

DE TOEPASSING VAN ENKELE EENVOUDIGE MAATREGELEN TER BEVORDERING VAN DE STRALENHYGIËNE BIJ HET MAKEN VAN RÖNTGENOPNAMEN

*Uit de vakgroep
Tandheelkundige Röntgenologie
van de Subfaculteit der Tandheelkunde
van de rijksuniversiteit te Utrecht.*

L. V. ARNOLD

Inleiding

De toepassing van de röntgenstralen in de tandheelkunde heeft belangrijke verbeteringen in de diagnostiek tot gevolg gehad. Het is bekend dat hierbij steeds de nodige aandacht moet worden besteed aan de veiligheidsmaatregelen. Steeds weer dient men zich de vraag te stellen of met een minimum aan stralen een maximum aan informatie kan worden verkregen.

Het in werking stellen van een röntgenapparaat betekent het opwekken in de röntgenbuis van straling, die nagenoeg uitsluitend door een opening (het diafragma) in de afschermdende omhulling naar buiten kan treden. Doordat de bron van straling als puntvormig mag worden beschouwd en de diafragma-opening meestal cirkelvormig is, heeft de uittrekkende bundel (de primaire bundel) de vorm van een kegel. De diameter van de cirkelvormige doorsnede van de bundel (de veldgrootte) is uiteraard afhankelijk van de afstand van de plaats waar men de doorsnede bepaalt tot de bron, de top van de kegel. De veldgrootte is tevens afhankelijk van de vorm en de afmeting van de diafragma-opening.

In de meeste röntgenapparaten is wijziging van de diafragma-opening mogelijk doordat in de opening van de eigenlijke omhulling een uitwisselbare loden schijf is aangebracht als verlengstuk van de afscherming; in deze schijf bevindt zich de diafragma-opening die de bundel beperkt.

Om de hoeveelheid straling voor de patiënt zo laag mogelijk te houden, is het gewenst het bestraalde gebied zo klein mogelijk te houden. De bundel zal, indien men een intra-orale röntgenfilm geheel wil belichten, ter plaatse van deze film een veldgrootte moeten bezitten, die minimaal een diameter heeft ter grootte van de diagonaal van de film. De meest gangbare film met de afmeting 3×4 cm vergt dus een veld met een diameter van 5 cm. In verband met het mogelijk niet geheel juist richten van de bundel wordt

meestal enige speling toegelaten. Een vaak gehanteerde eis is dan ook een veld diameter van 6 cm ter plaatse van de film. De „International Commission on Radiological Protection”, welke internationale richtlijnen opstelt ten behoeve van de stralenbescherming, geeft het volgende voorschrift: „The field diameter at the cone end should not exceed 6 cm and shall not exceed 7,5 cm” (ICRP-publication 15, 1969).

Het treft hierbij dat men de diameter van 6 cm niet bindend heeft willen voorschrijven doch als uiterste grens een diameter van 7,5 cm heeft toegelaten. Bovendien heeft men de voorschriften gebonden aan de veld diameter aan het einde van de conus of tubus omdat de positie van de film nogal kan variëren. Gezien de divergentie van de bundel betekent dit een nog grotere tolerantie ter plaatse van de film.

Daar de veldgrootte cirkelvormig is en de film rechthoekig, houdt men, ook bij het kleinst mogelijke veld, toch nog een hoog percentage onbenutte stralen over. Hierin kan slechts verbetering worden gebracht door een rechthoekig diafragma toe te passen.

Met de volgende apparaten kan dit worden gerealiseerd:

1. de instelapparaten, ontwikkeld in Utrecht (Van Aken, 1969);
2. de instelapparaten volgens Medwedeff (1962);
3. de nieuwe versie van de apparatuur volgens Updegrave (1972).

Om de stralenbeperking meer kwantitatief te kunnen benaderen is het nodig, twee begrippen die in de dosimetrie in gebruik zijn, nader toe te lichten: de exposie en de integraal geabsorbeerde dosis.

De *exposie* kan, wanneer men van de exacte omschrijving afziet, worden opgevat als de hoeveelheid geabsorbeerde straling per cm^3 lucht (76 cm Hg druk en 20°C). Als eenheid wordt de röntgen (R) gehanteerd.

De exposie ter plaatse van de huid, kortheidshalve meestal de huidexposie genoemd, is niet afhankelijk van de veldgrootte, omdat deze de energie-afgifte in een bepaald volume lucht aangeeft. De huidexposie is wel afhankelijk van de gevoeligheid van de filmsoort die wordt gebruikt. De gevoeligheid is een maat voor de hoeveelheid straling welke nodig is om de film een optimale zwarting te geven voor een juiste beoordeling van het verkregen beeld. Wanneer men een gevoeliger filmsoort gebruikt heeft men minder straling nodig om een optimale zwarting te verkrijgen. Wanneer men een tweemaal zo gevoelige filmsoort gebruikt, kan men dus volstaan met de halve belichtingstijd en wordt de huidexposie uiteraard ook tot de helft gereduceerd.

Volledigheidshalve moet nog worden vermeld dat de huidexposie ook afhankelijk is van het kilovoltage, de filtering van de bundel en de afstand van de bron van de straling (de focus) tot aan de huid. Deze factoren worden echter niet besproken.

Wanneer men achtereenvolgens een aantal films belicht, zoals gebeurt bij het vervaardigen van een totale röntgenstatus, heeft de veld diameter toch invloed op de exposie van een bepaald punt van de huid. Wanneer dit punt namelijk verscheidene malen wordt bestraald doordat de verschillende gebieden op de huid elkaar overlappen, zal ter plaatse de huidexposie toenemen. Bij gebruik van een grotere veld diameter zal het gebied van de patiënt, dat wordt bestraald, groter worden en zal het aantal en het oppervlak van de ontstane overlappings toenemen.

Naast het meten van de exposie is het ook mogelijk de totale hoeveelheid energie te bepalen die door de patiënt wordt geabsorbeerd. Deze hoeveelheid noemt men de *integraal geabsorbeerde dosis*. De eenheid is de kilogramrad. De integraal geabsorbeerde dosis geeft in tegenstelling tot de huidexposie een beeld van de totale hoeveelheid ontvangen straling, omdat hierbij rekening wordt gehouden met de grootte van het gebied waar straling doordringt en met de verschillen in absorptie in de verschillende weefsels van de patiënt.

De integraal geabsorbeerde dosis wordt het sterkst beïnvloed door de grootte van het diafragma en door de gevoeligheid van de gebruikte filmsoort. Daarnaast zijn ook de reeds genoemde factoren kilovoltage, filtering van de bundel en focus-huid afstand van betekenis.

De invloed van de grootte van de opening in het diafragma wordt duidelijk indien men bedenkt, dat bij een grotere opening een groter gebied van de patiënt wordt bestraald. De integraal geabsorbeerde dosis is

recht evenredig met het oppervlak van de veldgrootte, dus ook met het oppervlak van de diafragma-opening. Dit betekent dat de totale hoeveelheid geabsorbeerde straling recht evenredig is met het kwadraat van de straal van de diafragma-opening.

Wanneer men de invloed van de filmgevoeligheid op de integraal geabsorbeerde dosis beschouwt, kan hetzelfde worden gezegd als hetgeen voor de huidexposie geldt. Bij gebruik van een half zo gevoelige filmsoort moet de hoeveelheid straling tweemaal zo groot zijn om een optimaal beeld te verkrijgen. De integraal geabsorbeerde dosis zal dan ook tweemaal zo hoog worden.

Uit het bovenstaande komen twee factoren naar voren die grote invloed kunnen hebben op de hoeveelheid straling die de patiënt ontvangt wanneer een röntgenfoto wordt gemaakt: de grootte van de diafragma-opening en de filmgevoeligheid. Men kan zich afvragen of deze factoren ook invloed uitoefenen op de hoeveelheid straling die de tandarts ontvangt.

De operateur van het röntgenapparaat kan bloot staan aan straling, rechtstreeks komende uit het röntgenapparaat (de primaire bundel) en aan straling die wordt opgewekt in de oppervlakkige lagen van het door de primaire bundel getroffen gebied van de patiënt. Deze secundaire stralen worden van hier uit in alle richtingen uitgezonden zolang het röntgenapparaat in werking is. Secundaire stralen worden ook opgewekt wanneer de primaire bundel andere structuren dan die van de patiënt treft, bijvoorbeeld de conus van het röntgenapparaat, de unit of de wanden van de behandelkamer.

Omdat de tandarts beroepshalve regelmatig in aanraking komt met röntgenstralen dient hij te zorgen, dat de ontvangen hoeveelheid straling zo laag is dat de hieruit voortvloeiende risico's niet te groot worden. Dit betekent dat de operateur van het röntgenapparaat altijd moet vermijden om in de primaire bundel te gaan staan. Wanneer hij hieraan voldoet is alleen de secundaire straling voor hem van belang. Deze straling verspreidt zich in alle richtingen zodat de operateur hieraan steeds over zijn gehele lichaam bloot staat. Aangezien de gonaden tot de „kritische” organen behoren, wordt vaak de exposie van dit orgaan gemeten; men spreekt dan van de gonadenexposie.

De gonadenexposie is, behalve van de al eerder genoemde grootte van de diafragma-opening en filmgevoeligheid, ook afhankelijk van de afstand die de operateur heeft tot de patiënt (die een bron van

secundaire straling is) en van zijn positie ten opzichte van de patiënt en het röntgenapparaat.

De grootte van de diafragma-opening bepaalt het gebied van de patiënt dat door de primaire bundel wordt getroffen. Wanneer het gebied waar de primaire bundel op valt groter wordt, is er ook meer mogelijkheid tot het opwekken van secundaire straling. De hoeveelheid secundaire straling is recht evenredig met het oppervlak van het bestraalde gebied, dus met de veldgrootte ter plaatse van de huid. Het is derhalve gewenst een zo gering mogelijke veldgrootte te verkrijgen wat betekent een zo klein mogelijke diafragma-opening. Het gebruik van een klein diafragma heeft ook nog een bijkomend voordeel wat betreft de beeldkwaliteit. De secundaire straling kan zich immers in alle richtingen verspreiden, dus ook in de richting van de film. Deze straling veroorzaakt een zwarting op de film welke niet bijdraagt tot de beeldvorming. Het veroorzaakt een over het beeld geprojecteerde sluier waardoor het beeld meer contrastarm wordt.

Het gebruik van een gevoeliger filmsoort heeft tot gevolg dat het röntgenapparaat minder lang stralen behoeft te produceren en er dus ook minder secundaire straling kan worden opgewekt. Het is daarom aan te bevelen een zo gevoelig mogelijke filmsoort te gebruiken. Dit heeft echter wel invloed op de beeldkwaliteit. Een gevoeliger filmsoort heeft meestal een gevoelige laag (de emulsie) met een grotere korrel, hetgeen impliceert dat de detailwaarneembaarheid minder wordt.

De afstand, die de operateur is verwijderd van de bron van secundaire straling heeft grote invloed op de gonadenexposie van de operateur. Indien de bron van secundaire straling als een punt wordt beschouwd van waaruit de secundaire straling divergeert, dan neemt de intensiteit van de straling, evenals dat het geval is met licht, af met het kwadraat van de afstand. Wanneer men dus tweemaal zover weg gaat staan als tevoren wordt de gonadenexposie viermaal zo klein. Het snoer van de tijdschakelaar mag geen belemmering zijn om voldoende afstand in acht te nemen. De ICRP heeft ook wat betreft de afstand, die men verwijderd dient te zijn van de patiënt, een voorschrift: „Dental installations shall be so arranged that the operator can remain outside the radiation beam at least 2 m from the tube and from the patient” (ICRP-publication 15, 1969).

Nu zal men in een praktijkkamer niet naar alle richtingen evenver weg kunnen gaan staan. De vraag rijst dan of in een bepaalde richting minder straling wordt uitzonden dan in een andere. Wanneer men de

richting van de primaire bundel buiten beschouwing laat omdat men zich daar niet dient op te stellen, zal men zich de weg van de secundaire stralen moeten voorstellen. Deze secundaire straling wordt opgewekt in de huid van het aangezicht van de patiënt en breidt zich in alle richtingen uit. Maar niet in alle richtingen is een vrije weg, want een gedeelte wordt weer geabsorbeerd door de patiënt. Daarom zal men aan de kant waar het röntgenapparaat is opgesteld meer secundaire straling kunnen verwachten dan achter de patiënt waar men als het ware in de schaduw van het hoofd van de patiënt staat.

Vraagstelling

Uit de inleiding blijkt, dat er een aantal factoren is, dat zowel de exposie als de integraal geabsorbeerde dosis sterk kan veranderen. Tevens zijn deze factoren zeer eenvoudig door de tandarts zelf te beïnvloeden.

De bedoelde factoren zijn:
de diafragma-opening;
de gevoeligheid van de filmsoort;
de afstand van de operateur tot de patiënt;
de positie van de operateur ten opzichte van patiënt en röntgenapparaat.

De vraag hoe deze mogelijkheden tot verbetering van de stralenhigiëne in de praktijk worden benut, diende als uitgangspunt voor een enquête, die werd gehouden met medewerking van een aantal algemeen-practici.

Daarnaast kwam het probleem naar voren dat het in de praktijk voor de tandarts vaak moeilijk is om voldoende afstand in acht te nemen. Bovendien is de afstand in verschillende richtingen door bepaalde belemmeringen, zoals de afmeting van de behandelkamer of de opstelling van het meubilair, niet dezelfde.

Het leek daarom nuttig om de invloed na te gaan op de exposie van de tandarts van:

1. de afstand van de tandarts tot de patiënt;
2. de positie van de operateur ten opzichte van de patiënt en het röntgenapparaat.

Hierdoor was het tevens mogelijk te controleren of de theoretisch te verwachten relaties tussen de exposies en de afstand tot, en het oppervlak van, het bestraalde veld werkelijk in de praktijk tot uiting komen.

Materiaal en methode

Om gegevens te verkrijgen uit de algemene praktijk betreffende de factoren welke van invloed zijn op de stralenhigiëne werd een enquête gehouden.

Aan 200 tandartsen, algemeen-practici, verspreid over geheel Nederland, werd gevraagd hun medewerking te verlenen. De namen werden willekeurig gekozen uit de Tandartsengids 1971, waarbij degenen, die werkzaam zijn aan universiteiten en grote klinieken werden uitgesloten.

De enquête bestond uit een vragen/instructieformulier en een röntgenfilm formaat 13×8 cm Kodak NS.

Het formulier bevatte vragen over gegevens betreffende:

1. merk en type röntgenapparaat met kV en mA;
2. lengte conus/tubus;
3. afstand van de punt van de conus/einde van de tubus tot de huid van de patiënt;
4. in gebruik zijnde filmsoort, merk en type.

Tevens bevatte het formulier een diagram waarop men kon aangeven waar men zich opstelt bij het maken van een röntgenopname ten opzichte van patiënt en röntgenapparaat; dit gegeven werd gevraagd ten aanzien van opnamen van frontstreek en molaarstreek in onder- en bovenkaak. Het instructieformulier vermeldde de methode waarop de meegezonden röntgenfilm moest worden belicht:

1. leg de film vlak neer;
2. richt het röntgenapparaat loodrecht op de film, de as van de bundel gecentreerd op het midden;
3. houd de punt van de conus/het einde van de tubus op een afstand van de film, die overeenkomt met de in de praktijk toegepaste afstand tot de huid van de patiënt;
4. belicht de film met de helft van de kortste tijd, die U gewoon bent bij de patiënt te gebruiken.

Het vragenformulier en de belichte film dienden te worden geretourneerd. Na ontvangst werd de film ontwikkeld, waarna de veldgrootte ter plaatse van de huid kon worden gemeten.

Gegevens betreffende de factoren filmgevoeligheid, afstand tot de patiënt en positie ten opzichte van de patiënt en het röntgenapparaat werden verzameld uit de vragenformulieren.

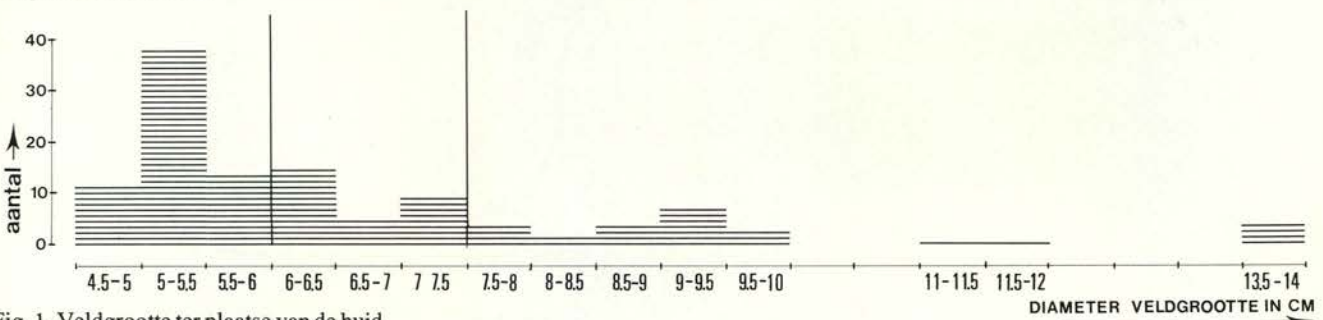


Fig. 1. Veldgrootte ter plaatse van de huid.

Bij het bepalen van de hoeveelheid straling die de patiënt ontvangt wordt gebruik gemaakt van de huidexposie en van de integraal geabsorbeerde dosis. Voor de wijze van berekenen van de integraal geabsorbeerde dosis wordt verwezen naar een publikatie over dit onderwerp door Van Aken en Van der Linden (1966).

Om na te gaan hoe de gonadenexposie van de tandarts in de praktijk wordt beïnvloed door de grootte van de diafragmaopening en door de afstand en de positie van de tandarts ten opzichte van patiënt en röntgenapparaat werd een aantal metingen verricht. Bij deze exposiemetingen was de patiënt een fantoomkop, die wat betreft absorptie-eigenschappen ongeveer overeenkomt met een patiënt. Deze fantoomkop was rechtop opgesteld in een behandelstoel, terwijl het röntgenapparaat achtereenvolgens werd ingesteld voor opnamen in de frontstreek en molaarstreek in de onder- en bovenkaak. Het röntgenapparaat was een Philips Practix. De technische opnamegegevens staan vermeld onder de tabellen met resultaten. De exposiemetingen werden uitgevoerd op 90 cm hoogte. De meetapparatuur bestond uit een Philips Universele Dosimeter, type 37470, gekoppeld aan een ionisatiekamer merk Frieseke en Hoeptner, type FH 4236.

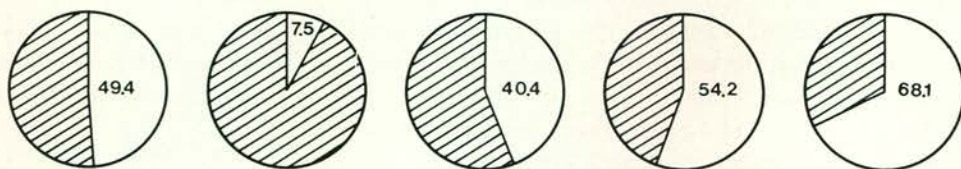
Resultaten

Van de 200 verzonden enquêteformulieren werden er 135 terugontvangen, dit komt overeen met 66,5%. Hiervan waren om verschillende redenen 17 niet geschikt voor gebruik, zodat tenslotte 118 enquêtes werden verwerkt, dat wil zeggen 58% van het verzonden aantal.

Diafragma-opening

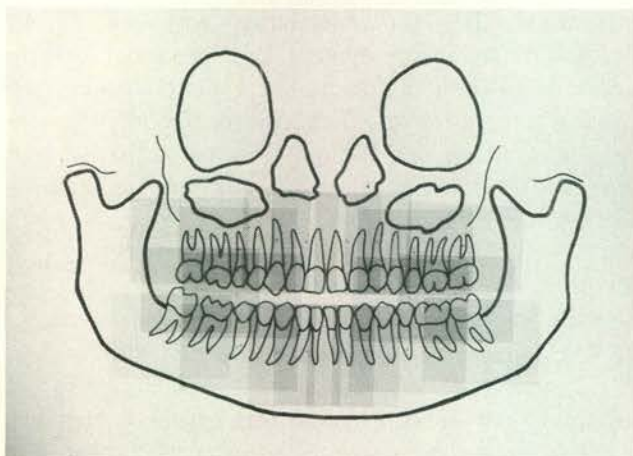
Figuur 1 geeft de afmetingen van de veldgrootte ter plaatse van de huid, zoals deze uit de enquête werden gevonden. De kleinste veldgrootte die werd gevonden

Tabel I. Percentage benutte stralen.

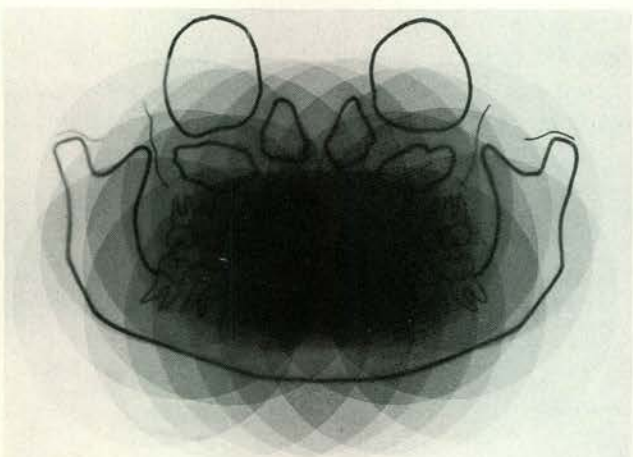


Velddiameter t.p.v. huid cm	4,6	11,8	5,1 (Oralix „2”)	3,5 × 4,8 (molaar instelapp.)	2,7 × 4,2 (front instelapp.)
Focus-huid afstand cm	12	12	12	35	35
Veldgrootte t.p.v. huid cm ²	16,6	109,4	20,3	16,8	11,3
Filmopp. t.p.v. huid cm ²	8,2	8,2	8,2	9,1	7,7
Gebruikt %	49,4	7,5	40,4	54,2	68,1

Fig. 2. Overlapping bij een röntgenstatus van 20 opnamen.



a. Velddiameter 4,6 cm

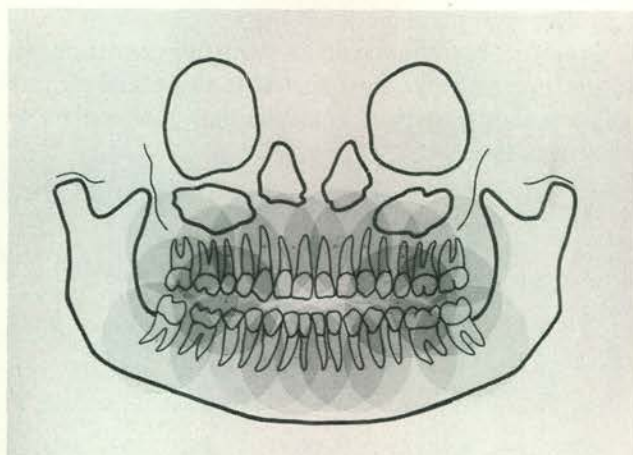


b. Velddiameter 11,8 cm.

is 4,6 cm en de grootste 11,8 cm, waarbij de groep 13,5 – 14,0 cm buiten beschouwing wordt gelaten. Deze groep gaf als veldgrootte een vierkant gebied te zien waarvan de diagonaal de genoemde afmeting bezit.

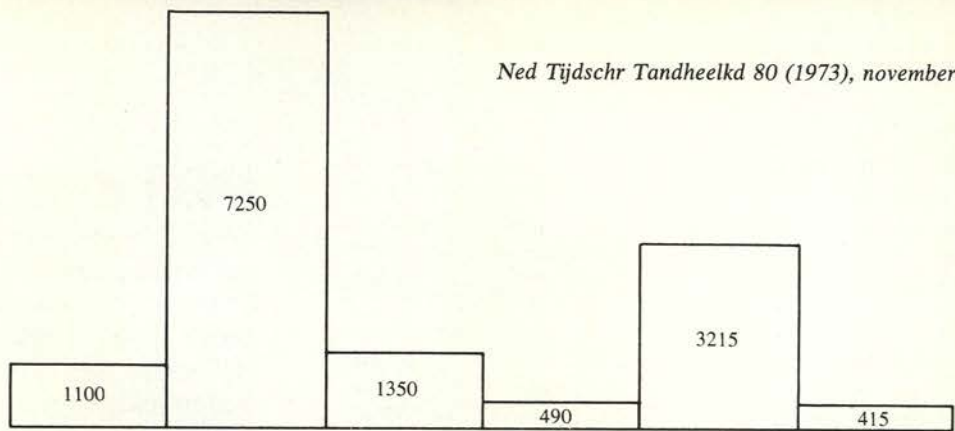
De voorschriften die de ICRP hanteert staan aangegeven met verticale scheidelingslijnen. Hieruit blijkt dat 77,7% voldoet aan de waarde die niet mag worden overschreden en dat 51,8% voldoet aan de waarde die niet behoort te worden overschreden.

De groep 5,0 – 5,5 cm blijkt de grootste groep te zijn. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in deze groep de veldgroottes vallen van de meest gebruikte methode, nl. de Philips Oralix met diafragma „2” en met een zogenaamde short-cone. Diafragma „2” geeft een



c. Veldgrootte 3,5 × 4,8 en 2,7 × 4,2 cm.

Tabel II. Integraal geabsorbeerde dosis bij verschillende opnametechnieken voor een status bestaande uit 16 peri-apicale opnamen.



Veld diameter t.p.v. huid cm	4,6	11,8	5,1 (Oralix „2")	4,6	11,8	3,5 x 4,8 (instelapp.) 2,7 x 4,2 (instelapp.)
Methode	Philips Oralix 7,5 mA 50 kV 9,9 sec. geen toegevoegd filter 10 cm focus-huid afstand Kodak U.S. film			Ritter Century „E" 10 mA 67 kV 24,8 sec. geen toegevoegd filter 42 cm focus-huid afstand Kodak U.S. film		
I.G.D. gramrad	1100	7250	1350	490	3215	415

veldgrootte ter plaatse van de huid van 5,1 cm. Deze techniek werd door 36,6% van de deelnemers gebruikt.

Bij het toepassen van de ICRP-normen op deze gegevens wordt een fout gemaakt. De veldgrootte ter plaatse van het einde van de conus is niet gelijk aan de veldgrootte ter plaatse van de huid, tenminste wanneer er een afstand bestaat tussen het einde van de conus en de huid. Nu blijkt dat in 87,3% van de gevallen de afstand van de conus tot de huid kleiner was dan of gelijk was aan 1 cm. Grotere afstanden komen slechts de veiligheid ten goede, daar de veldgrootte ter plaatse van het einde van de conus altijd kleiner is dan ter plaatse van de huid.

In de inleiding is reeds vermeld dat bij gebruik van een veldgrootte ter plaatse van de film, die voldoet aan de ICRP-norm, toch nog een hoog percentage onbenutte stralen overblijft. Indien een film van 3×4 cm met een oppervlak van 12 cm^2 wordt belicht met een bundel die een diameter heeft ter plaatse van de film van 6 cm, hetgeen overeenkomt met een oppervlak van 28 cm^2 , dan wordt slechts 42% van de straling benut.

Wanneer men nagaat hoeveel procent van de bundel wordt gebruikt wanneer men de kleinste en de grootste veldgrootte hanteert, die volgens de enquête wordt gebruikt, komt men tot de resultaten vermeld in tabel I. In deze tabel zijn tevens de percentages benutte stralen verwerkt bij gebruik van de meest toegepaste methode en bij gebruik van een rechthoekig veld zoals wordt gerealiseerd met behulp van de instelapparaten, ontwikkeld in Utrecht (Van Aken, 1969). Het filmformaat is herleid tot de grootte, die de film zou hebben ter

plaatse van de huid in verband met de divergentie van de film, aannemende dat de afstand van de huid tot de film 2,5 cm bedraagt, behalve bij de long-cone techniek waar deze 5 cm bedraagt. Het blijkt dat bij de grootste veldgrootte 92,5% van de straling niet wordt benut maar dat deze wel de patiënt treft. Bij de kleinste veldgrootte blijft 50,6% onbenut. Het gebruik van instelapparaten kan het percentage benutte stralen opvoeren tot 54,2% voor de molaarapparaten (rechthoekig venster $30,5 \times 41,6$ cm) en 68,1% voor de frontapparaten (rechthoekig venster $23,6 \times 36,6$ cm).

In de inleiding is reeds beschreven dat de huidexposie per opname onafhankelijk is van de grootte van de diafragma-opening, maar dat bij meer opnamen de huidexposie op een bepaalde plaats van de huid hoger kan worden door overlappingsen van de bestraalde velden (Weissman c.s., 1971). Figuur 2 geeft een indruk van de overlappingsen welke optreden bij het vervaardigen van een röntgenstatus. Er is uitgegaan van een status van 20 opnamen, waarbij de bundel steeds ideaal is gericht, terwijl een diafragma wordt gebruikt overeenkomende met de kleinste en de grootste veldgrootte, aangetroffen in de enquête. Ter vergelijking is tevens een status genomen, vervaardigd met behulp van instelapparaten met afschermplaat. Ieder veld is aangegeven met een grijs tint zodat het cumulatieve effect van de overlappingsen duidelijk blijkt: hoe donkerder des te meer stralen er op die plaats zijn gevallen. Men dient hierbij wel te bedenken dat het hier een theoretische benadering betreft en dat de overlappende velden in werkelijkheid een ander ver-

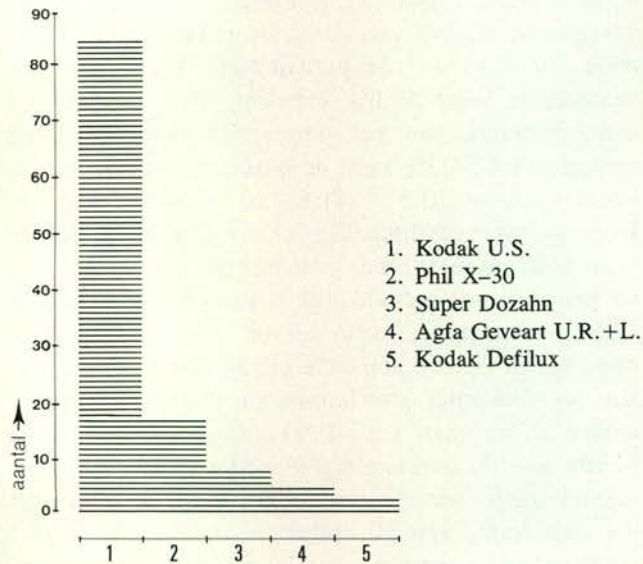
Tabel III. Gonadenexposie bij gebruik van groot en klein diafragma.

	diafragma 30 cm → velddiameter t.p.v. huid 11,8 cm	diafragma 10 cm → velddiameter t.p.v. huid 4,6 cm	theoretisch verwacht
Bovenfront	319,0 μ R	53,1 μ R	35,5 μ R
Onderfront	89,1 μ R	10,8 μ R	9,9 μ R
Bovenmolaar	242,0 μ R	15,3 μ R	26,9 μ R
Ondermolaar	80,1 μ R	8,1 μ R	8,9 μ R

Röntgenapparaat Philips Practix 12 mA
60 kV 1 sec. Focus-huid afstand 18 cm.
Meetpunt 1 m van middelpunt patiënt op 90 cm hoogte
achter röntgenapparaat.

loop hebben ten gevolge van het profiel van het aangezicht van de patiënt. Het is duidelijk dat behalve het totale oppervlak dat door röntgenstralen wordt getroffen ook het aantal en het oppervlak van de overlappings toenemen bij groter worden van het diafragma.

De integraal geabsorbeerde dosis is wel rechtstreeks



GEVOELIGHEID
(tijd nodig om bepaalde zwarting te verkrijgen.)

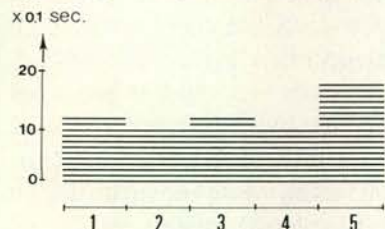


Fig. 3. Gebruikte filmsoorten en gevoeligheid.

afhankelijk van de grootte van de diafragma-opening. In tabel II worden enkele waarden gegeven voor de integraal geabsorbeerde dosis, geldende voor de erbij genoemde technische gegevens en de gebruikte diafragma's. Men kan aflezen dat de integraal geabsorbeerde dosis bij gebruik van een diafragma met een veldgrootte, die overeenkomt met de kleinste aange troffen veldgrootte in de enquête, een waarde geeft die 6 tot 7 maal zo klein is als bij een diafragma, dat overeenkomt met de grootste gevonden veldgrootte. Dit betekent dat men met het kleinste diafragma 6 tot 7 maal zoveel foto's kan nemen, terwijl de patiënt een zelfde hoeveelheid stralen absorbeert. Ter vergelijking zijn weer opgenomen de meest gebruikte methode en de long-cone techniek. Uit deze tabel blijkt ook het verschil tussen short-cone (Oralix) en long-cone (Ritter). Ondanks het feit dat de belichtingstijd, benodigd om een volledige röntgenstatus te maken van 16 peri-apicale opnamen, 2,5 maal zo lang is voor de long-cone techniek, is de integraal geabsorbeerde dosis ongeveer de helft.

De grootte van de diafragma-opening heeft ook invloed op de hoeveelheid straling die de operateur van het röntgenapparaat ontvangt. Er is reeds vermeld dat de hoeveelheid secundaire straling recht evenredig is met het oppervlak van de veldgrootte, dus ook recht evenredig met het kwadraat van de straal van de diafragma-opening. Om dit in de praktijk te toetsen zijn gonadenexposiemetingen gedaan met verschillende diafragma's. Tabel III laat de uitkomsten zien van de metingen, verricht voor de vier opnamengebieden, boven- en onderfront en boven- en ondermolaarstreek. De uitkomsten voor 4,6 cm veldgrootte worden vergeleken met de theoretisch te verwachten uitkomsten, op grond van de metingen bij een veldgrootte van 11,8 cm. Het blijkt nu dat het theoretische verband niet helemaal wordt bevestigd. Dit wordt onder meer veroorzaakt doordat de bestraalde gebieden geen zuivere cirkels zijn ten gevolge van het onregelmatige verloop van het profiel van de patiënt. Toch is wel te concluderen dat de gonadenexposie bij verkleining van de diafragma-opening belangrijk afneemt.

Filmgevoeligheid

Een andere factor die invloed heeft op de hoeveelheid röntgenstralen die zowel de patiënt als de tandarts ontvangt is de filmgevoeligheid. Zowel de huidexposie als de integraal geabsorbeerde dosis en de gonadenexposie zijn recht evenredig met de filmgevoeligheid. In figuur 3 zijn de filmsoorten aangegeven, die volgens de

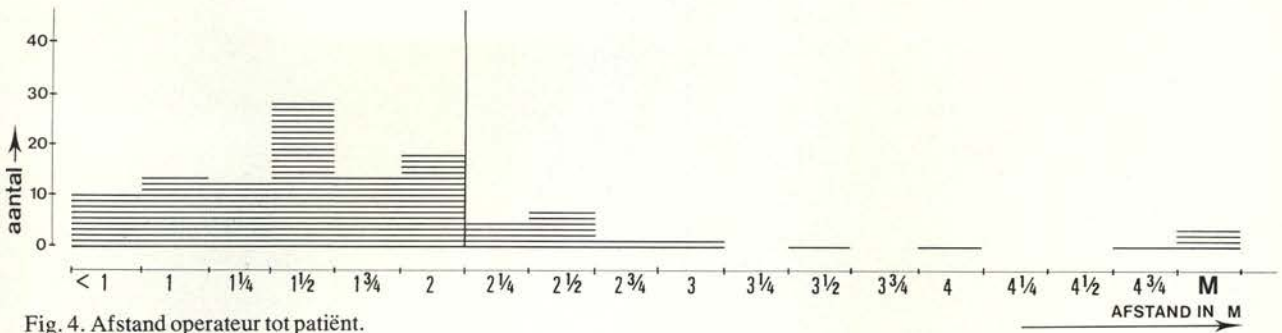


Fig. 4. Afstand operateur tot patiënt.

enquête werden gebruikt. Tevens is aangegeven de gevoeligheid van deze filmsoorten ten opzichte van elkaar. Het blijkt dat alleen de Kodak Defilux film een aanzienlijk langere tijd nodig heeft om eenzelfde zwarting te krijgen. Deze filmsoort wordt echter alleen gebruikt met het doel te profiteren van de bijzondere eigenschappen (daglicht ontwikkelen). Zij werd niet veel gebruikt.

Afstand operateur tot patiënt

Wanneer men de resultaten uit de enquête bekijkt wat betreft de afstand, welke de tandarts is verwijderd van de patiënt, komt men tot het beeld, gegeven in figuur 4. Het betreffende voorschrift van de ICRP staat aangegeven met een verticale scheidingslijn; 80% van alle tandartsen bevindt zich op een kleinere afstand dan deze norm aangeeft, terwijl zelfs 20% zich bevindt op een afstand van één meter of minder. Vier deelnemers aan de enquête maken gebruik van een beschermende maatregel zoals een muurtje, waarachter zij zich opstellen. In de figuur staan zij vermeld onder M.

Om na te gaan of inderdaad de exposie afneemt met het kwadraat van de afstand, zoals de theorie doet verwachten, zijn gonadenexposiemetingen uitgevoerd. Tabel IV geeft de resultaten van deze metingen op verschillende afstanden vóór de patiënt terwijl een bovenfrontopname wordt gemaakt. Hieruit blijkt het theoretische verband vrijwel te worden bevestigd. Ook blijkt duidelijk dat de exposie op korte afstand snel toeneemt.

Positie van operateur ten opzichte van patiënt en röntgenapparaat^{8,9,10}

Hoewel het duidelijk is dat men altijd een zo groot mogelijke afstand tot de patiënt moet bewaren zal het in de praktijk menigmaal voorkomen dat men in verschillende richtingen ook verschillende afstanden kan kiezen.

Tabel IV. Gonadenexposie op verschillende afstanden van de patiënt.

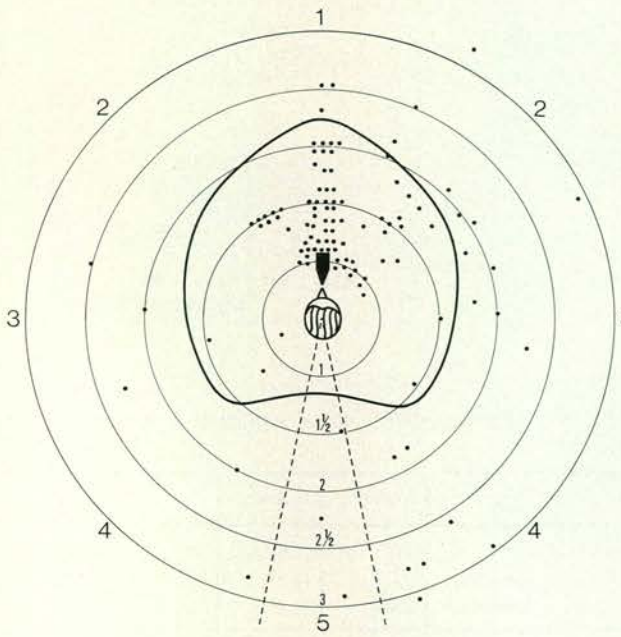
	1 meter	1 1/2 meter	2 meter	3 meter
Bovenfront	319,0 μ R	142,2 μ R	83,7 μ R	41,4 μ R
Percentage gevonden	100%	44,6%	26,3%	13,0%
Percentage theoretisch	100%	44,4%	25,0%	11,1%

Röntgenapparaat Philips Practix 12 mA
60 kV 1 sec. Focus-huid afstand 18 cm.
Diafragma 30 mm.
Meetpunt op 90 cm hoogte achter
röntgenapparaat.

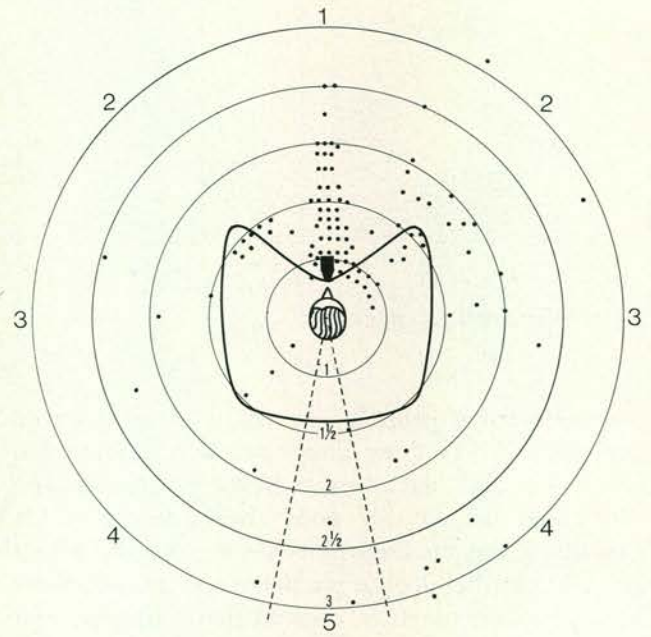
Het resultaat uit de enquête wat betreft de richting, waar de tandarts blijkt te gaan staan bij het nemen van een opname is aangegeven in figuur 5. Voor de vier opnamegebieden zijn vier aparte figuren gemaakt; hierin is de positie van iedere tandarts aangegeven door middel van een stip. De afstanden zijn aangegeven met behulp van cirkels rondom de patiënt, terwijl de begrenzing van de primaire bundel door middel van stippellijnen is duidelijk gemaakt.

Om nu de invloed van de positie na te gaan zijn gonadenexposiemetingen gedaan op 8 plaatsen rondom de patiënt; deze zijn aangegeven met de nummers 1 t/m 5 voor de frontopnamen (links en rechts is symmetrisch) en 1 t/m 8 voor de molaaropnamen. Tevens zijn de metingen verricht op verschillende afstanden. Met behulp van deze gegevens zijn iso-exposielijnen geconstrueerd rondom de patiënt, welke in figuur 5 zijn weergegeven met dik getrokken lijnen. Deze lijnen gelden voor de belichtingstijden die bij de genoemde technische gegevens nodig zijn om met Kodak Ultra Speed film opnamen te kunnen maken. Hoe dichter deze lijn de patiënt nadert, des te lager zijn de exposies in de betreffende richting.

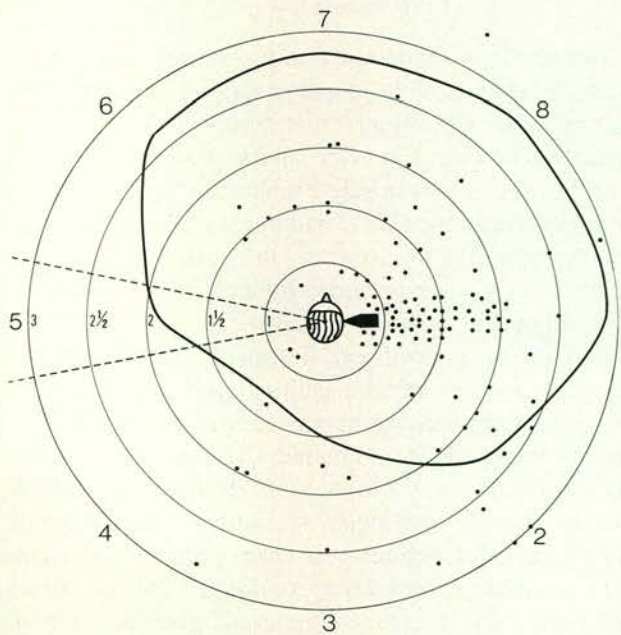
Uit de enquêtegegevens over de positie van de tandarts tijdens het maken van röntgenopnamen blijkt dat het merendeel van de tandartsen een ongunstige



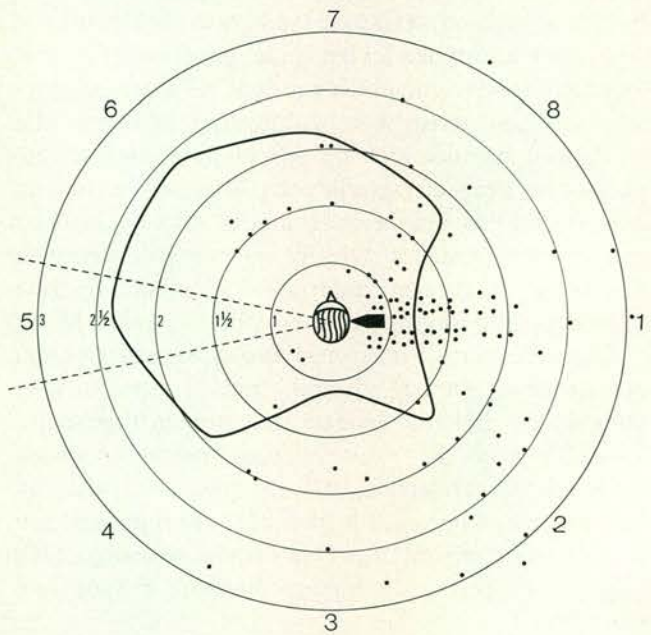
a. Bovenfrontopname, iedere stip is één tandarts, iso-exposielijn $60\mu\text{R}$ bel.tijd 0,9 sec.



b. Onderfrontopname, iedere stip is één tandarts, iso-exposielijn $60\mu\text{R}$ bel.tijd 0,5 sec.



c. Bovenmolaar opname, iedere stip is één tandarts, iso-exposielijn $60\mu\text{R}$ bel.tijd 1,6 sec.



d. Ondermolaar opname, iedere stip is één tandarts, iso-exposielijn $60\mu\text{R}$ bel.tijd 0,9 sec.

Fig. 5. Plaats operateur t.o.v. patiënt en röntgenapparaat met iso-exposielijnen ($60\mu\text{R}$). Iedere stip stelt één tandarts voor. Röntgenapparaat Philips Practix 60 kV 12 mA, diafragma 30 mm, focus-huid afstand 18 cm.

positie inneemt. Door op een andere plaats te gaan staan kunnen de exposies worden verlaagd.

Het valt op dat er enkele onregelmatigheden in het verloop van de iso-exposielijnen voorkomen. Bij de bovenfrontopname, figuur a, ziet men achter de patiënt een „deuk” in het verloop van de iso-exposielijnen. Dit is wellicht te verklaren uit de steile instelling die men het apparaat geeft. Ook de rugleuning van de behandelstoel zal zijn invloed hebben op de gonadenexposie van de tandarts. Toch moet worden afgeraden om in deze richting te gaan staan omdat bij gebruik van een hoog kilovoltage, bijvoorbeeld 90 kV, het doordringingsvermogen van de röntgenstralen groter wordt. De kans bestaat dat hierdoor de exposie in de richting van de primaire bundel groter wordt; de patiënt en de rugleuning absorberen dan veel minder straling. Ook bij gebruik van een te groot diafragma kan de exposie achter de patiënt groter worden omdat dan de kans bestaat dat een deel van de bundel langs de patiënt gaat.

De positie achter het röntgenapparaat is de meest ongunstige, omdat men daar in een gebied staat waar de exposie door secundaire straling het hoogst is. Deze stralen, die in hoofdzaak worden opgewekt in de huid van de patiënt, worden in deze richting niet door de patiënt geabsorbeerd. Dit effect ziet men bij alle opnamen terugkomen. De exposie wordt echter bij de onderfrontopname, figuur b, en bij de ondermolaaropname, figuur d, verlaagd doordat het meetpunt, dat zich ter plaatse van de gonaden bevindt, in de schaduw van het röntgenapparaat komt. Het röntgenapparaat vormt bij de opnamen door de instelling schuin van onderen, een afscherming voor de gonaden. De mate van afscherming hangt behalve van de instelling ook af van de grootte van het röntgenapparaat. Daarom is ook deze positie voor de operateur af te raden.

Hoewel voor elk opnamegebied het verloop van de iso-exposielijnen verschillend is, kan men toch de volgende vuistregel hanteren: de meest gunstige positie is die waarbij men onder een hoek van 90° à 135° staat met de bundel röntgenstralen en achter de patiënt. Het gebied tussen richtingen 3 en 4 uit fig. 5 voldoet aan deze regel.

De iso-exposielijnen in figuur 5 geven de afstand waarop de exposie een bepaalde waarde heeft, in dit geval $60 \mu\text{R}$. Men kan er dus uit afleiden waar men het best zijn positie kan kiezen wanneer men naar alle richtingen dezelfde afstand in acht kan nemen. Nu zal het in de praktijkkamer vaak voorkomen dat men in een minder gunstige richting een groter afstand verwijderd kan staan dan in een gunstiger richting. De relatie

tussen de exposie en de afstand wordt weergegeven in figuur 6. Elke curve heeft betrekking op exposiemetingen in één bepaalde richting. De plaats waar de curve voor een bepaalde richting de horizontale lijn snijdt, geeft aan op welke afstand de exposie $60 \mu\text{R}$ bedraagt; met behulp van deze gegevens zijn de iso-exposielijnen in figuur 5 geconstrueerd.

Ten eerste treft het dat de exposie bij kleinere afstand zeer snel toeneemt. Verder is duidelijk, dat de curves niet gelijkvormig zijn, elkaar zelfs kunnen snijden. Dit betekent dat het reeds genoemde verband tussen afstand en exposie enigszins afwijkt van de regel dat de exposie afneemt met het kwadraat van de afstand. Dit is reeds geconstateerd in tabel IV.

Uit figuur 6 is af te lezen of men op een bepaalde afstand in een minder gunstige richting beter staat dan op een kleinere afstand in een gunstiger richting. Men gaat hiertoe als volgt te werk: wanneer men bijvoorbeeld bij een bovenfrontopname, figuur a, in richting 4 (de meest gunstige richting) geen grotere afstand tot de patiënt kan nemen dan 1 meter, trekt men een horizontale lijn uitgaande van de exposie bij 1 meter ($145,8 \mu\text{R}$) en kan men aflezen op welke afstanden men in richting 1, 2 of 3 een gelijke exposie ontvangt.

Kan men in één van deze richtingen een grotere afstand innemen dan is deze plaats dus gunstiger. Op deze manier kan men in elke ruimte de gunstigste positie voor elk opnamegebied vinden.

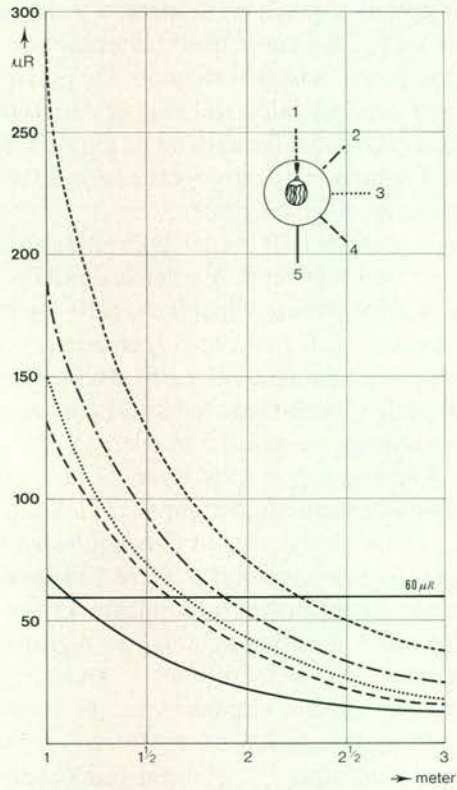
Algemene conclusie

Als conclusie kan men vaststellen dat in verband met de stralenhigiëne zowel voor de patiënt als voor de tandarts het noodzakelijk is een zo klein mogelijk diafragma te gebruiken (zie appendix), een zo gevoelig mogelijke filmsoort te hanteren, zo ver mogelijk weg te gaan staan bij het belichten van de film en, vooral als dit laatste slecht mogelijk is, in een richting te gaan staan, waarbij men onder een hoek van 90° à 135° staat met de bundel röntgenstralen.

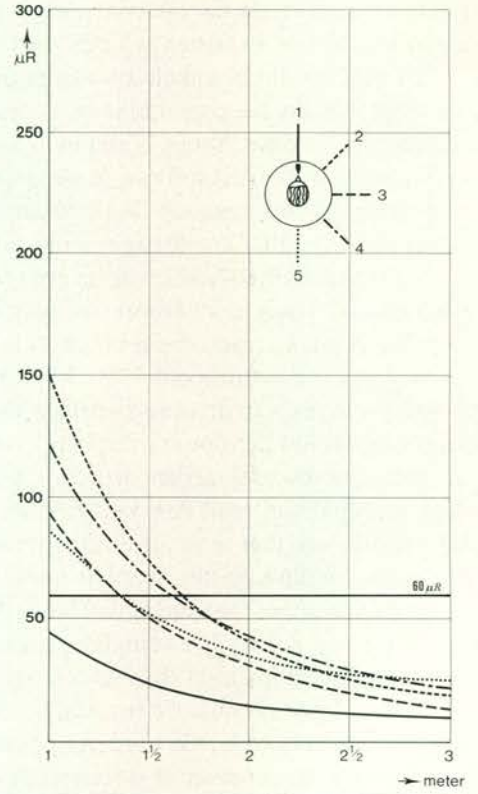
De resultaten uit de enquête geven aan dat, behalve de te gebruiken filmsoort, er ook nog veel verbeterd kan worden door toepassing van bovengenoemde eenvoudige maatregelen.

Appendix

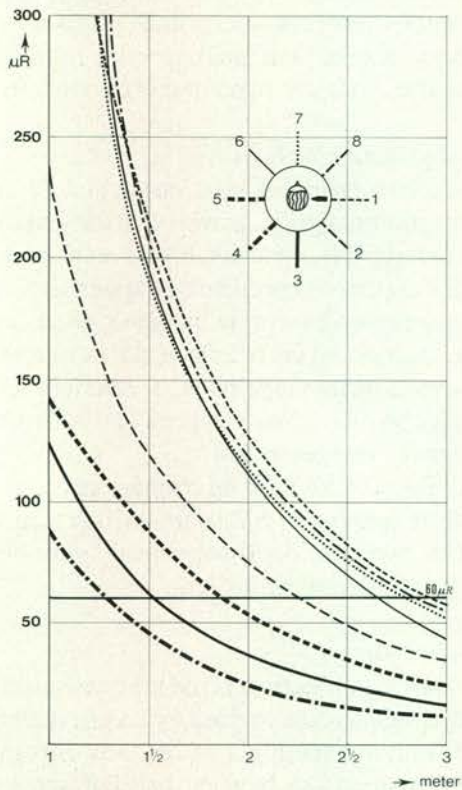
Zoals is gebleken heeft de grootte van de opening in het diafragma grote invloed op de hoeveelheid straling die zowel de patiënt als de tandarts ontvangt. Daarom is het zeer aan te bevelen het diafragma te controleren door de veldgrootte ter plaatse van de film te bepalen.



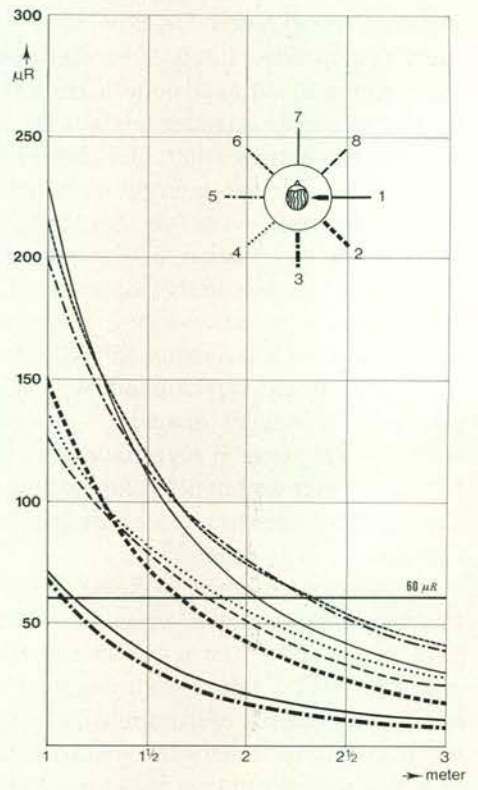
a. Bovenfront.



b. Onderfront.



c. Bovenmolaar.



d. Ondermolaar.

Fig. 6. Relatie tussen de exposie en de afstand. Opnamegegevens zie onderschrift fig. 5.

Hiertoe gaat men als volgt te werk:

1. men legt vijf intra-orale films in een kruisvorm vlak neer;
2. men richt het röntgenapparaat loodrecht op de film, de as van de bundel gecentreerd op het midden van de middelste film;
3. men houdt de punt van de conus op een afstand van de film, die overeenkomt met de in de praktijk optredende afstand;
4. men belicht de film met de helft van de kortste tijd, die bij de patiënt wordt gebruikt.

Na ontwikkelen legt men de films weer in de juiste volgorde en kan men de velddiameter meten aan de hand van de ontstane zwarte cirkel.

Als nu blijkt dat de diameter van de cirkel groter is dan 6 cm kan men met de volgende berekening de juiste afmeting van het diafragma bepalen:

$$A: B = X : Y.$$

- A: de diameter van de opening in het aanwezige diafragma.
 B: de diameter van de bijbehorende veldgrootte, dat wil zeggen de afmeting van de cirkel die men op de ontwikkelde films afleest.
 X: de juiste afmeting voor het diafragma, welke men dus wil bepalen.
 Y: de juiste velddiameter voor intra-orale films formaat 3×4 cm, maximaal 6 cm.

Samenvatting:

De exposie en de integraal geabsorbeerde dosis, welke zowel de patiënt als de tandarts ontvangen bij het vervaardigen van röntgenopnamen, zijn sterk afhankelijk van een aantal door de tandarts zelf eenvoudig te beïnvloeden factoren:

- a. de diafragma-opening;
- b. de gevoeligheid van de filmsoort;
- c. de afstand van de operateur tot de patiënt;
- d. de positie van de operateur ten opzichte van de patiënt en het röntgenapparaat.

Door middel van een enquête, waaraan 135 tandartsen deelnamen, werd nagegaan in hoeverre deze factoren in de praktijk worden benut om de stralenhigiëne te verhogen.

De resultaten wat betreft de factoren a en c werden tevens vergeleken met de richtlijnen welke de I.C.R.P. aangeeft, terwijl voor het beoordelen van factor d een aantal exposiemetingen werd verricht rondom de patiënt.

De resultaten uit de enquête geven aan dat behalve wat betreft de gevoeligheid van de filmsoort, de andere factoren onvoldoende benut worden voor het verkrijgen van een optimale stralenhigiëne.

De exposiemetingen laten zien, dat de operateur het meest gunstig staat onder een hoek van 90° à 135° met de bundel röntgenstralen. Dit is vooral belangrijk wanneer de afstand tot de patiënt klein is.

Summary:

Title: The application by the dentist of some simple measures to promote radiation protection during X-ray exposure.

The exposure and the integral absorbed dose which is received by both the patient and the dentist during X-ray exposure, are depending on a number of factors which are simply to influence by the dentist himself:

1. the collimation of the beam;
2. the film-speed;
3. the distance of the operator to the patient;
4. the position of the operator with respect to the patient and the X-ray machine.

An inquiry among 135 Dutch dentists was held to obtain information into what extent these factors are utilized in dental practice for the benefit of radiation protection.

At the same time the factors 1 and 3 were compared with the recommendations published by the I.C.R.P. Also a number of exposure-measurements were made around the patient to study the influence of factor 4.

The results of the inquiry indicate that for all factors except the film-speed insufficient use is made of the possibilities to improve radiation protection. The exposure-measurements show that, the operator can stand more favourable at an angle of 90 to 135 degrees with the X-ray beam. This is most important when the distance to the patient is small.

Literatuur:

1. *International Commission on Radiological Protection* (1969): Protection against ionizing radiation from external sources. ICRP-publication 15, Pergamon Press.
2. *Aken, J. van* (1969): Optimum conditions for intraoral roentgenograms. *Oral Surg* 27: 475-491.
3. *Medwedeff, F. M., Knox, W. H., Latimer, P.* (1962): A new device to reduce patient irradiation and improved dental film quality. *Oral Surg* 15: 1079-1088.
4. *Updegrave, W. J.* (1972): Simplified and standardized intraoral radiography with reduce tissue irradiation. *J Am Dent Assoc* 85: 861-869.
5. *Tandartsengids* (1971): Nederlandsche Maatschappij tot Bevordering der Tandheelkunde.
6. *Aken, J. van, Linden, L. W. J. van der* (1966): The integral absorbed dose in conventional and panoramic complete mouth examinations. *Oral Surg* 22: 603-616.
7. *Weissman, D. D., Feinstein, R. B.* (1971): X-ray beam profiles and oral radiography. *Oral Surg* 31: 546-555.
8. *Cohen, B., Stanford, R. W.,* (1959): A review of the dangers of radiation in dentistry; VI Exposure to radiation in dental surgeries. *Br Dent J* 107: 280-284.
9. *Richard, A. G.* (1958): Secondary radiation and the dentist. *J Am Dent Assoc* 57: 31-38.
10. *Rolofson, J. W., Hamel, A., Stewart, H. F.* (1969): Radiation isoexposure curves about a dental chair during radiography. *J Am Dent Assoc* 78: 310-319.
11. *Aken, J. van* (1960): Beschermende maatregelen tegen röntgenstralen in de tandheelkundige praktijk. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 67: 110-129.

Juli 1973.

Jutfaseweg 7,
Utrecht.