

# DE HOOGTE VAN DE INTEGRAAL GEABSORBEERDE DOSIS BIJ HET VERVAARDIGEN VAN EEN LONG-CONE EN SHORT-CONE RÖNTGENSTATUS

Uit de afdeling Tandheekundige Röntgenologie  
van de Katholieke Universiteit te Nijmegen.  
Hoofd: A. C. M. van de Poel.

A. C. M. VAN DE POEL

Om de schadelijke gevolgen van röntgenstralen te kunnen bestuderen wordt onder meer gebruik gemaakt van exposiemetingen. De hierbij meest gebruikte eenheid is de röntgen (R). De R geeft alleen maar informatie over de hoeveelheid straling die op een bepaalde plaats door een zekere hoeveelheid lucht wordt geabsorbeerd. Het gevaar voor de weefsels wordt echter niet bepaald door de op één bepaalde plaats geabsorbeerde dosis, maar door de totale hoeveelheid straling die door het gehele lichaam is opgenomen. Een manier om het totaal aan opgenomen energie vast te stellen, is in 1942 gepubliceerd door Mayneord en wordt weergegeven in de eenheid gramröntgen. Hierbij wordt de exposie gesommeerd over kleine volume-elementen van het door de primaire bundel bestraalde gebied. Daar echter de absorptie van de straling in de diverse weefsels verschillend is, heeft de I.C.R.U. (International Commission on Radiological Units and Measurements) in 1953 de integraal geabsorbeerde dosis, de gramrad ingevoerd (1 gramrad is 100 erg). Dit is een maat voor de totale hoeveelheid energie die in het weefsel wordt geabsorbeerd. Het bepalen van de integraal geabsorbeerde dosis is mogelijk door ervan uit te gaan dat de hoeveelheid straling die de patiënt, in welke vorm en richting dan ook, verlaat, verwaarloosbaar klein is in verhouding tot de door de weefsels opgenomen hoeveelheid.

De totale hoeveelheid geabsorbeerde straling kan dan gelijk worden gesteld aan de energie die door een doorsnede van de bundel gaat ter hoogte van de huid van de patiënt en wordt weergegeven in de formule:

$$(1) E_t = 86,9 \left( \frac{\rho}{\mu_a} \right)_{\text{lucht}} A.D. \text{ (erg)}$$

$E_t$  = totale hoeveelheid energie,

$A$  = dwarse doorsnede van de bundel in  $\text{cm}^2$  ter

hoogte van intreden van de bundel,

$D$  = exposie in R in lucht,

86,9 = de door de I.C.R.U. aangegeven waarde,

$\frac{\mu_a}{\rho}$  = massa-absorptiecoëfficiënt.

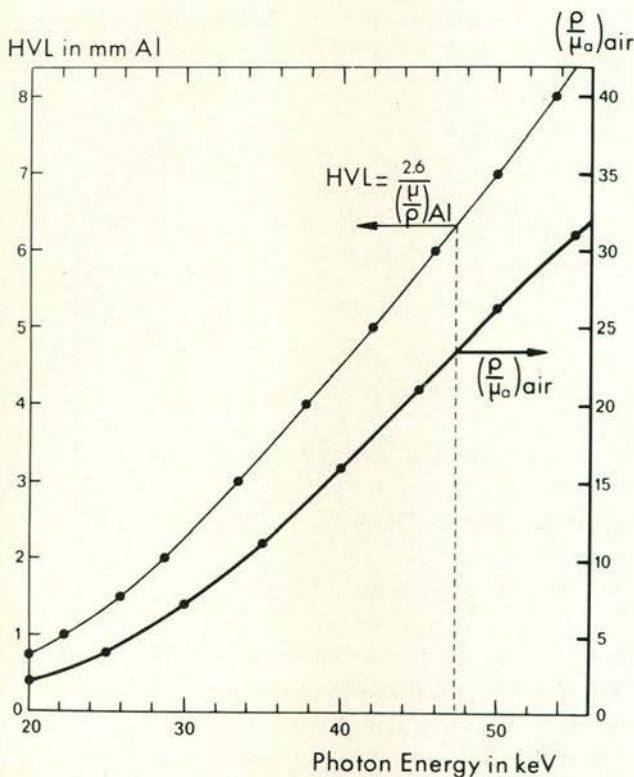
Hierbij moet echter eventueel terugkaatsen van de stralen worden uitgesloten en dient de dwarsnede loodrecht op de centrale straal van de bundel te staan.

Er resteren nu nog een drietal problemen, te weten:

1. Het niet-homogeen (monochromatisch) zijn van de bundel.
2. Het „Heel-effect”. Ten gevolge hiervan wordt het oppervlak niet overal even sterk bestraald, gezien echter het kleine bestraalde oppervlak is de invloed hiervan bij intra-orale opnamen te verwaarlozen.
3. Het bepalen van de afmetingen van het bestraalde oppervlak, daar dit veelal niet geheel regelmatig van vorm is en voorzien van een meer of minder uitgebreide randschaduw (Van de Poel, 1972).

Ad 1. Een exacte berekening van de absorptiecoëfficiënt is alleen mogelijk wanneer de spectrale samenstelling van de bundel bekend is. Een benadering is echter mogelijk door de kwaliteit van de toegepaste bundel te bepalen door middel van de halveringsdikte (H.V.D.) in mm Al. Deze H.V.D.-waarde van de polychromatische bundel kan dan worden gebruikt om de effectieve fotonenenergie vast te stellen, dat is de energie van een monochromatische bundel die eenzelfde halveringsdikte heeft. Met behulp van zogenaamde totale absorptiecoëfficiënt-tabellen kan dan vervolgens de H.V.D. van de monochromatische bundel worden opgezocht. Het verband tussen de H.V.D. en de totale





Afb. 1. Grafiek waarin de halfwaardedikte in mm aluminium (HVL) en de massa-absorptiecoëfficiënt ( $\frac{\rho}{\mu_a}$ ) in zijn uitgezet als een functie van de fotonenergie. Met behulp van deze grafiek kan, wanneer de HVL van de bundel bekend is, de bijbehorende massa-absorptiecoëfficiënt worden bepaald. (Uit: Van Aken, J. en Van der Linden, L. W. J. (1966). The integral absorbed dose in conventional and panoramic complete-mouth examinations.)

absorptiecoëfficiënt van lucht kan nu worden vastgesteld (afb. 1).

Het gestelde onder 2 en 3 zou zijn op te lossen door een oppervlakte-afhankelijke meting in  $R \cdot cm^2$  uit te voeren (de A.D. uit formule (1)). Dit is mogelijk met behulp van een Diamentor. Het toestel is uitgerust met een vlakke meetkamer, met een oppervlak van  $18,5 \times 18,5 \text{ cm}^2$  (Van de Poel, 1973).

Tot nu toe zijn nog maar een beperkt aantal publikaties over de integraal geabsorbeerde dosis in de tandheelkundige röntgenologie verschenen (Björngård en Hollender, 1960; Van Aken en Van der Linden, 1966).

Over de reductie van de integraal geabsorbeerde doses (in gramrad) bij gebruik van de long-cone techniek met behulp van filmhouders-instelapparaten die zijn voorzien van een extra diafragma, of over het gebruik van een open, met lood gevoerde, tube bij de Philips Oralix, is nog weinig bekend. Om hierover

nader te worden geïnformeerd werd het volgende onderzoek uitgevoerd.

#### Materiaal en methoden

Bepaald werden de integraal geabsorbeerde doses bij gebruik van:

A. De short-cone techniek toegepast met:

1. Een Philips Oralix (van een recent bouwjaar), 50 kV, 7 mA, focus-huidafstand 10 cm.

Als richtmiddel werd achtereenvolgens gebruikt:

- a. Een gesloten, puntvormige kunststof conus.
  - b. Een open tube. Dit is een Philips „longcone” ingekort tot 5 cm en het ingebouwde diafragma geruimd tot 25 mm (Van de Poel, 1972).
2. Een General Electric 90 II, 50 kV, 15 mA, focus-huidafstand 20 cm, voorzien van een gesloten kunststof conus.
  3. Een General Electric 100, 50 kV, 15 mA, focus-huidafstand 20 cm, voorzien van een gesloten kunststof conus.

B. De long-cone techniek toegepast met en zonder filmhouders-instelapparaten volgens Van Aken. Deze filmhouders zijn voorzien van ronde metalen platen, waarin een rechthoekige uitsparing is aangebracht. De grootte hiervan is aangepast aan het filmformaat, te weten  $29 \times 40 \text{ mm}$  voor het front en  $35 \times 48 \text{ mm}$  voor de premolaar-molaarstreek. Deze platen functioneren als een soort extra diafragma. Deze instelapparaten werden toegepast bij:

1. een General Electric 90 II, 65 kV, 15 mA, focus-huidafstand 45 cm, voorzien van een open plastic tube;
2. een General Electric 100, 65 kV, 15 mA, focus-huidafstand 45 cm, evenzo uitgerust met een open plastic tube met collimeter;
3. een S.S. White Flexomatic 90, 75 kV, 15 mA, focus-huidafstand 45 cm, met een open, met loodgevoerde, kunststof buis.

De integraal geabsorbeerde dosis werd berekend met behulp van formule (1). Daartoe werd de oppervlakte-expositie in  $R \cdot cm^2$  (A.D. uit (1)) per 1 sec. belichtings-tijd bepaald met behulp van een Diamentor. Dit toestel is uitgerust met een vlakke meetkamer. Om zeker te zijn, dat het veld van  $18,5 \times 18,5 \text{ cm}^2$  van de meetkamer voldoende groot zou zijn om het oppervlak



van de doorsnede van de diverse bundels ter plaatse van de meting geheel te kunnen omvatten, werd de vorm en grootte hiervan bepaald.

Dit werd gedaan met behulp van opnamen op een 18 × 24 cm Kodak NS-2T-film loodrecht op de röntgenbundel ter plaatse van de meetkamer. De bundels bleken in alle gevallen ruim binnen de omtrek van de kamer te vallen. Tot slot werd nog de stralenkwaliteit van de diverse röntgenbundels bepaald, door hiervan de halveringsdikte (H.V.D.) in mm aluminium door middel van een absorptiecurve te bepalen.

De integraal geabsorbeerde dosis kan nu worden berekend, mits het aantal opnamen en de daartoe behorende belichtingstijden bekend zijn. Deze werd vastgesteld door een gebitsstatus die als volgt was samengesteld:

- a. *Voor de short-cone techniek*; van de boven- en onderkaak zowel links als rechts, één opname van de molaarstreek, één van de premolaar-molaarstreek en van het front drie opnamen, in totaal 14 opnamen, alle op het filmtypen nr. 2 (3 × 4 cm).

Tabel I. De in dit onderzoek gebruikte belichtingstijden.

S.S. White	L.C.	1,5	1,25	1,75	2	Bovenkaak	
	S.C.	1	0,8	1	1,75		
G.E. 100	L.C.	1,25	1,25	1,25	1,5		
	S.C.	1	0,8	1	1,5		
G.E. 90 II	L.C.	1,25	1,25	1,25	1,5		
Oralix	S.C.	0,7	0,55	0,7	1,3		
Plaats		1	23	456	678		
Oralix	S.C.	0,4	0,55	0,55	0,7		Onderkaak
	S.C.	0,6	0,8	0,8	1		
G.E. 90 II	L.C.	1,25	1,25	1,25	1,25		
	S.C.	0,6	0,8	0,8	1		
G.E. 100	L.C.	1,25	1,25	1,25	1,25		
S.S. White	L.C.	1	1,5	1,75	1,75		

S.C. = short-cone status.  
 L.C. = long-cone status.  
 Film: Kodak Morlite Ultra Speed,  
 Ontwikkelaar: Kodak DX 80,  
 Temperatuur: 20° C,  
 Ontwikkeltijd: 4 minuten.

Tabel II. De oppervlakte-exposie in R. cm<sup>2</sup> van een complete röntgenstatus bij intreden van de bundel ter plaatse van de huid.

Toestel	kV	Type status	R.cm <sup>2</sup>	Richtmiddel
1. Philips Oralix	50	S.C.	305,2	kunststof conus
2. Philips Oralix	50	S.C.	252,88	open, met lood gevoerde, conus
3. G.E. 90 II	50	S.C.	292,5	kunststof conus
4. G.E. 100	50	S.C.	257,3	kunststof conus
5. G.E. 90 II	65	L.C.	180,4 86,4*)	open plastic tube
6. G.E. 100	65	L.C.	164 78,2*)	open plastic tube
7. S.S. White	75	L.C.	160 82,8*)	open, met lood gevoerde, tube

\*) Met behulp van filmhouders-instelapparaten model Utrecht.

- b. *Voor de long-cone techniek*; van de boven- en onderkaak zowel links als rechts, één opname op filmtypen nr. 2 van de molaarstreek en één van premolaar-molaarstreek van het front boven en onder vier opnamen op filmtypen nr. 1 (2,4 × 4 cm). Deze long-cone status is dus opgebouwd uit totaal 16 opnamen.

In dit onderzoek is uitgegaan van de belichtingstijd voor de ondermolaar, die bij een opname van een 4 mm dikke aluminium strip en 50 kV, op de foto een zwarting geeft van D = 2,6 (Van de Poel en Kloprogge, 1969) en bij 65 kV en 75 kV een zwarting van D = 1,6 (Wainwright, 1965).

De in dit onderzoek gebruikte belichtingstijden worden weergegeven in tabel I.

De verschillende massa-absorptiecoëfficiënten van de toegepaste bundels werden tenslotte bepaald met behulp van de grafiek zoals weergegeven in afb. 1 (Van Aken en Van der Linden, 1966) en de gevonden H.V.D.-waarden.

**Resultaten**

De oppervlakte-exposie voor de röntgenstatussen gemaakt met behulp van de diverse tandheelkundige röntgenapparaten, staan vermeld in tabel II.



Tabel III. De halveringswaarden in mm aluminium, gemeten zonder toegevoegd filter.

Toestel	kV		
	50	65	75
Philips Oralix	1,4		
G.E. 90 II	1,6	2,2	
G.E. 100	1,9	2,1	
S.S. White			2,4

Tabel IV. De massa-absorptiecoëfficiënten van de bundels.

Toestel	Philips Oralix	G.E. 90 II	G.E. 100	S.S. White
kV	50	50 65	50 65	75
$\left(\frac{\rho}{\mu_a}\right)$ lucht	4,1	4,5 6,8	5,3 6,1	7,6

Tabel V. De totale hoeveelheid geabsorbeerde straling.

Toestel	Type status	Richtmiddel	$E_i$ erg	gramrad
1. Philips Oralix	S.C.	plastic conus	$108,8 \cdot 10^3$	1088
2. Philips Oralix	S.C.	open tube	$90 \cdot 10^3$	900
3. G.E. 90 II	S.C.	plastic conus	$114,3 \cdot 10^3$	1143
4. G.E. 100	S.C.	plastic conus	$118,5 \cdot 10^3$	1185
5. G.E. 90 II	L.C.	open tube	$106,6 \cdot 10^3$	1066
			$51 \cdot 10^3$ *)	510*)
6. G.E. 100	L.C.	open tube	$82 \cdot 10^3$	820
			$41,5 \cdot 10^3$ *)	415*)
7. S.S. White	L.C.	open tube	$105,7 \cdot 10^3$	1057
			$54,7 \cdot 10^3$ *)	547*)

\*) = met behulp van filmhouders-instelapparaten model Utrecht.

S.C. = short cone,  
L.C. = long cone,  
1 gramrad = 100 erg.

De halveringswaarden in mm aluminium worden weergegeven in tabel III.

De massa-absorptiecoëfficiënten van de gebruikte röntgenbundels zijn afgedrukt in tabel IV.

In tabel V tenslotte worden de met behulp van formule (1) en de gegevens uit tabel II en IV berekende integraal geabsorbeerde doses weergegeven.

### Discussie

De dosisverschillen tussen de short-cone statussen zijn maar betrekkelijk klein. De laagste dosis wordt gemeten bij de Philips Oralix voorzien van een open, met lood gevoerde, tube. De reductie is een gevolg van de kleinere veld diameter en het beter begrensd zijn van de bundel door deze tube. De dosis bij de G.E.-toestellen is nog wat terug te brengen door de veld diameter te verkleinen tot  $\varnothing 7$  cm. Deze bedraagt momenteel  $\varnothing 8$  cm, gemeten op 2 cm afstand van de punt van de kunststof conus.

Ook werden vrijwel geen verschillen gevonden tussen de dosis die de patiënt wordt toegediend bij een short-cone en/of long-cone status. Ondanks het feit dat bij een short-cone status 2 opnamen minder worden gemaakt. De verschillen, nog aanwezig in de oppervlakte-doses, worden grotendeels te niet gedaan door de gevolgen die de stralenkwaliteit van de bundel heeft op de hoogte van de integraal geabsorbeerde dosis. De long-cone status, gemaakt met behulp van de G.E. 100, geeft de laagste dosis. Dit wordt veroorzaakt door de stralenkwaliteit van de door dit apparaat geproduceerde röntgenbundel.

Opvallend is de grote dosisreductie, van  $\pm 50\%$ , die optreedt bij gebruik van filmhouders-instelapparaten voorzien van een extra diafragma. Dit komt omdat deze diafragma's slechts een gedeelte van de bundel onverzwaakt doorlaten (Van de Poel en Groothedde, 1973).

Wat betreft de betrouwbaarheid van deze uitkomsten kan het navolgende worden opgemerkt:

1. Greer toonde in 1972 met behulp van thermoluminerende dosimeters aan, dat bij het maken van intra-orale röntgenopnamen maximaal maar 1,5% van de binnenkomende straling het hoofd weer verlaat.
2. Zieler (1961) toonde aan dat bij een veldgrootte van  $14 \times 14$  cm op een bijzonder groot fantoom bij 65 kV constante gelijkspanning 21% van de toegevoegde energie verloren gaat ten gevolge van secundaire straling. Bij 80 kV gaat 28% verloren. Nog meer energie gaat verloren wanneer de afstand van de bundel tot de randen van het object (fantoom) kleiner wordt.

De door ons onderzochte veldgroottes zijn echter ten opzichte van het object betrekkelijk klein, de gevonden waarden zullen waarschijnlijk dan ook niet meer dan  $\pm 20\%$  afwijken.



### Conclusie

1. Om de dosis van de patiënt bij het maken van een röntgenstatus van het gebit zo laag mogelijk te houden, dient bij voorkeur gebruik te worden gemaakt van de long-cone techniek met behulp van filmhouders-instelapparaten, voorzien van een meta-lendiafragma.
2. Van de gemeten toestellen gaf de G.E. 100 de laagste dosis.

### Samenvatting:

Bepaald werd de hoogte van de integraal geabsorbeerde dosis in gramrad bij zogenaamde short-cone en long-cone röntgenstatussen van het gebit. Hiertoe werden de oppervlaktedoses en de kwaliteit van de bundel van een aantal tandheelkundige röntgenapparaten bepaald. De integraal geabsorbeerde dosis werd berekend met de formule:

$$E_t = 86,9 \left( \frac{\rho}{\mu_a} \right)_{\text{lucht}} \text{A.D. (erg)}.$$

De verschillen in dosis bleken maar gering te zijn, echter bij het toepassen van de long-cone techniek met behulp van filmhouders-instelapparaten, voorzien van een extra metalen diafragma, kon een dosisreductie van 820 tot 415 gramrad ( $\pm 50\%$ ) worden gehaald. Ook uit het oogpunt van stralenbescherming dient dus voor het maken van intra-orale opnamen bij voorkeur gebruik te worden gemaakt van de long-cone techniek, toegepast met filmhouders-instelapparaten voorzien van een extra metalen diafragma.

### Summary:

Title: The integral absorbed dose in conventional long-cone and short-cone full-mouth examinations.

For two different techniques, i.e. the long-cone and the short-cone, the integral absorbed dose, expressed in gramrads or ergs was determined.

The integral absorbed dose was calculated by means of the formula:

$$E_t = 86,9 \left( \frac{\rho}{\mu_a} \right)_{\text{air}} \text{A.D. (ergs)}.$$

The surface exposure A. D. was measured with a Diamentor and the quality of the beams for the different dental X Ray machines i.e. the Philips Oralix, the General Electric 90 and 100 and the S.S. White was determined using the half value layer.

The dose differences seemed to be small. However by using the long cone technique with the help of X.R.P. instruments with a special rectangular collimating device (model Utrecht) a dose reduction of  $\pm 50\%$  was possible from 820 tot 415 gramrad.

With a view to radioprotection, periapical roentgenograms should preferably be made by the long cone technique, using X.R.P. instruments with a rectangular collimating device.

### Literatuur:

1. Aken, J. van, Van der Linden, L. (1966): The integral absorbed dose in conventional and panoramix complete mouth examinations. *Oral Surg* 22: 603.
2. Bjärngard, B., Hollender, L. (1969): Radiation doses in oral radiography. III. A limited survey of dental x-ray units. *Odontol Rev* 11: 193.
3. Greer, D. F. (1972): Determination and analysis of absorbed doses resulting from various intraoral radiographic techniques. *Oral Surg* 34: 146.
4. Mayneord, W. V. (1942): The measurement of radiation for medical purposes. *Proc Phys Soc London* 54: 405.
5. *National Bureau of Standards* (1962): I.C.R.U. Handbook 85. Washington, D.C.
6. Poel, A. C. M., van de Klopprogge, M. J. G. M. (1969): De belichtingstabel. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 76: 881.
7. Poel, A. C. M. van de (1972): Het profiel van de stralenbundel van de Philips Oralix. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 79: 280.
8. Poel, A. C. M. van de, Groothedde, R. Th. (1973): De oppervlakte-exposie van de huid bij long-cone en short-cone opnamen. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 80: 212.
9. Wainwright, W. W. (1965): *Dental radiology*. New York McGraw-Hill Book Company.
10. Zieler, E. (1961): Untersuchungen zur Bestimmung der Integraldosis in der Röntgendiagnostik. *Fortschr auf dem Gebiete der Röntgenstr.* 94: 248.

Mei 1973.

Philips van Leydenlaan 25,  
Nijmegen.