verliezen de beelden iets aan contrast.

In de tweede plaats kan het doordringingsvermogen in de bundel verhoogd worden door de spanning aan het röntgenapparaat op te voeren. Bij apparaten waar dit mogelijk is kan hierdoor de huiddosis nog verder verlaagd worden. Bij deze maatregel neemt eveneens het contrast in het beeld af. Pogingen de huiddosis zo sterk mogelijk te reduceren door de spanning en de filtering steeds hoger op te voeren stuiten op het bezwaar dat de beelden steeds contrastarmer worden.

Samenvattend kan men dus zeggen dat: de waarden die gevonden worden voor de huiddosis dus afhankelijk zijn van:

1. de filmgevoeligheid
2. de filtering
3. het kilovoltage

Het diafragma heeft invloed op de grootte van het oppervlak van het bestraalde gebied, en niet direct op de huiddosis.

Ter oriëntatie over de hoogte van de doseringen, kan aangegeven worden, dat de huiddosis bij het maken van één enkele opname ongeveer ligt tussen 18 en 0,1 r. De dosisreductie gaat gepaard met contrastvermindering in het beeld en grovere korrel van de film. Hoe ver men kan gaan in de richting van de dosisreductie zal dus afhangen van de informatie die men wenst te verkrijgen, met andere woorden, aan de eisen die men aan een bepaalde foto stelt.

Wanneer we ons afvragen hoeveel schade dit kan berokkenen kunnen we

vaststellen dat de eerste reactie van de huid bestaat uit een haaruitval die optreedt na een dosering van ongeveer 400 r. Deze epilatie herstelt zich na enige weken. Deze dosering wordt dus in de tandheelkunde pas bereikt na het maken van 20 opnamen op dezelfde plaats met de meest ongunstige opname-methode; onder de meest gunstige omstandigheden draagt dit aantal echter 3600. Beschadigingen van de huid zijn dan ook niet als een risico te beschouwen in de tandheelkundige röntgendiagnostiek.

De volumedosis van de patiënt

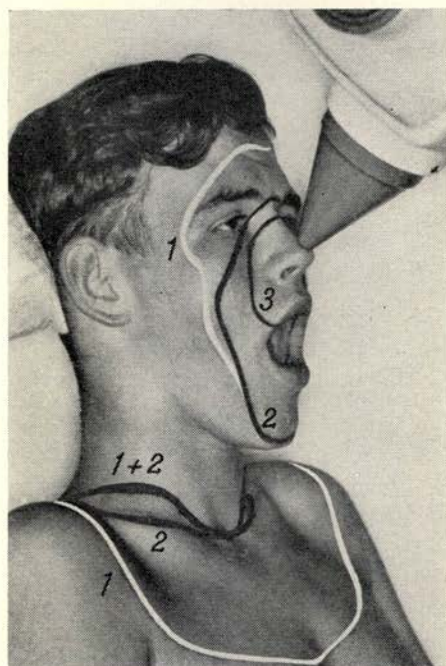
De volumedosis (integrale geabsorbeerde dosis) is een maat voor de totale hoeveelheid energie die in het weefsel wordt afgegeven. Over de grootte van de volumedosis is tot nu toe weinig bekend. Het spreekt vanzelf, dat bij verkleining van het diafragma de volumedosis afneemt, evenals bij het gebruik van gevoeliger filmsoorten. Hierbij moeten wij opmerken, dat behalve met de geabsorbeerde energie rekening gehouden moet worden met de verschillen in gevoeligheid van de diverse getroffen weefsels. Een speciale plaats nemen de gonaden in, die weliswaar een zeer geringe bijdrage tot de volumedosis leveren, waarin echter zo belangrijke biologische effecten van de straling kunnen plaatsvinden, dat zij een aparte bespreking behoeven.

De gonadendosis van de patiënt

Wanneer wij willen zorgen dat de gonaden een lage dosis ontvangen, moet voorkomen worden, dat ze zich in de nuttige bundel bevinden. Indien we hiervoor zorgen, zullen alleen secundaire stralen, die een veel geringere intensiteit hebben, de gonaden treffen. Dit doel wordt bereikt door te zorgen dat de bundel röntgenstralen die we gebruiken een zo klein mogelijke openingshoek heeft. Dit impliceert het gebruik van een klein diafragma. Bij opnamen van het bovenfront is de kans dat de gonaden in de nuttige bundel komen het grootst. Bij deze opnamen wordt de patiënt meestal zo geplaatst dat het vlak van occlusie van de boven-elementen zich in een horizontaal vlak bevindt.

Afb. 7 geeft de veldgrootte weer zonder diafragma, met een te groot diafragma, en met een diafragma van de juiste afmetingen.

Ongunstiger wordt de situatie bij een opbeetopname, terwijl de kans dat de gonaden getroffen worden zeer groot is bij een overzichtsfoto van de gehele bovenkaak. (Afb. 8 en Afb. 9). Behalve de veldgrootte zal ook de positie van het hoofd ten opzichte van de rest van het lichaam van de

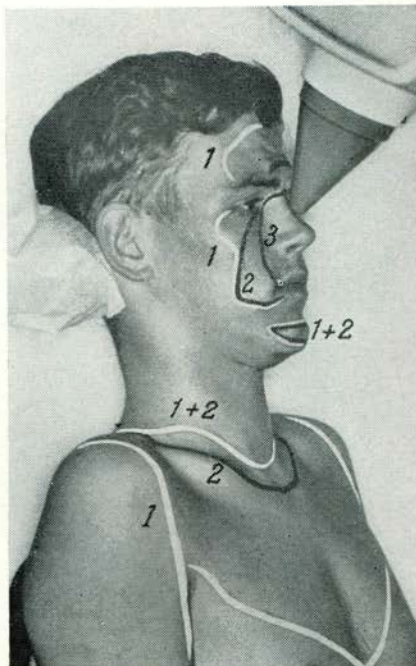


Afb. 7. Gebieden van de huid die aan de nuttige bundel worden blootgesteld bij opnamen van de bovenincisieven.

1. zonder diafragma
2. met een te groot diafragma
3. met een diafragma van de juiste maat.

patiënt van invloed zijn. Het is echter mogelijk door wijziging van de stand van het hoofd van de patiënt te zorgen, dat de nuttige bundel buiten de gonaden valt. (Afb. 10). Door gebruik te maken van een loodschort is de dosering nog verder te reduceren.

Ten slotte is het zonder meer duidelijk, dat de gonadendosis direct afhankelijk is van de filmgevoeligheid. Indien de nuttige bundel onvoldoende beperkt is of ongunstig gericht wordt, zal de gonadendosis maximaal ongeveer 260 mr. (milliröntgen) kunnen bedragen. (o.a. ongevoelige filmsoort). Is de bundel voldoende beperkt zodat alleen secundaire stralen de gonaden treffen dan bedraagt voor een middelmatig gevoelige film de dosis ongeveer 0,5 mr. Het gebruik van de snelste filmsoort, brengt een verdere reductie teweeg tot ongeveer 0,03 mr.



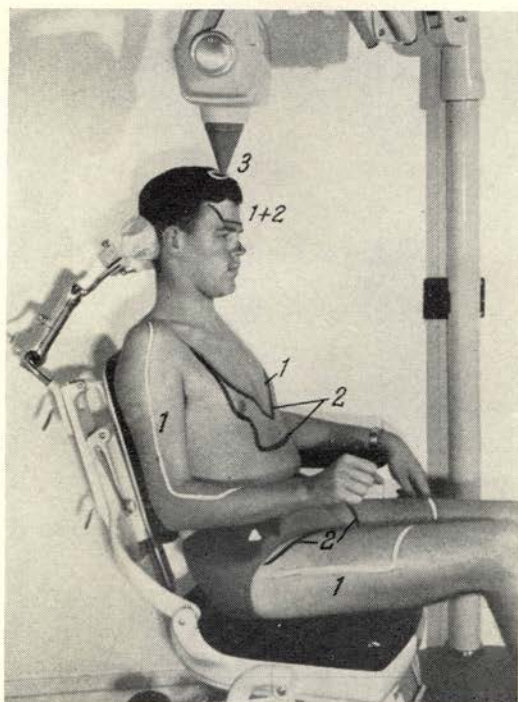
Afb. 8. Gebieden van de huid die aan de nuttige bundel worden blootgesteld bij het maken van een opbeetopname.

1. zonder diafragma
2. met een te groot diafragma
3. met een diafragma van de juiste maat.

Om een indruk te krijgen omtrent de risico's verbonden aan deze dosering is het nuttig vast te stellen, dat ieder individu blootgesteld is aan straling, veroorzaakt door natuurlijke radioactiviteit van zijn omgeving en de kosmische straling. (Background radiation: 100 mr. per jaar.) Wanneer we bedenken dat deze dosering in de bergen op 1400 m hoogte 2 mr. per week hoger is dan hier in Nederland, kunnen we constateren dat het maken van een röntgenstatus (14 opnamen) met middelmatig gevoelige film (die dus een dosering van $14 \times 0,5 = 7$ mr. oplevert) een even groot risico inhoudt als een vakantie van 4 weken in de bergen.

Hieruit blijkt dat bij een juiste opnametechniek het risico voor de patiënt in dit opzicht als zeer gering aangemerkt kan worden.

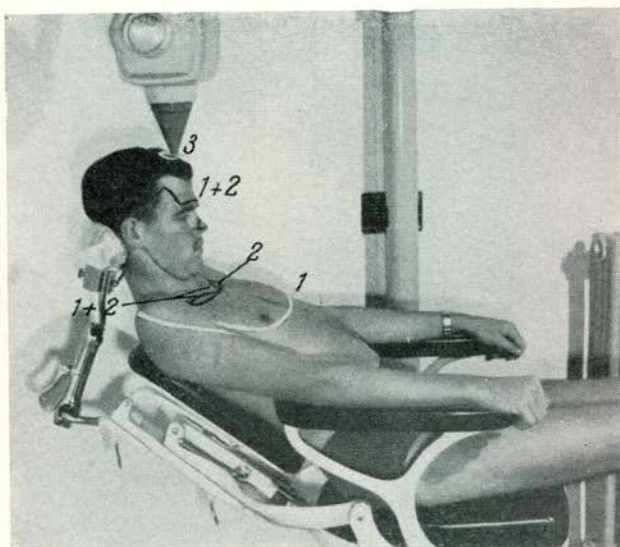
In verband met de eventueel nadelige gevolgen van de dosis die de gona-



Afb. 9. Gebieden van de huid die aan de nuttige bundel worden blootgesteld bij het maken van een overzichtsoptname van de bovenkaak.

1. zonder diafragma
2. met een te groot diafragma
3. met een diafragma van de juiste maat.

den ontvangen op het nageslacht is het noodzakelijk te weten, hoe groot de bijdrage is die de tandheelkundige diagnostiek levert tot de toename van de gonadendosis van de Nederlandse bevolking. Om hieromtrent een schatting te kunnen maken moet het aantal opnamen dat per jaar in Nederland gemaakt wordt, bekend zijn. Dank zij de bereidwilligheid van de importeurs van röntgenfilmmateriaal van de firma's: Adox, Agfa, Dupont, Gevaert, Ilford en Kodak is het mogelijk geworden enig inzicht te krijgen in het verbruik aan tandheelkundige röntgenfilms in het jaar 1958. Aangezien een filmsoort, die een lange belichtingstijd vraagt, de dosering meer verhoogt dan één, die een korte belichtingstijd nodig heeft moeten de aantallen films van verschillende snelheden omgerekend worden tot aantallen van één en dezelfde filmsnelheid. Deze bewerking houdt dus in



Afb. 10. Gebieden van de huid die aan de nuttige bundel worden blootgesteld bij het maken van een overzichtopname van de bovenkaak. Stand van het hoofd van de patiënt gewijzigd ten opzichte van de rest van het lichaam. (Vergelijk afb. 9)

1. zonder diafragma
2. met een te groot diafragma
3. met een diafragma van de juiste maat.

dat indien dit berekende aantal films van één en dezelfde snelheid in Nederland in 1958 was verbruikt, de gonadendosis gemiddeld voor de gehele bevolking even hoog zou zijn geweest als bij het verbruik zoals dit in realiteit geweest is. Voor deze berekening kan men elke willekeurige filmsnelheid nemen. Indien men achtereenvolgens de onderstaande filmsnelheden (soorten) kiest, vindt men de volgende aantallen films:

Adox Dozahn	500.000
Agfa	450.000
Dupont D	130.000
Gevaert Rapid	360.000
Ilford	560.000
Kodak Ultra Speed	650.000

Bij de volgende berekeningen is gebruik gemaakt van het aantal films met een snelheid overeenkomende met die van Dupont D films (130.000).

Vermenigvuldiging van dit aantal films met de per opname toegediende

gonadendosis en gedeeld door het aantal inwoners in Nederland, geeft de gemiddelde gonadendosis.

In het meest ongunstige geval hebben de gonaden van de patiënten zich bij al de opnamen in de nuttige bundel bevonden. De dosering wordt dan gemiddeld voor de Nederlandse bevolking in 1958

$$\frac{130.000 \times 260 \text{ mr.}}{10.000.000} = 3,4 \text{ mr.}$$

Indien echter een juiste opname techniek werd toegepast, zou de dosering per inwoner per jaar gemiddeld toegenomen zijn met

$$\frac{130.000 \times 0,5 \text{ mr.}}{10.000.000} = 0,0065 \text{ mr.}$$

Uit deze berekening volgt dus dat de gemiddelde gonadendosis bij het verbruik van dezelfde films sterk kan variëren met de opnametechniek (Tussen 0,0065 en 3,4 mr).

Het blijkt uit de verkoopcijfers dat nog veel films met een geringe gevoeligheid werden gebruikt. Indien deze vervangen worden door films met een grotere gevoeligheid, zal de gemiddelde gonadendosis lager worden.

We moeten echter ook rekening houden met een groter verbruik van röntgenfilms in de toekomst. Op dit moment is het dus nog mogelijk de toename van de gemiddelde gonadendosis van de Nederlandse bevolking die hierdoor ontstaat te compenseren door gebruik te maken van gevoeligere filmsoorten.

Ter vergelijking met het bovenstaande geeft de volgende tabel, overgenomen uit een rapport van de Verenigde Naties, de bijdrage van de tandheelkunde tot de toename van de gonadendosis van de bevolking van diverse landen. (De bedragen voor Nederland zijn uit bovenstaande berekening afkomstig.)

Uit deze tabel kan men o.a. afleiden dat in de U.S.A. 40 maal zo veel röntgenfilms per inwoner per jaar worden gebruikt als in Nederland. Verder blijkt het dat de medische röntgendiagnostiek een 30 tot 2300 maal hoger bijdrage tot de gonadendosis levert dan de tandheelkunde.

Hoewel men nu weet tussen welke waarden de dosis in Nederland gelegen is en hoe men de dosis kan reduceren, is hiermee niets gezegd over het schadelijke effect. Met andere woorden, moet de vraag gesteld worden

Land	Jaar	Aant. tand- heelk. rönt- onderzoek- ingen per inw. per j., ongeacht het aant. films	Aant. tand- heelk. rönt- films per in- woner per jaar	Gonadendosis per inw. per j. door rönt. diagnostiek in mr.	
				Tandheelk.	Medisch
Engeland	1955	0,021	xx	0,01	23
Nieuw Zeeland	1957	0,24	xx	xx	xx
Zweden	1955	xx	0,3	0,35	38
U.S.A.	55-56	0,4	1,2	4,9	141 (35,2) x
Denemarken	xx	xx	xx	0,1	17
Nederland	1958	xx	0,036	0,0065-3,4	xx

Dosis die ieder individu door natuurlijke oorzaken per jaar ontvangt: 100.

x = kinderen

xx = geen gegevens

of een onjuiste techniek schadelijke gevolgen kan hebben en of deze met een goede opnametechniek te voorkomen zijn.

Uit pogingen deze schadelijke gevolgen te becijferen blijkt dat per miljoen geboorten van nature 50.000 gevallen met een erfelijke afwijking voorkomen, en dat dit aantal met 1 toeneemt bij een verhoging van de gemiddelde gonadendosis met 0,0065 mr. per j. Bedraagt de verhoging van de gonadendosis 3,4 mr. per inwoner per jaar dan neemt dit aantal met 500 toe.

Bij een juiste opnametechniek is het nadelige effect dus zeer gering en kan als te verwaarlozen beschouwd worden. Bij een onjuiste techniek kan het nadelige effect belangrijk groter worden. Omdat de gemiddelde gonadendosis het nadelige effect bepaalt is het niet mogelijk iedere practicus afzonderlijk verantwoordelijk te stellen. De tandarts krijgt dus de verantwoordelijkheid te dragen niet alleen voor zijn patiënten maar ook samen met zijn collega's voor het nageslacht.

De dosis die de operateur ontvangt

Indien de tandarts zich in de nuttige bundel bevindt, zal de dosering die hij ontvangt begrijpelijkerwijs van de zelfde orde zijn, als de dosis die de patiënt ontvangt.

De maximaal toelaatbare dosis voor de operateur bedraagt echter

slechts 0,1 r. per week. (De I.C.R.P. geeft een zeer gedetailleerd voorschrift, waarvan de details hier niet verder in beschouwing betrokken worden.) Hieruit kan men direct besluiten dat de operateur zich nimmer in de nuttige bundel mag bevinden. Het is dus b.v. nooit te rechtvaardigen zelf de film in de mond van de patiënt vast te houden. Indien nodig dient dit dus door iemand te geschieden die niet beroepshalve aan röntgenstralen wordt blootgesteld. Wordt aan bovenstaande voorwaarden voldaan, dan bepalen secundaire stralen die de patiënt uitzendt de dosering die de tandarts ontvangt. Indien het gebied, dat deze secundaire stralen uitzendt, wordt beperkt, zal de dosering die hij ontvangt afnemen. Ook hier blijkt dus het belang van het gebruik van een klein diafragma.

De filmgevoeligheid is eveneens weer een directe maat voor de dosering aan secundaire stralen.

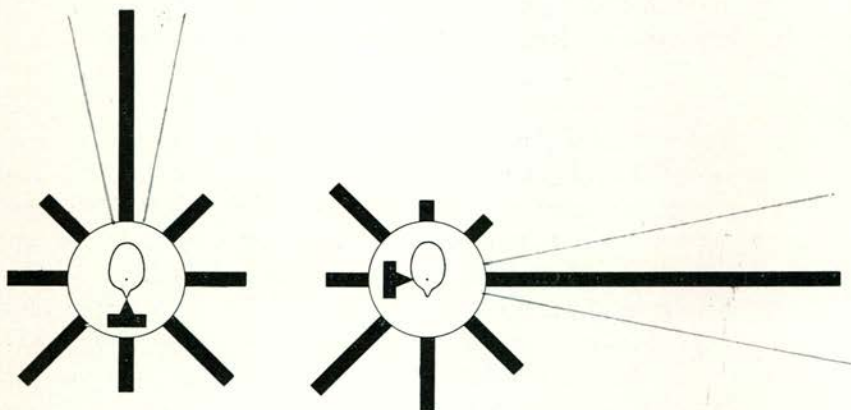
Bij een juist gekozen diafragma bedraagt de dosering op 1 meter afstand van de patiënt globaal genomen ongeveer 0,01% van de dosis die de patiënt ontvangt. Op grotere afstand neemt de dosering af. (Met het omgekeerde van het kwadraat van die afstand). Op 2 meter $\frac{1}{4} \times$ de dosis op 1 meter afstand. Op 25 cm $16 \times$ de dosis op 1 meter afstand.

Hieruit volgt, dat op zeer korte afstand de dosering snel toeneemt. Het is daarom gewenst een zo groot mogelijke afstand tot de patiënt te bewaren. Het snoer van de tijdschakelaar mag in dit opzicht geen belemmering vormen. Het gebruik van een z.g. röntgenspiegel moet eveneens om bovengenoemde reden ten sterkste worden afgeraden. Dit klemt te meer, omdat bij het gebruik van zo'n spiegel de belichtingstijd veel langer genomen zal moeten worden dan de tijd, nodig voor een opname.

De positie die we innemen ten opzichte van patiënt en röntgenapparaat speelt eveneens nog een rol, omdat de dosering op dezelfde afstand van de patiënt, maar in verschillende richtingen gemeten, niet dezelfde is. De verhouding in de doseringen die gevonden worden op 8 verschillende plaatsen op dezelfde afstand van de patiënt (in horizontale richting) is schematisch in afb. 11 weergegeven. De figuur stelt het bovenaanzicht voor van patiënt en röntgenapparaat, terwijl de lengte van de balkjes de grootte van de dosis aangeeft. Hieruit blijkt, dat de gunstigste positie ongeveer loodrecht ten opzichte van de bundel gelegen is, terwijl van de twee posities loodrecht op de bundel, zo mogelijk die gekozen dient te worden, die achter de patiënt ligt.

In het verlengde van de nuttige bundel is de dosering steeds hoog. Het is

daarom nuttig zich af te vragen of de opstelling van het röntgenapparaat in het vertrek wel zo gunstig mogelijk is. Speciaal is dit van belang, indien in hetzelfde vertrek nog anderen werkzaam zijn. Zo mogelijk moet de opstelling dan zo gekozen worden, dat deze andere personen, ongeacht de plaats waar zij zich bevinden, niet in de nuttige bundel kunnen komen. (Afb. 12). Is dit niet mogelijk, dan zal een loodschot aangebracht moeten worden. In kleine ruimten of op plaatsen waar veel röntgenopnamen gemaakt worden, is het eveneens wenselijk een beschermende wand aan te brengen voor de operateur. Bij voorkeur maakt men de bescherming gedwongen door de tijdschakelaar achter het scherm te monteren. In de



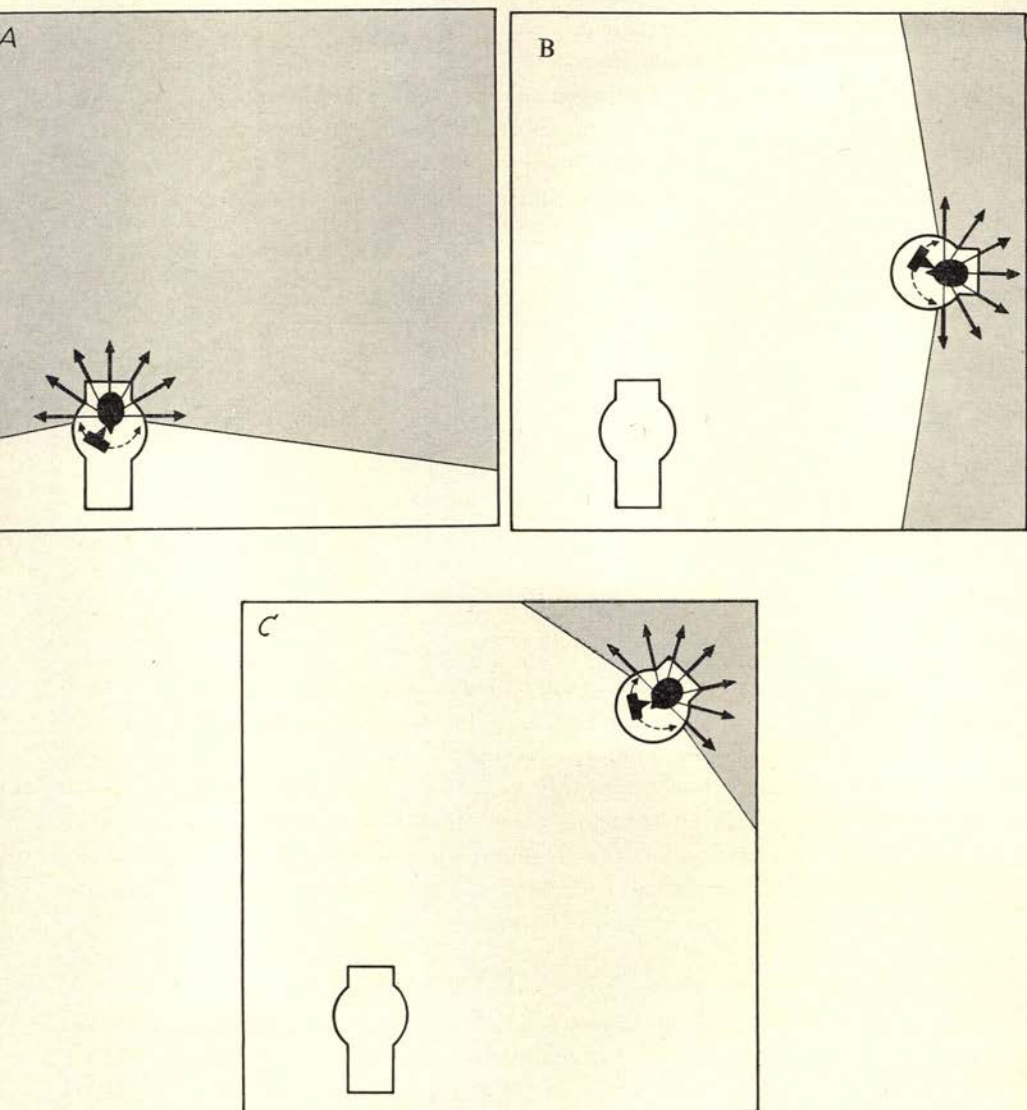
Afb. 11. Schematisch bovenaanzicht van een patiënt met een röntgenapparaat. De lengte van de balkjes geeft de verhouding weer in de doseringen op 8 plaatsen op dezelfde afstand van de patiënt gemeten. Rechts opname van de molaren. Links opname van de frontelementen.

wettelijke voorschriften staat vermeld, dat dit in ieder geval dient te geschieden, indien meer dan 1000 opnamen per week worden gemaakt. Een loodschot is te prefereren boven een loodschort, omdat het omgespen van een zwaar schort gemakkelijk achterwege gelaten wordt en het loodschot voorkomt dat de afstand tot de patiënt te klein genomen wordt.

Het loodschot heeft bovendien het voordeel, dat het in elke gewenste dikte aan lood uitgevoerd kan worden en niet aan slijtage onderhevig is.

Resumerend kan worden gesteld dat de dosis die de operateur ontvangt dus in hoofdzaak bepaald wordt door:

- a. de grootte van het diafragma
- b. de filmgevoeligheid



Afb. 12. Plattegrond van een praktijkkamer. Het gepunteerde gedeelte geeft het gebied aan dat aan de nuttige bundel wordt blootgesteld bij het maken van een röntgenstatus.

- A. röntgenapparaat naast de behandelstoel.
- B. röntgenapparaat tegen de wand geplaatst.
- C. röntgenapparaat in een hoek geplaatst. (meest gunstige opstelling)

- c. de positie t.o.v. de patiënt en het röntgenapparaat.
- d. de afstand tot de patiënt.

Door deze factoren te wijzigen kan men een sterke variatie in de dosering teweeg brengen. De volgende tabel geeft hiervan een indruk en vermeldt de hoogte van de dosering bij één enkele opname, en het aantal röntgenstatussen (van 14 opnamen) die maximaal per week gemaakt kunnen worden.

Ongunstige opnametechniek	Gunstige opnametechniek
Groot diafragma	Klein diafragma
Ongevoelige filmsoort	Gevoelige filmsoort
Ongunstige richting t.o.v. patiënt en röntgenapparaat	Gunstige richting t.o.v. patiënt en röntgenapparaat
Op 1 meter afstand	Op 2 meter afstand
dosis operateur: 1 mr. max. aantal statussen (van 14 opn.) per week: 7	dosis operateur: 0,001 mr. max. aantal statussen (van 14 opn.) per week: 7000

Het is aan te bevelen na te gaan of de ontvangen dosis niet te hoog is. Dit is mogelijk door gedurende een bepaalde periode een filmbadge te dragen, waarmee men naderhand de ontvangen dosis kan bepalen. Een abonnement op dergelijke filmbadges kan men nemen bij de Radiologische Werkgroep van de Afdeling voor Radiobiologie TNO Arnhem. De badges worden, nadat men ze gedurende 2 weken gedragen heeft, weer getourneerd naar het TNO laboratorium. Daar bepaalt men de ontvangen dosis, waarvan men een rapport ontvangt.

De dosering door lekstralen

De dosering door lekstralen is afhankelijk van de constructie van het röntgenapparaat. Hiervoor zijn internationale en ook in Nederland wettelijk geldende voorschriften. Voldoet een apparaat aan deze voorschriften, dan is de dosering aan lekstralen laag in vergelijking tot de dosering aan secundaire stralen en dus niet direct een bron die de hoogte van de dosering van de operateur bepaalt.

Samenvatting

De belangrijkste maatregelen tot reductie van de verschillende doseringen zijn in het volgende schema nog eens samengevat:

Beschermende maatregelen tegen röntgenstralen

Maatregelen tot reductie van de röntgendosering

Maatregelen van algemeen belang	a. goede ontwikkeltechniek b. verse films
Huid dosis patiënt	a. klein diafragma b. gevoelige filmsoort c. filtering van de bundel d. hoge spanning
Volume dosis patiënt	a. klein diafragma b. gevoelige filmsoort
Gonaden dosis patiënt	a. klein diafragma b. gevoelige filmsoort c. gunstige positie van de patiënt d. loodschort
Dosis operateur: (filmbadges ter controle)	a. klein diafragma b. gevoelige filmsoort c. grote afstand tot röntgenapparaat d. gunstige richting t.o.v. patiënt en röntgenapparaat e. indien veel opnamen of klein vertrek: loodschort.

Literatuur

1. RICHARDS, A. G., Roentgen-ray doses in dental roentgenography. J.A.D.A. 56: 351-368, 1958.
2. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. (Adopted September 9, 1958) Pergamon Press London. New York. Paris. Los Angeles. 1959.
3. „Veiligheidsbesluit ioniserende stralen”. Staatsblad 116, 1957.
4. Vliegen, muizen en mensen. De inductie van mutaties door straling. Inaugurele rede Prof. Dr. G. H. SOBELS. J. B. Wolters, Groningen 1959.
5. RICHARDS A. G. Secondary radiation and the dentist. J.A.D.A. 57: 31-38, 1958.
6. Report of the United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation. General assembly, official records: thirteenth session. Supplement no 17 (A/3838) New York 1958.