

HET LIGAMENTUM PARODONTALE OP DE RÖNTGENFOTO

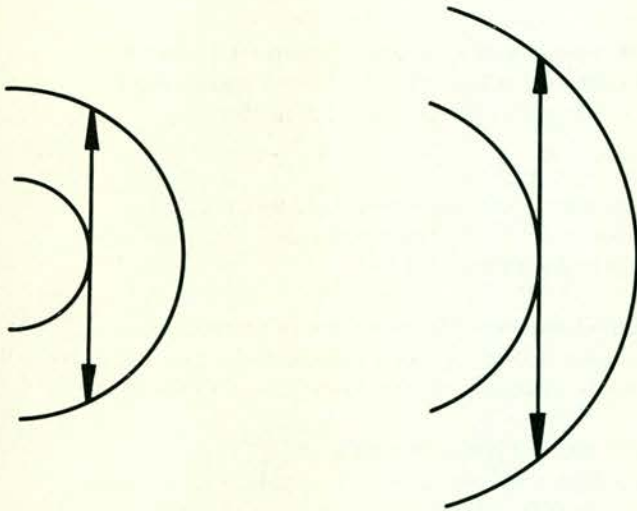
L. W. J. VAN DER LINDEN
J. VAN AKEN

De breedte van de parodontaalspleet vertoont behalve de normale variaties ook verschillen ten gevolge van occlusale belasting, orthodontische behandeling, gebrek aan functie, enz.

Met behulp van röntgenfoto's kunnen deze verschillen in breedte worden opgespoord. De juiste interpretatie kan echter worden gestoord door de mate van zwarting van de parodontaalspleet en over- en onderbelichting. De factoren die deze verschillen in zwarting kunnen veroorzaken zijn:

1. de vorm van de wortel (zie afb. 1);
2. de dikte van de processus alveolaris;
3. de belichtingstijd;
4. de kwalitatieve samenstelling van de gebruikte bundel röntgenstraling.

Deze factoren kunnen eveneens tot gevolg hebben dat men meent een verschil in breedte van de parodontaalspleet te zien, waar er in werkelijkheid geen is.



Afb. 1. Een toename van de straal van de worteloppervlakte (links naar rechts op de afbeelding) veroorzaakt een toename van de zwarting, omdat de bundel röntgenstralen over een grotere afstand door het parodontale weefsel, dat minder stralen absorbeert, gaat.

*Uit de afdeling Tandheelkundige Röntgenologie van de rijksuniversiteit te Utrecht.
Hoofd: Prof. J. van Aken.*

In dit onderzoek wordt nagegaan in welke mate deze 4 factoren de interpretatie van de breedte van de parodontaalspleet op de röntgenfoto kunnen beïnvloeden.

Langs de begrenzing van de wortel wordt soms meer dan één donkere lijn waargenomen op de röntgenfoto. De omstandigheden die dit effect veroorzaken worden eveneens besproken.

Verschillende onderzoekers hebben bij anatomische preparaten geconstateerd, dat de parodontaalspleet bij de rand van de processus alveolaris breder is dan dieper in de alveolus. Dit is in overeenstemming met andere publikaties, waarin wordt medegedeeld, dat een verschil in breedte op de röntgenfoto kan worden waargenomen. Men kan zich echter afvragen of de projectie van de rand van de processus alveolaris rond de wortel soms invloed heeft op de interpretatie van de breedte van de parodontaalspleet in dit gebied.

Materiaal en methode

Voor het onderzoek werden fantomen vervaardigd met verschillende afmetingen van de breedte van de parodontaalspleet, de straal van de wortel en de dikte van de kaak. Aluminium, gips en was werden gebruikt als vervangingsmiddel voor respectievelijk het dentine, bot en ligamentum parodontale. De water-poeder verhouding van het gips werd zo gekozen dat de absorptie van het verharde gips dezelfde was als die van aluminium. Deze materialen werden gekozen omdat door Hodge e.a. aangetoond is, dat de absorptie van röntgenstralen in dentine en aluminium ongeveer gelijk is.

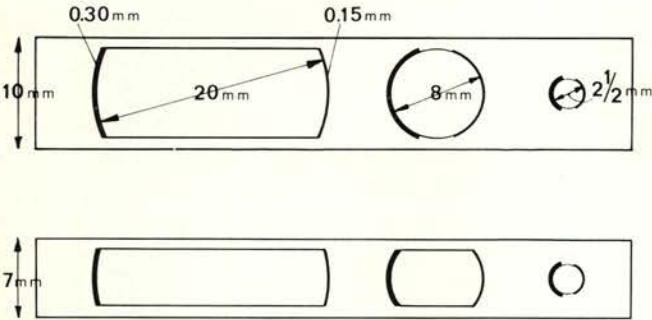
Aluminium staafjes van verschillende diameters stelden wortels met verschillende diameters voor; deze staafjes werden voorzien van een laagje was (ligamentum parodontale) van verschillende dikten, waaromheen gips werd gegoten (tabel 1 en afb. 2).

Er werden 4 series röntgenfoto's gemaakt; in iedere serie werden twee of meer factoren gewijzigd (tabel 2, 3, 4 en 5). De belichtingstijd werd zodanig gekozen, dat een zwarting van 0,9 werd verkregen ter plaatse van het „bot”.

Bij de series waar de belichtingstijd als variabele

Tabel 1. Afmetingen van de gebruikte onderdelen van de fantomen.

Dikte van de „kaak”	7	en 10	mm
Breedte van de parodontaa spleet	0,15	en 0,30	mm
Straal van de worteloppervlakte	1,25, 4	en 10	mm



Afb. 2. Schematische tekening die de twaalf combinaties van de drie anatomische factoren illustreert (dikte van de kaak, breedte van de parodontaa spleet en de straal van de worteloppervlakte).

factor werd ingevoerd (tabel 5), was de zwarting in de projectie van het „bot” 0,9 bij de middelste van elke serie van drie opnamen. Deze opnamen zijn in tabel 5 met een ster aangegeven.

De spanning was overal 65 kV, behalve voor de belichtingstijden in tabel 5. De verkregen röntgenfoto's werden zo gemonteerd, dat alleen een cirkelvormig gebied te zien was met in het midden de parodontaa spleet. De foto's werden beoordeeld door 21 waarnemers (stafleden van het Tandheelkundig Instituut), waarbij zij als volgt waren geïnstrueerd:

„De parodontaa spleet rond het element wordt op de röntgenopname weergegeven door een donkere lijn die het element begrenst. Onder invloed van verschillende factoren is de zwarting van deze lijn niet altijd dezelfde. In deze verschillen in zwarting zijn wij op dit moment *niet* geïnteresseerd. De vraag is hoe het met de

breedte van de parodontaa spleet gesteld is. Uw opdracht luidt dan ook:

Ga na of in de aangeboden serie opnamen, ongeacht de misschien bestaande verschillen in zwarte, de breedte van de parodontaa spleten verschillend is. Zo ja, sorteert de serie dan naar breedte.”

Door de 21 waarnemers werd iedere serie foto's in een bepaalde volgorde gelegd. Hierdoor kan aan elke film een rangnummer worden toegekend. Wanneer geen verschil in breedte werd waargenomen op twee (of meer) foto's, dan kregen deze hetzelfde rangnummer; dit nummer was het gemiddelde van de rangnummers, die verkregen zouden zijn, wanneer wel verschillen waren waargenomen.

Resultaten

Het effect van de volgende factoren op de waargenomen breedte van de parodontaa spleet werd nagegaan:

1. De kromming van het worteloppervlak.
2. De dikte van de processus alveolaris.
3. De gebruikte hoogspanning en de belichtingstijden.

1. De kromming van het worteloppervlak

In tabel 2 is op de 4e regel van boven het gemiddelde van de rangnummers aangegeven. Met de tekentoets werd nagegaan of de verschillen significant waren. Dit betekent, dat bij geen significantie het gemiddelde van de beoordeling van de 21 beoordelaars geen verschil vertoonde bij het vergelijken van de 2 foto's. De verschillen tussen de rangnummers voor 1,25, 4,0 en 10 mm straal zijn significant voor beide breedtes van de parodontaa spleet.

Hieruit kan worden geconcludeerd (tabel 2) dat, zowel bij de series met de brede als bij die met de smalle parodontaa spleet, een grotere straal (een platte wortel) tot gevolg heeft, dat het lijkt alsof de afbeelding van de parodontaa spleet breder is. Dit resultaat bevestigt de veronderstelling dat donkerder lijnen subjectief een bredere indruk maken. Het verklaart eveneens

Tabel 2. De invloed van het veranderen van de straal van de worteloppervlakte op de subjectieve visuele breedte van de parodontaa spleet (dikke kaak).

Dikte v.d. kaak	10					
Breedte v.d. parodontaa spleet	0.15			0.30		
Straal v.d. worteloppervlakte	1.25	4.0	10	1.25	4.0	10
Gemiddelde rangnummer	1.1	2.1	3.4	3.8	4.9	5.7

• Verschillen tussen deze waarden zijn statistisch niet significant.

Tabel 3. Het effect van het veranderen van de straal van de worteloppervlakte op de subjectieve visuele breedte van de parodontaalspleet (dunne kaak).

Dikte v.d. kaak	7					
Breedte v.d. parodontaalspleet	0.15			0.30		
Straal v.d. worteloppervlakte	1.25	4.0	10	1.25	4.0	10
Gemiddelde rangnummer	1.0	2.5	3.4	3.4	5.3	5.4

● Verschillen tussen deze waarden zijn statistisch niet significant.

waarom er geen verschil werd gevonden tussen een breedte van de parodontaalspleet van 0,15 mm bij een wortel met een straal van 10 mm en één die twee maal zo breed is (0,30 mm) bij een wortel met een veel kleinere straal (een sterk gekromd worteloppervlak, straal 1,25 mm). In alle andere modellen die werden vergeleken, waarbij de parodontaalspleet verschillend van dikte was, waren de beoordelaars in staat deze verschillen waar te nemen. Dit experiment werd herhaald met een dunnere kaak (tabel 3). De resultaten waren dezelfde als die bij de dikkere kaak, behalve het niet significante verschil tussen de gemiddelde rangnummers 5,3 en 5,4. Dit was de enige van 6 vergelijkingen waar de beoordelaars vaststelden, dat de parodontaalspleet even breed was.

2. De dikte van de processus alveolaris

Bij een volgend experiment werden de resultaten, verkregen bij een dunne en een dikkere kaak vergeleken. In tabel 4 staan de gegevens van de 2 modellen, waarvan acht röntgenfoto's werden gemaakt. De bovenste en onderste helft van de tabel vermelden de combinaties van factoren, die vergelijkbaar zijn met tabel 2 en 3. De resultaten uit het vorige experiment worden be-

Tabel 4. Invloed van de kaakdikte op de subjectieve visuele breedte van de parodontaalspleet.

Dikte v.d. kaak	7			
Breedte v.d. parodontaalspleet	0.15		0.30	
Straal v.d. worteloppervlakte	1.25	10	1.25	10
Gemiddelde rangnummer	1.7	4.5	5.1	7.45
Gemiddelde rangnummer	1.5	3.9	4.3	7.28
Straal v.d. worteloppervlakte	1.25	10	1.25	10
Breedte v.d. parodontaalspleet	0.15		0.30	
Dikte v.d. kaak	10			

● Niet significant
○ Bijna significant

vestigd in het nieuwe. Zie in tabel 4 de vergelijkingen van de gemiddelde rangnummers 4,5 en 5,1 evenals 3,9 en 4,3. Dit effect treedt op onafhankelijk van de dikte van de kaak: vergelijk de gemiddelde rangnummers 4,5 met 4,3 en 5,1 met 3,9 (bijna significant). Wanneer de dikte van de „processus alveolaris” wordt veranderd en de andere factoren constant blijven (ver-

Tabel 5. De invloed van het veranderen van de spanning en de belichtingstijd op de subjectieve visuele breedte van de parodontaalspleet.

Dikte v.d. kaak	10								
Breedte v.d. parodontaalspleet	0.3								
Straal v.d. worteloppervlakte	4								
kV	40			65			90		
Verhouding v.d. belichtingstijden	1 : 2* : 3	1 : 2* : 3	1 : 2* : 3	1 : 2* : 3	1 : 2* : 3	1 : 2* : 3	1 : 2* : 3	1 : 2* : 3	1 : 2* : 3
Gemiddelde rangnummer	4.8	7.1	7.7	2.9	4.5	6.3	2.2	4.1	5.5

● Verschillen tussen deze waarden zijn statistisch niet significant.

* Bij deze opname was de zwarting 0,9 ter plaatse van het „bot”.

ticale kolom), geven drie van de vier vergelijkingen een uitkomst die met de anatomische verhoudingen overeenstemt. De dikte van de kaak heeft blijkbaar geen sterke invloed op de interpretatie.

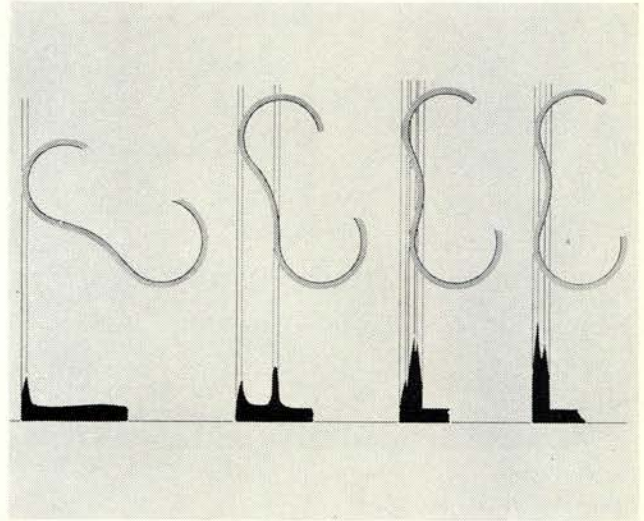
3. De hoogspanning en belichtingstijd

In het vierde experiment werd de belichtingstijd en de spanning van het röntgenapparaat gewijzigd. Tabel 5 geeft een overzicht van de gegevens van het model en het gemiddelde van de rangnummers.

Hieruit kan worden geconcludeerd, dat wijziging van de belichtingstijd veranderingen tot gevolg heeft in de subjectieve beoordeling van de breedte van de parodontaspleet. Deze is dus alleen vergelijkbaar op verschillende foto's, indien zij met de juiste en dezelfde belichtingstijd zijn gemaakt.

Negen vergelijkingen kunnen worden gemaakt die betrekking hebben op een verandering in de spanning. Van deze negen zijn er twee niet significant (4,5-4,1 en 6,3-5,5). Het feit dat het veranderen van de spanning tot gevolg kan hebben dat ook de breedte van de parodontaspleet anders wordt geïnterpreteerd, toont aan dat alleen foto's, die met dezelfde spanning (stralenkwaliteit) zijn gemaakt, kunnen worden vergeleken. Wanneer de cijfers die betrekking hebben op één waarde van de hoogspanning bij elkaar worden genomen, zijn alle drie de vergelijkingen, die dan kunnen worden gemaakt, significant.

De overige achttien vergelijkingen hebben betrekking op veranderingen in de hoogspanning zowel als in belichtingstijd. De interpretatie van deze cijfers laat verder geen conclusies toe. Er blijkt alleen uit dat het subjectief toenemen van de breedte met de belichtingstijd en het afnemen van de breedte bij een hoger kV elkaar soms compenseert.

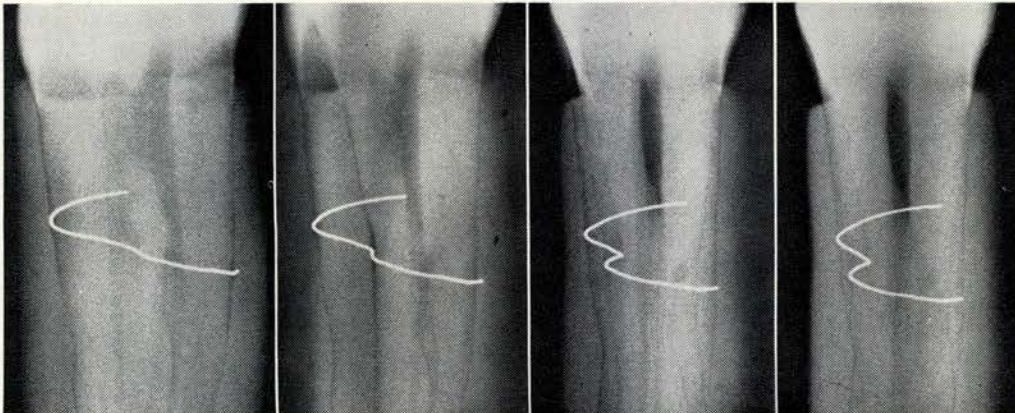


Afb. 3. De weglengte die de stralen afleggen door de parodontaspleet bij 4 verschillende horizontale instellingen. De weglengte is onderaan elke tekening uitgezet.

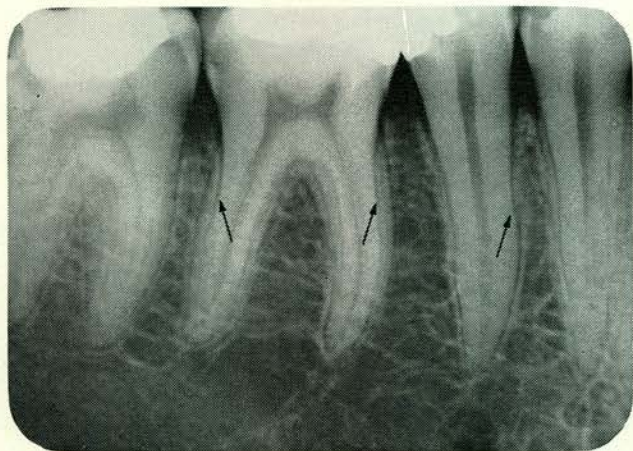
Uit de resultaten (tabellen 2, 3, 4 en 5) kan worden afgeleid, dat de subjectieve breedte van de parodontaspleet op de foto kan worden veranderd door:

- de kromming van het worteloppervlak;
- de belichtingstijd;
- de hoogspanning van het röntgenapparaat.

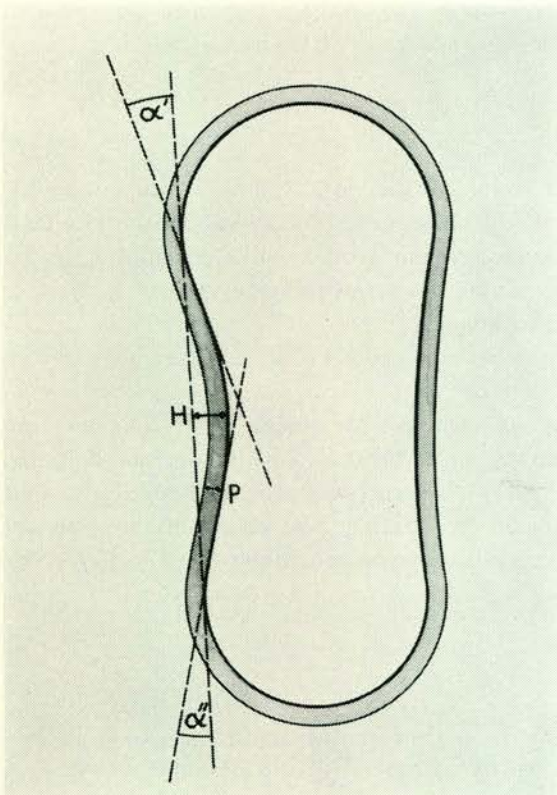
Bij vergelijkingen waar de breedte van het ligamentum parodontale verschillend is, kan op de foto de parodontaspleet als even breed worden beoordeeld door een compenserend effect van de kromming van het worteloppervlak, van de belichtingstijd of van de hoogspanning.



Afb. 4. Röntgenfoto's van een geëxtraheerd element met een kunstmatige parodontaspleet en botlaag. Foto's met 4 verschillende horizontale instellingen (verg. afb. 3) tonen de verandering in het aantal parodontaspleten. De metalen draad in de spleet demonstreert de relatie tussen de lijnen op de röntgenfoto en de omtrek van de wortel.



Afb. 5. Opname van een patiënt die de in afb. 3 en 4 besproken effecten weergeeft.



Afb. 6. Schematische dwarsdoorsnede door een wortel, waarin de drie factoren (P, H en α) zijn aangegeven. Deze bepalen de beeldvorming op de röntgenfoto.

Het aantal parodontalspleetlijnen op de röntgenfoto
Het ligamentum parodontale is zichtbaar als een donkere lijn op die plaatsen waar de röntgenstralen over een grote afstand dit weinig absorberende weefsel moeten passeren. Afbeelding 3 toont dwarsdoorsneden

door een wortel omgeven door het ligamentum parodontale. De rechte lijnen stellen de stralenbundel voor; de afstand die door de stralen is afgelegd bij het passeren van het ligamentum parodontale is onderaan in de 4 tekeningen schematisch weergegeven.

De eerste geeft het geval weer, waarbij één parodontalspleetlijn wordt geprojecteerd als begrenzing van de wortel.

De tweede tekening maakt duidelijk dat wanneer de wortel wordt gedraaid, er een tweede gebied is waar de röntgenstralen over een grotere afstand het ligamentum parodontale passeren. Wanneer men deze wortel beschouwt als bestaande uit twee ronde gedeelten, kunnen de betreffende gebieden worden gekarakteriseerd als plaatsen waar de röntgenstralen tangenciaal staan t.o.v. het oppervlak van de wortel.

De derde tekening toont aan dat er ook een raaklijn geconstrueerd kan worden in het concave gedeelte van het worteloppervlak. Als gevolg daarvan worden er 3 parodontalspleetlijnen geprojecteerd.

Tenslotte kunnen, wanneer het element iets verder wordt geroteerd, de twee stralenbundels die beide convexe gedeelten van de wortel tangenciaal passeren, samenvallen, zodat twee parodontalspleetlijnen ontstaan.

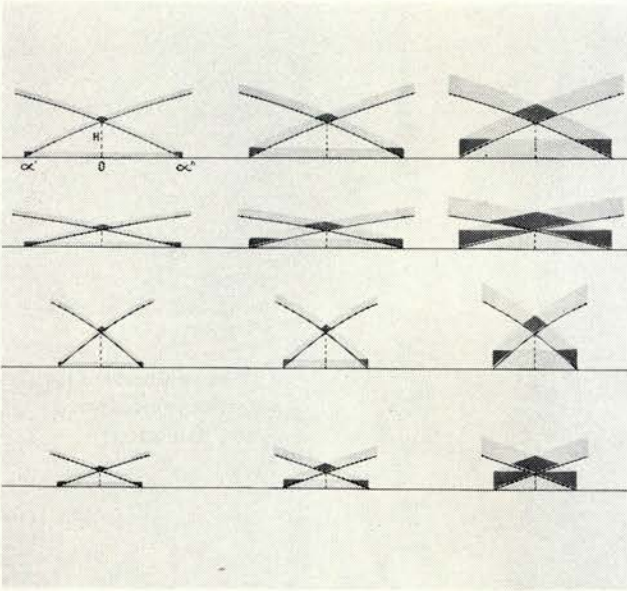
Een verdere draaiing resulteert in projecties in de tegenovergestelde volgorde als hierboven beschreven.

De verandering in het aantal parodontalspleetlijnen is in afbeelding 4 gedemonstreerd op röntgenfoto's die werden gemaakt van een geëxtraheerd element met een concaaf worteloppervlak, waarbij de horizontale instelhoek werd veranderd.

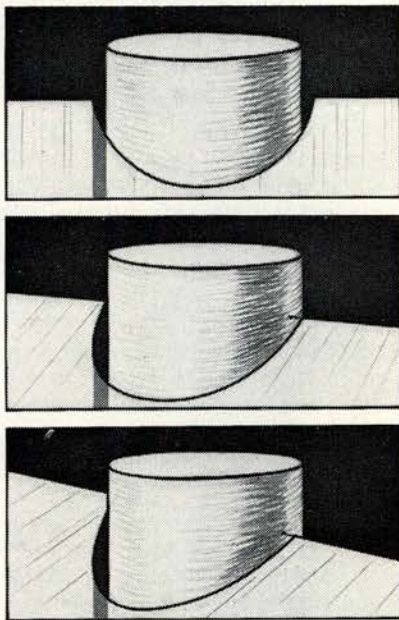
Afbeelding 5 is een röntgenfoto van een patiënt. Deze toont langs de mesiale begrenzing van de wortel van de tweede premolaar één parodontalspleet en langs het mesiale oppervlak van de mesiale wortel van de eerste molaar drie parodontalspleetlijnen, terwijl langs het distale oppervlak van de distale wortel van hetzelfde element twee van deze lijnen zichtbaar zijn.

Dit effect doet zich niet altijd voor, omdat het afzonderlijk projecteren van twee of drie parodontalspleten afhangt van bepaalde factoren. Deze factoren zijn schematisch weergegeven in afbeelding 6. Het zijn: de breedte van het ligamentum parodontale (P), de diepte van het concave gebied (H) en de hoek tussen de verbindingslijn en de raaklijnen ter plaatse van de keerpunten in de kromming van het worteloppervlak (α' en α'').

Afbeelding 7 illustreert wat er gebeurt wanneer de hoek (α) tussen de stralenbundel en de gestippelde lijn



Afb. 7. Invloed van de factoren P, H en α op de zichtbaarheid van de parodontalspleten op de röntgenfoto.



Afb. 8. De relatie tussen de parodontalspleet van een frontelement en de top van het interdentale alveolaire septum bij verschillende horizontale instellingen. Rechter kant: het visuele beeld. Linker kant: het röntgenologische beeld van de spleet.

in afbeelding 6 wordt veranderd. Deze hoek is uitgezet op de horizontale lijn van ieder der twaalf tekeningen. Tussen α' en α'' is de projectie van het concave gebied van het ligamentum parodontale langs de horizontale lijn getekend. De drie rijen tekeningen stellen van links naar rechts oplopende breedten van het ligamentum parodontale voor (verandering van P). Bij een hoek $\alpha = 0$ is de afstand tussen de samenvallende projecties van de twee convexe gebieden in verticale richting uitgezet (afstand H). In de tekeningen op de eerste (bovenste) en derde rij is dezelfde afstand H uitgezet; op de tweede en vierde rij is de afstand H kleiner. De derde factor die kan variëren is het verschil tussen de hoek α' en α'' . In de tekeningen zijn twee waarden van deze verschillen ($\alpha' - \alpha''$) opgenomen, een grote op de twee bovenste rijen ($\alpha' - \alpha''$ groot) en een kleine hoek op de twee onderste rijen ($\alpha' - \alpha''$ klein).

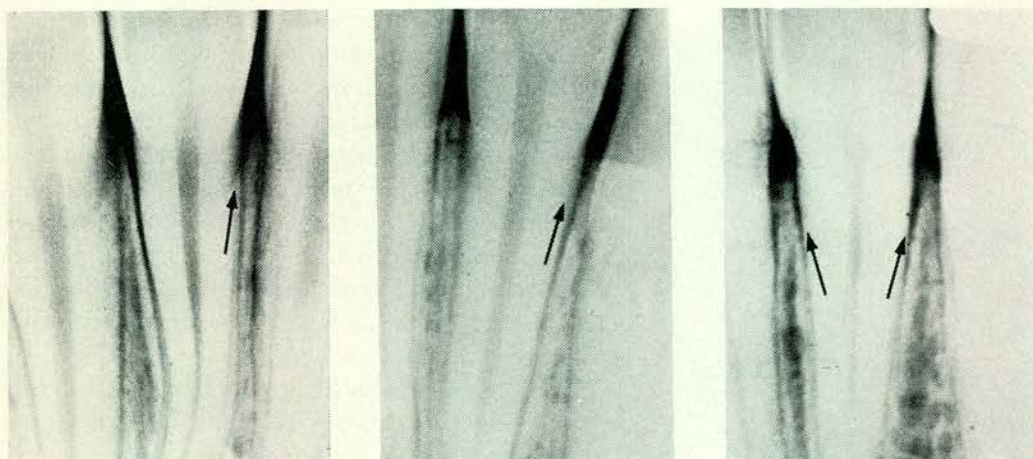
De tekeningen tonen aan, dat de mogelijkheid, dat de twee projecties van het ligamentum parodontale apart worden afgebeeld, kleiner wordt bij:

1. Kleinere afstand H. Geringe diepte van de groeve in de wortel.
2. Toename van P. Grotere breedte van het ligamentum parodontale.
3. Kleinere hoek van de hoek $\alpha' - \alpha''$. Grotere breedte van het concave gebied op het worteloppervlak.

De afbeelding van het marginale gedeelte van het ligamentum parodontale bij frontelementen

De verhoudingen tussen het element en de processus alveolaris in het frontgebied zijn in afbeelding 8 schematisch weergegeven. De drie tekeningen geven verschillende aanzichten en kunnen worden vergeleken met het röntgenbeeld dat verkregen wordt door de horizontale instelhoek te veranderen. Rechts van de tand is het visuele beeld van de „anatomie” weergegeven, links is tevens het ligamentum parodontale aangegeven, zoals het op de röntgenfoto wordt afgebeeld. Bij bestudering van de tekeningen blijkt, dat bij de instelhoek van de bovenste afbeelding het bovenste gedeelte van het ligamentum donkerder wordt weergegeven, omdat de stralenbundel daar geen buccale en linguale botpartij van de processus alveolaris behoeft te passeren. Dit kan tot gevolg hebben, dat op grond van de röntgenfoto wordt geconcludeerd, dat de parodontalspleet breder wordt. Is in werkelijkheid een bredere spleet aanwezig, dan kan deze verbreding worden overschat ten gevolge van de verhoogde zwarting.

Veranderen van de horizontale instelhoek veroor-



Afb. 9. Voorbeelden die het effect, weergegeven in afb. 8, illustreren.

zaakt op de foto het beeld van een halvemaanvormige zwarting, omdat hier de stralenbundel maar één (buccaal of linguaal) gedeelte van de processus alveolaris behoeft te passeren. Hierdoor wordt de projectie van het bovenste gedeelte van de parodontaalspleet smaller.

Bij een nog grotere horizontale instelhoek zal het bot van de processus alveolaris over de wortel heen geprojecteerd worden, zodat de parodontaalspleet hier ontbreekt. Deze situatie is afgebeeld op de laatste tekening. De projectie van het ligamentum parodontale is dientengevolge sterk afhankelijk van de horizontale instelhoek van de bundel. Afbeelding 9 vertoont dit effect op een röntgenfoto van het onderfront.

Samenvatting:

Een experiment waarbij röntgenfoto's van een proefmodel werden beoordeeld, toonde aan, dat de interpretatie van de breedte van de parodontaalspleet wordt beïnvloed door de mate van zwarting. Een zelfde breedte van de spleet kan bij de subjectieve beoordeling verschillend uitvallen wanneer de kromming van het worteloppervlak verschillend is, of wanneer de belichtingstijd of de hoogspanning aan de röntgenbuis worden veranderd.

Het aantal parodontaalspleetlijnen op de foto hangt af van de wijdte en de diepte van het concave gedeelte van de wortel en de dikte van het ligamentum en tevens van de horizontale instelhoek van de bundel.

De afbeelding van het marginale gedeelte van het ligamentum parodontale bij frontelementen wordt bepaald door de horizontale hoek van de bundel ten opzichte van de processus alveo-

laris. De parodontaalspleet kan ter hoogte van de top van het interdentaal septum verbreed lijken, versmald of geheel verdwenen zijn.

Summary:

Title: The periodontal ligament in the roentgenogram.

Experimental roentgenograms made on phantoms show that the visual impression of the width of the periodontal ligament is influenced by its blackening. The same width of the ligament can be interpreted as being different when the radius of the circumference is different, when the exposure time is changed or when the kilovoltage is changed.

The number of periodontal ligament projections depends on the width and depth of a concavity of the root and the thickness of the ligament, as well as the horizontal angulation of the X-ray beam.

The marginal aspect of the ligament in the roentgenograms of anterior teeth varies strongly with the horizontal angulation of the X-ray beam and may lead to a subjective extra widening of the ligament and in other situations even to a complete loss of the ligament at the crest of the interdental alveolar process.

Literatuur:

1. Coolidge, E. D. (1937): The thickness of the human periodontal membrane. *J. Amer. Dent. Ass.* 24: 1260-1270, aug.
2. Ritchey, B., Orban, B. (1954): Crests of the interdental alveolar septa. *Dent. Radiogr. Photogr.* 27: 37-56.
3. Updegrave, W. J. (1950): Normal radiodontic anatomy. *Dent. Radiogr. Photogr.* 31: 57-76.
4. Hodge, H. C., Van Huysen, G., Warren, S. L. (1935): Factors influencing the quantitative measurement of the röntgenray absorption of tooth slabs. *Amer. J. of Roentg.* 34: 523-528.
5. Dixon, W., Massey, F. J. (1957): Introduction to statistical analysis. Ed. 2. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc.

Adres: L. W. J. van der Linden,
Prof. J. van Aken,
Jutfaseweg 7,
Utrecht.