

WAAROM LONG CONE-TECHNIEK?*)

A. C. M. VAN DE POEL

A. S. H. DUINKERKE

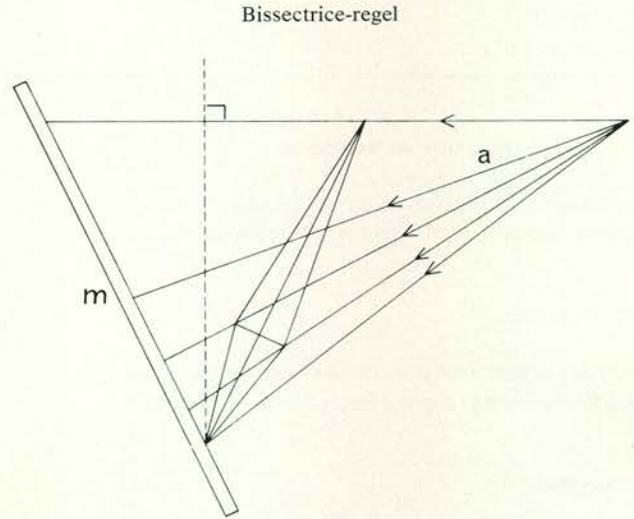
De in de algemene praktijk meest gemaakte röntgenfoto's van gebitselementen zijn intra-orale opnamen met behulp van tandfilms. De twee opnametechnieken die hiervoor kunnen worden toegepast zijn: 1. de short cone-techniek en 2. de long cone-paralleltechniek.

Ad 1. Bij de short cone-techniek, ook wel deellijn-techniek, bissectrice-regel-techniek of Cieszynski's techniek genaamd, bedraagt de focus-objectafstand 10-20 cm en is het gebruikte kilovoltage meestal laag (± 50 kV). Dit is een gevolg van het feit, dat deze techniek veelal met zogenaamde kleine tandheelkundige röntgenapparaten wordt uitgevoerd. Het apparaat wordt bij deze techniek zo ingesteld, dat de centrale straal van de röntgenbundel door het midden van de film gaat. De straal door de focus en de apex van het element verloopt loodrecht door de deellijn van de hoek gevormd door de richting van het vlak van de tandfilm en de richting van de lengteas van het element (afb. 1).

Ad 2. Bij de long cone-paralleltechniek moet de focus-objectafstand minimaal 30 cm zijn. De film verloopt evenwijdig aan de lengteas van het gebitselement en de centrale straal van de bundel staat loodrecht op de lengteas van het element (afb. 2). Het gebruikte kilovoltage is 60 kV of meer bij ± 15 mA. Dit om de belichtingstijden niet onpraktisch lang te laten zijn. Deze insteltechniek wordt vrijwel altijd uitgevoerd met behulp van filmhouders-instelapparaten (afb. 3).

Van deze technieken wordt door de tandarts-algemeen-practicus de short cone-techniek het meeste toegepast. De vraag doet zich dan ook voor waarom dan naar long cone-techniek zou moeten worden overgegaan. Dit is alleen zinvol wanneer deze techniek een groot aantal pluspunten boven de short cone-techniek zou hebben. Het is daarom goed beide

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



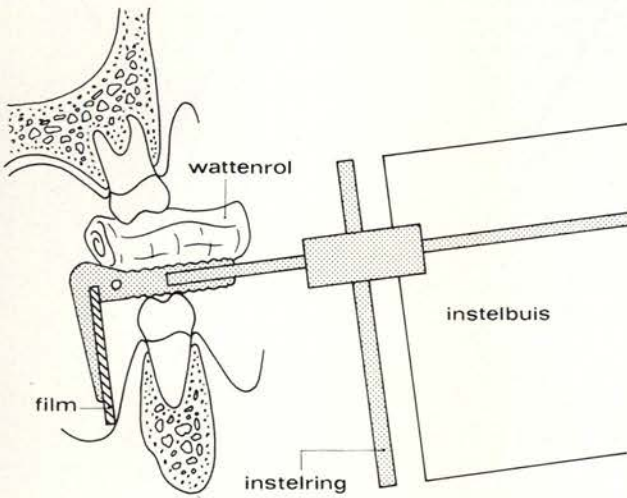
Afb. 1. De 'bissectrice-regel'-techniek. Hierbij gaat de centrale straal (a) van de bundel door het midden van de film (m). De straal door de apex staat loodrecht op de deellijn (gearceerd) van de hoek tussen de film en de lengteas van het element.

technieken aan de hand van een aantal criteria te vergelijken. De in dit artikel gebruikte criteria zijn afgeleid uit de eisen die aan een optimale weergave door middel van röntgenopnamen van gebitselementen op tandfilms zouden moeten worden gesteld. Deze zijn:

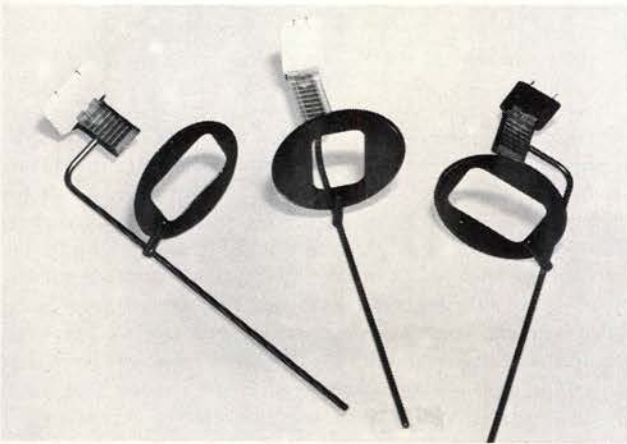
1. *Vergroting*: dit is de verhouding tussen de lengte van het element op de foto en de werkelijke lengte. Deze dient zo dicht mogelijk bijeen te liggen.
2. *Vertekening*: Dit is een ongelijkmatige vergroting; op vele opnamen wordt bijvoorbeeld de kroon sterker vergroot afgebeeld dan de wortel.
3. *Samenvallen van de cervicale randen*: Voor een optimale weergave moet de cervicale rand aan de buccale respectievelijk linguale zijde van het gebitselement zoveel mogelijk op de foto samenvallen.
4. *Beeldkwaliteit*: In dit artikel worden een aantal voornamelijk technische aspecten van het beeld op de foto beschreven, te weten:

*) Naar een voordracht gehouden op de klinische avond d.d. 3 oktober 1974 te Nijmegen.

Long cone-techniek



Afb. 2. De 'long cone-parallel'-techniek. Hier staat de centrale straal van de bundel loodrecht op de film en de lengteas van het element. De film is evenwijdig geplaatst aan de lengteas van het element. Het instellen geschiedt door de richtbuis van het röntgenapparaat evenwijdig aan de staaf en voor de richting van het filmhouder-instelapparaat te plaatsen. (Uit: Updegrave, W. J. (1967): New horizons in periapical and interproximal radiography.)

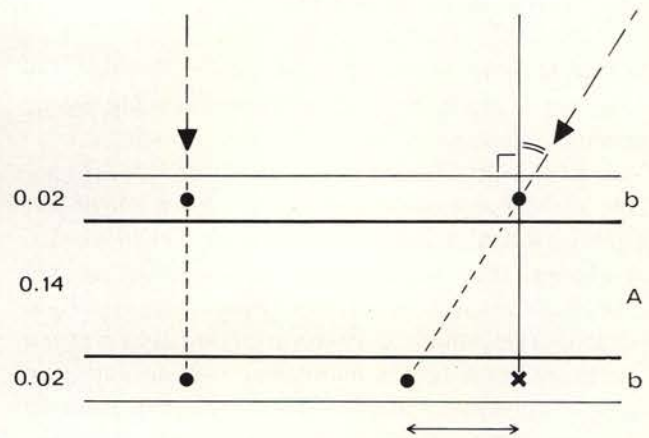


Afb. 3. Een set filmhouders-instelapparaten volgens Van Aken voor het boven- en onderfront (midden) en de premolaar-molaarstreek (links en rechts). De richting is hier uitgevoerd in de vorm van een metalen plaat waarin een rechthoekige uitsparing is aangebracht. Deze functioneert als een extra 'diafragma' door een belangrijk deel van de stralenbundel af te zwakken.

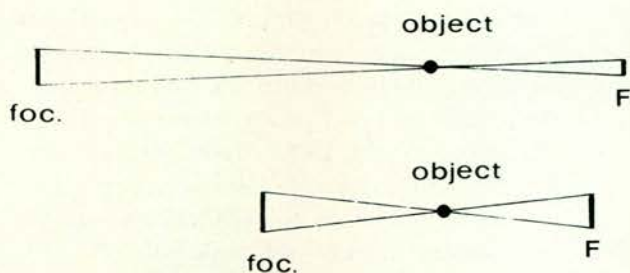
- 4.1. *De toonwaarde:* Hieronder wordt verstaan het aantal grijstinten dat binnen een bepaald zwartingsgebied kan worden waargenomen.
- 4.2. *De sluiswaarde:* Dit is de zwarting van de film op die plaatsen, die relatief weinig of geen

straling hebben ontvangen. De sluiswaarde bepaalt of een film helder en transparant aandoet. Wanneer röntgenstralen op een object vallen, dan worden hierin secundaire stralen opgewekt. Deze stralen gaan alle kanten heen en leveren als zodanig geen bijdrage tot de beeldvorming. Integendeel, zij verlagen het stralencontrast (de verhouding van de stralenintensiteit op twee punten achter het object), zij belichten immers de gehele film (meestal) gelijkmatig. Door de openingshoek van de bundel zo klein mogelijk te maken, wordt het gebied waarin de stroostralen kunnen worden opgewekt zo klein mogelijk gehouden. Dit komt zowel het contrast (zwart-wit verschil tussen twee plaatsen op een foto) als de stralenbescherming ten goede.

- 4.3. *De instelonscherpte:* Een tandfilm bestaat uit een drager van een bepaalde dikte, waarop aan beide zijden een emulsie (gevoelige laag) is aangebracht. Hierdoor worden de films maximaal gevoelig voor röntgenstralen. Indien de röntgenbundel niet loodrecht op de film staat, dan ontstaan in de twee emulsielagen beelden die ten opzichte van elkaar zijn verschoven. De opnamen worden echter meestal bekeken vanuit een blikrichting loodrecht op de film gericht. Ten gevolge hiervan wordt dan een onscherpte waargenomen (afb. 4).



Afb. 4. Een schematische weergave over het ontstaan van 'film- onscherpte'. Indien de stralen van de röntgenbundel de film niet loodrecht treffen, dan ontstaan er twee beelden die bij het beoordelen van de film vanuit een blikrichting loodrecht op de film op zekere afstand van elkaar zijn gelegen. A = drager; b = emulsie.



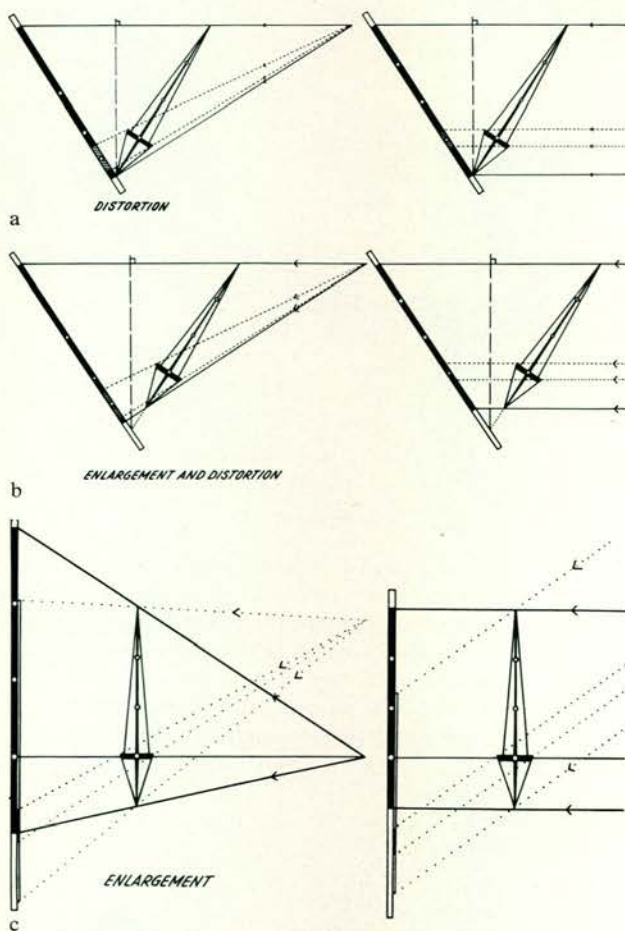
Afb. 5. Een schematische weergave over de focusonscherpte en de invloed hierop van de focusgrootte, de focus-objectafstand en de object-film afstand. foc = focus; F = film.

4.4. *Focusonscherpte.* De plaats waar de röntgenstralen worden opgewekt, de focus, heeft bepaalde afmetingen. Ten gevolge hiervan zal een punt in het object niet als een punt maar als een vlekje op de film worden afgebeeld (afb. 5). De factoren die op de grootte hiervan van invloed zijn, zijn de focusgrootte, de focus-objectafstand en de object-film afstand. Een kleine focus met een grote focus-object- en kleine object-film afstand is in dit opzicht het meest gunstig.

4.5. *Bewegingsonscherpte.* Tijdens het maken van de opname kunnen bewegingen optreden, te weten: bewegingen van de röntgenbuis (de focus), de patiënt (het object) en de film. Ook is nog een combinatie van twee van deze factoren mogelijk. Een dergelijke koppeling verkleint de onscherpte.

Vanuit de optica is bekend, dat een optimale beeldvorming tot stand komt, indien daarbij gebruik wordt gemaakt van een bundel evenwijdige stralen.

Van Aken (1969) heeft met behulp van een model-analyse aangetoond dat dit ook in de röntgenologie het geval is (afb. 6). Uit afbeelding 6 en tabel I kan worden afgelezen, dat bij de short cone-techniek in het gunstigste geval, wanneer het element aan één zijde tegen de film aanligt, er geen vergroting maar wel een vertekening en niet samenvallen van de cervicale randen optreedt. Indien de film evenwijdig aan de lengteas van het element verloopt en de röntgenbundel uit evenwijdige stralen bestaat, treedt er noch vertekening, noch vergroting op en vallen ook de cervicale randen op de foto samen. In dit opzicht verdient de long cone-techniek dus de voorkeur. Voor een evenwijdige bundel zou de röntgenbuis echter



Afb. 6. De 'bissectrice-regel'-techniek toegepast met een sterk divergerende stralenbundel en een stralenbundel samengesteld uit evenwijdig verlopende röntgenstralen. (Uit: Van Aken, J. (1969): Optimum conditions for intraoral roentgenograms.) Zowel met het element in contact met de film (a) als zonder (b) treedt er vertekening van de cervicale rand op. Bij de divergerende bundel treedt er bovendien nog een vertekening van het element op, althans wanneer het element in contact staat met de film; is dit niet het geval dan treedt ook nog vergroting op (c). Indien het element evenwijdig aan de film staat en de bundel divergerend is dan treedt er vergroting op. De weergave van de cervicale randen is afhankelijk van de hoek waaronder het element wordt getroffen.

oneindig ver weg moeten worden geplaatst en dit is technisch niet uitvoerbaar. De vraag doet zich dan ook voor wat de minimale focus-objectafstand is, die nog een goed beeld oplevert. Dit is door Van Aken (1969) onderzocht met behulp van een experimentele opstelling waarin opnamen van een bovenmolaar onder verschillende opnamecondities werden gemaakt (afb. 7). In deze opstelling konden één of meer variabelen afzonderlijk of gelijktijdig worden gewijzigd. Van de opnamen werden overtrek-tekeningen

Tabel I. Een overzicht van de optredende effecten bij de verschillende insteltechnieken.

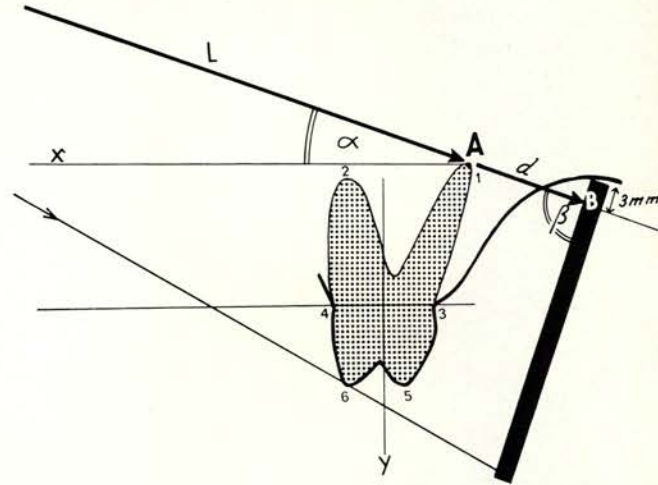
Projectie techniek	Focus ver weg			Focus dichtbij		
	ver-gro-ting	ver-teke-ning	cervi-cale rand	ver-gro-ting	ver-teke-ning	cervi-cale rand
Bissectrice-regel element in contact met film	-	-	+	-	+	+
Bissectrice-regel element en film niet in contact	-	-	+	+	+	+
Film evenwijdig aan element	-	-	±	+	-	±

+ = ongewenst effect; - = geen ongewenst effect.
 (Uit: Van Aken, J. (1969): Optimum conditions for intraoral roentgenograms.)

gemaakt, die werden opgemeten. Deze metingen werden grafisch weergegeven (afb. 8). Op deze manier was het hem mogelijk de randvoorwaarden vast te stellen waarbij nog goede opnamen mogelijk waren. De minimaal gewenste focus-objectafstand bleek 30 cm te bedragen (afb. 8).

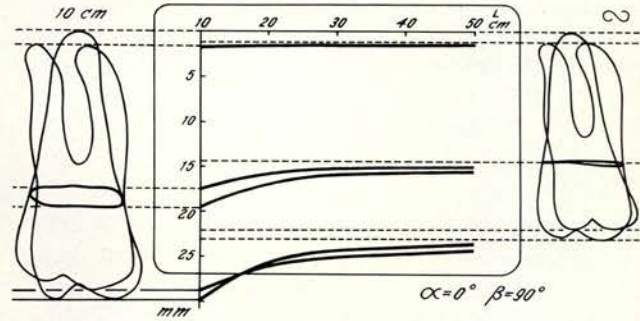
Voor een optimale weergave dient de film evenwijdig te zijn met de lengteas van het element. In de onderkaak zal dit over het algemeen weinig tot geen problemen opleveren, in de bovenkaak daarentegen spelen de vorm en diepte van het gehemelte in dezen een belangrijke rol. Indien immers de film evenwijdig aan de lengteas van het element zou worden opgesteld, dan is de kans groot dat de apices van de elementen niet op de film komen. Ook hier zal dan een compromis moeten worden gesloten. Uit afb. 9 blijkt dat bij een afwijking van 20° (de hoek α) van de ideale richting nog een goed beeld wordt gevormd. Barr en Grön hebben in 1959 aangetoond, dat deze hoek vrijwel altijd kleiner dan 20° kan worden gehouden. Bij toepassing van de bissectrice-regel zal deze hoek echter altijd een grotere waarde dan de minimaal haalbare bereiken.

Om de belichtingstijden bij het werken op deze betrekkelijk grote afstanden niet onpraktisch lang – meer dan 1,5 sec. – te laten worden, dient het röntgenapparaat een stralenbundel van een voldoende intensiteit te kunnen produceren. De intensiteit van de bundel neemt immers evenredig af met het kwadraat van de afstand. Daartoe wordt niet alleen het mA

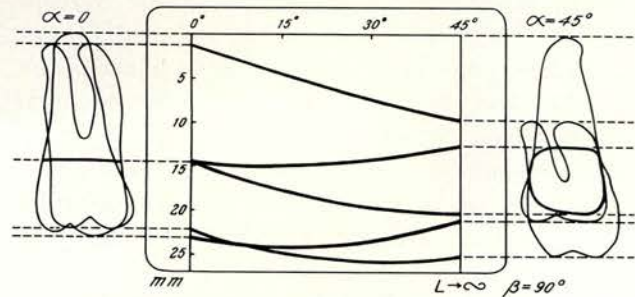


Afb. 7. De factoren die de beeldvorming bepalen. In dit artikel is β steeds 90°. (Uit: Van Aken, J. (1969): Optimum conditions for intraoral roentgenograms.)

L: focus-objectafstand (ten opzichte van A).
 α : de hoek waarover de röntgenbundel afwijkt ten opzichte van de ideale richting (x) te meten loodrecht op de lengteas van het element (y).
 d: object-film afstand.

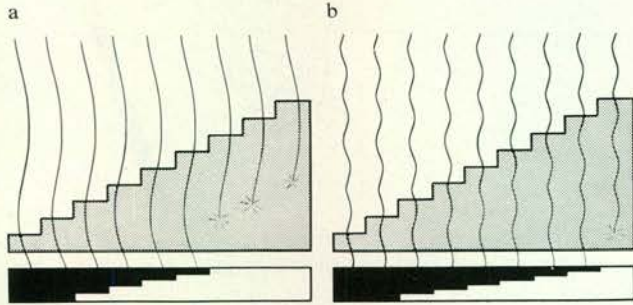


Afb. 8. De gevonden afwijkingen in de weergave van de bovenmolaar van afbeelding 7 wanneer L wordt gevarieerd. ($\alpha = 0^\circ$, $\beta = 90^\circ$). (Uit: Van Aken, J. (1969): Optimum conditions for intraoral roentgenograms.)



Afb. 9. De gevonden afwijkingen in de afbeelding van de bovenmolaar van afbeelding 7 wanneer α wordt gevarieerd ($\beta = 90^\circ$). (Uit: Van Aken, J. (1969): Optimum conditions for intraoral roentgenograms.)

verhoogd tot meestal ± 15 mA maar ook het kilovoltage van 50 naar 60 kV of meer gebracht. Ten gevolge van dit hogere kilovoltage krijgt de bundel een groter doordringend vermogen waardoor de weergegeven toonschaal (het aantal te onderscheiden grijstrappen) toeneemt (afb. 10) en kunnen dus meer details worden



Afb. 10. Doorsnede van aluminiumstrip met daarin schematisch aangegeven de mate van absorptie voor een stralenbundel met een lange golflengte (10a) en een korte golflengte (10b). (Uit: Updegrave, W. J. (1960): High or low kilovoltage.) Er onder is de zwarting op de film schematisch weergegeven.

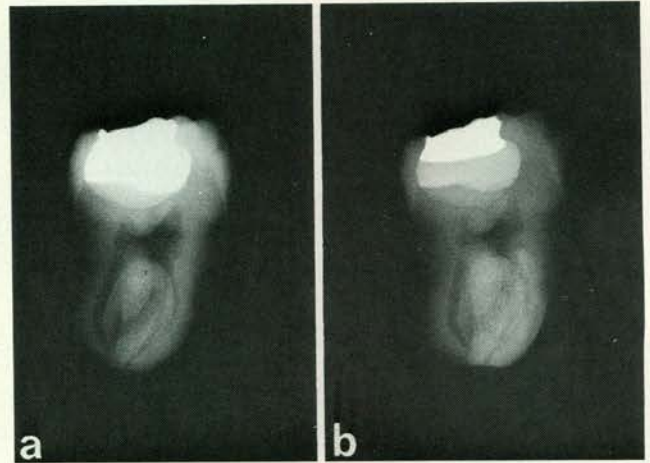
10a: Een laag kilovoltage (50 kV) geeft een bundel met veel stralen met een lange golflengte met als gevolg een groot contrast.

10b: Een hoger kilovoltage (60 kV) geeft een stralenbundel met een korte golflengte, gevolg minder contrast maar een langere grijstrap (toonschaal).

waargenomen. Een cementbodem onder een amalgaamrestauratie kan daardoor bijvoorbeeld beter hiervan worden onderscheiden (afb. 11).

Bij het toepassen van de long cone-paralleltechniek zal vrijwel altijd gebruik worden gemaakt van filmhouders-instelapparaten. Het röntgenapparaat kan hiermee zeer nauwkeurig worden ingesteld. Hierdoor is het mogelijk met een bundel van beperkte omvang te werken, te weten een bundel in doorsnede overeenkomend en niet veel groter dan het oppervlak van het toegepaste filmformaat. Het bestraalde gebied is dan minimaal van omvang waardoor ook een minimum aan secundaire stralen wordt gevormd. Dit is gunstig uit een oogpunt van stralenbescherming. De dosis van een zogenaamde long cone-status blijkt dan ook ruim 50% lager te zijn dan die van een short cone-status (Van de Poel, 1973). Ook de beeldkwaliteit is beter, contrastrijker (Van Aken, 1974; Updegrave, 1973).

De instelonscherpte. Bij de deellijnteknik wordt de film in verband met een zo optimaal mogelijke



Afb. 11. Een voorbeeld van het effect op het filmbeeld van het gebruik van een stralenbundel geproduceerd door een tandheelkundig röntgenapparaat van 50 kV (afb. 11a) en 65 kV (afb. 11b). Bij de opname gemaakt bij 65 kV (afb. 11b) zijn zowel de amalgaamrestauratie, de cementbodem als de Dycal-onderlaag goed van elkaar te onderscheiden. In afbeelding 11a, de opname gemaakt bij 50 kV, is daarentegen alleen het Dycal nog te onderscheiden van het amalgaam en het cement te zamen.

beeldkwaliteit bij voorkeur aan een zijde tegen de elementen aan gefixeerd (afb. 1). Dit heeft tot gevolg dat mede door de toegepaste insteltechniek de films altijd door de stralenbundel onder een hoek worden getroffen ten opzichte van een loodrechte op het filmoppervlak. Deze hoek kan in het onderfront, maar vooral in de bovenkaak met een ondiep gehemelte, grote waarden aannemen. Bij de long cone-paralleltechniek wordt de film vrijwel altijd loodrecht door de bundel geraakt. Onder ongunstige omstandigheden, zoals soms in de bovenkaak, treedt er een afwijking op. Deze afwijkingen zijn echter altijd beduidend kleiner dan die welke bij de short cone-techniek optreden. De invloed van deze hoekafwijkingen op de onscherpte zijn af te lezen in tabel II. Bij het

Tabel II. Een overzicht van de optredende filmscherptes bij een verschillende hoek van inval van de röntgenbundel bij twee filmdiktes.

		Hoek van inval			
		10°	20°	30°	45°
Filmdikte	0.14	0.02	0.05	0.08	0.14
	0.23	0.04	0.08	0.13	0.23

(Uit: Van Aken, J. (1968): Samenvatting collegedictaat.)

beoordelen van deze gegevens is het goed te bedenken dat een onscherpte vanaf 0.02 mm door het oog kan worden waargenomen. Het gebruik van films met een dunne drager en het toepassen van de long cone-paralleltechniek verdienen in dit opzicht de voorkeur.

De focusonscherpte. De invloeden van de focus-object- en de object-filmstand op de focusonscherpte bij een drietal focusgrootten is af te lezen uit

Tabel III. Een overzicht van de optredende focusonscherpte (O_f) bij de verschillende focusgrootten (f), focus-objectafstanden (v) en object-filmstanden (d).

O_f	v = 100		v = 200		v = 400	
	d = 10	d = 30	d = 10	d = 30	d = 10	d = 30
f = 0.8	0.08	0.24	0.04	0.12	0.02	0.06
f = 1.0	0.10	0.30	0.05	0.15	0.025	0.075
f = 1.6	0.16	0.48	0.08	0.24	0.04	0.12

Afstand in mm.

v = focus-objectafstand; d = object-filmstand; O_f = focusonscherpte.

(Uit: Van Aken, J. (1968): Samenvatting collegedictaat.)

tabel III. De kleine tandheelkundige röntgenapparaten die kunnen worden gebruikt voor long cone-technieken bezitten een focus van ± 1 mm. Uit de tabel blijkt dat bij een focus-objectafstand van 400 mm de kleinste onscherpte optreedt. De long cone-paralleltechniek is dus ook in dit opzicht beter.

De bewegingsonscherpte. In tabel IV is weergegeven

Tabel IV. Een overzicht van de bewegingsonscherptes (O_b) die optreden bij een beweging (y) van 1 mm bij verschillende focus-objectafstanden (v) en object-filmstanden (d).

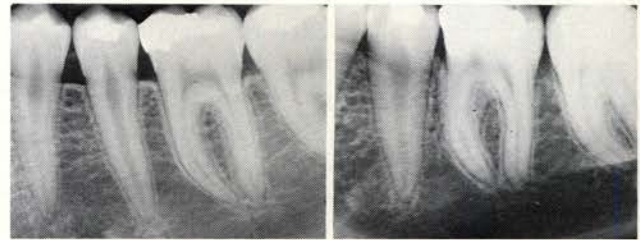
Beweging van	Bewegingsonscherpte	y = 1					
		v = 100		v = 200		v = 400	
		d = 10	d = 30	d = 10	d = 30	d = 10	d = 30
Object	$O_b = \frac{v+d}{v}$	1.1	1.3	1.05	1.15	1.025	1.075
Film	$O_b = y$	1	1	1	1	1	1
Focus Object+film	$O_b = \frac{d}{v}$	0.1	0.3	0.05	0.15	0.025	0.075

Afstand in mm.

v = focus-objectafstand; d = object-filmstand; y = afstand waarover de beweging plaatsvindt.

(Uit: Van Aken, J. (1968): Samenvatting collegedictaat.)

hoe groot de onscherpte is bij een beweging van object of film van 1 mm loodrecht op de röntgenbundel. In het algemeen kan worden gesteld dat de beweging van object of film de belangrijkste bron van onscherpte is, mits de object-filmstand klein is ten opzichte van de focus-objectafstand. Bij de long cone-paralleltechniek wordt vrijwel altijd gewerkt met filmhouders-instelapparaten, waardoor film en object als het ware een blok vormen. Uit tabel III blijkt dat ook dit de onscherpte vermindert en dat bij $V = 400$ mm, de afstand waarop bij long cone-techniek wordt gewerkt, de minste onscherpte optreedt.



Afb. 12. Rechts: short cone-opname. Links: long cone-opname van hetzelfde gebied bij dezelfde patiënt. Let op het verschil in weergave van de kroon-wortelverhouding, de weergave van het interdentale septum en de crest.

Samengevat zijn de voordelen van de long cone-techniek de volgende:

1. Vrijwel geen vergroting en/of vertekening.
2. Door het gebruik van filmhouders-instelapparaten blijft de film tijdens de opname vlak.
3. Het vlak van occlusie verloopt evenwijdig met en langs de rand van de film.
4. Geen instelonscherpte.
5. Kleine focusonscherpte en veelal geringere bewegingsonscherpte.
6. Lagere integraal geabsorbeerde dosis.
7. Een meer gestandaardiseerde instelling.
8. Minder foutieve opnamen. Uit eigen onderzoek is gebleken dat deze opnametechniek eenvoudig is aan te leren en maar weinig foutieve opnamen worden gemaakt en dat in tegenstelling tot bij de deellijnteknik deze foutieve opnamen vrijwel alle nog te beoordelen en dus bruikbaar waren. (Van de Poel, Kloprogge, Duinkerke, 1975).

Uiteraard zijn er aan de long cone-techniek ook enige bezwaren verbonden, zoals:

1. Voor deze techniek is een zwaarder type röntgen-apparaat nodig, teneinde een röntgenbundel van voldoende intensiteit te kunnen produceren.
2. Ten gevolge van de grotere focus-objectafstand (≥ 30 cm) zijn de belichtingstijden langer.
3. Er moet bij voorkeur gebruik worden gemaakt van filmhouders-instelapparaten.
4. Een aantal patiënten heeft moeilijkheden met het fixeren van de filmhouders-instelapparaten.
5. Lengte-bepalingen en opnamen bij edentaten zijn moeilijk en soms onmogelijk.

Conclusie

Zowel uit het oogpunt van beeldkwaliteit als stralenhigiëne verdient het gebruik van de long cone-paralleltechniek de voorkeur boven de deellijn-techniek. Ten gevolge van de grote focus-objectafstand, tenminste 30 cm bij deze opnametechniek, moet het röntgenapparaat een bundel met voldoende intensiteit kunnen produceren, dat wil zeggen in staat zijn op 60 kV of hoger te werken met een buisstroom van ± 15 mA.

Samenvatting:

De opname-condities waaronder een zo optimaal mogelijk beeld op de röntgenfoto wordt verkregen, worden nagegaan. Deze blijken te zijn: focus-objectafstand minimaal 30 cm, film evenwijdig aan de lengteas van het element en de centrale straal loodrecht op de film. Aan deze voorwaarden wordt voldaan bij de zogenaamde long cone-paralleltechniek. De voordelen hiervan op de beeldkwaliteit en de stralenhigiëne worden vervolgens aangetoond.

Summary:

Title: Why the extension cone paralleling technique?

The various factors involved in and/or affecting the production of a

roentgenogram with a good image quality, are discussed. These are focalobject distance at least 30 cm, parallelity of the film to the long-axis of the tooth and the centricity of the X-ray beam directed perpendicular to the recording plane of the film. All the above mentioned conditions are full-filled by using the so called Extension-cone-Paralleling Technique. The advantages on the quality of the image and the reduction of the dose are shown.

Literatuur:

1. Aken, J. van (1968): Samenvatting college röntgenologie. Rijksuniversiteit, Utrecht.
2. Aken, J. van (1969): Optimum conditions for intraoral roentgenograms. Oral Surg 27: 475.
3. Aken, J. van (1973): Die Weichteile des Gesichtsschädels und das intraorale Röntgenbild. ZWR 82: 1066.
4. Barr, J. H., Grön, P. (1959): Palate contour as a limiting factor in intraoral X-ray technique. Oral Surg 12: 459.
5. Poel, A. C. M. van de (1973): De hoogte van de integraal geabsorbeerde dosis bij het vervaardigen van een long-cone en short-cone röntgenstatus. Ned Tijdschr Tandheelkd 80: 263.
6. Poel, A. C. M. van de, Klopogge, M. J. G. M., Duinkerke, A. S. H. (1975): Een vergelijkend onderzoek naar de fouten gemaakt met de deellijn- en de long cone-techniek. Ned Tijdschr Tandheelkd 82: 68.
7. Updegrave, W. J. (1960): High or low kilovoltage. D Radiography and Photography 33: 4.
8. Updegrave, W. J. (1967): New horizons in periapical and interproximal radiography.
9. Updegrave, W. J. (1972): Simplified and standardized intraoral radiography with reduced tissue irradiation. J Am Dent Assoc 85: 861.

September 1974.

Philips van Leydenlaan 25,
Nijmegen.