

PLAATSELIJK VERHOOGDE RADIOPACITEIT IN HET DENTINE*)

L. W. J. VAN DER LINDEN

J. VAN AKEN

Trefwoorden: Röntgenologie – Dentine

Inleiding

Op röntgenopnamen van gebitselementen zijn in het dentine soms gebieden te zien, die een abnormale absorptie voor röntgenstralen vertonen (Turkheim, 1954) (afb. 1). In de literatuur worden twee mogelijke verklaringen voor dit fenomeen gegeven. Eén ervan berust op verschijnselen die ten gevolge van het cariësproces in het dentine voorkomen. Hierbij worden lagen van verschillende samenstelling onderscheiden. Müller (1947) beschrijft één van deze lagen als een zone waarin de dentinekanaaltjes zijn verkalkt, hierdoor zou een sterke absorptie van röntgenstraling veroorzaakt kunnen worden. Hij onderzocht echter niet of dit zogenaamde 'transparante dentine' een sterkere absorptie van röntgenstralen vertoonde. Een tweede verklaring is door Massler en Barber in 1953 gegeven; zij onderzochten verkleurd dentine dat zich onder metalen restauraties bevond door middel van spectrografie. De auteurs vonden een relatief hoge concentratie kwik (0.5-5%) en kleinere hoeveelheden zilver, zink, tin en koper. Röntgenfoto's van deze elementen toonden ter plaatse een toegenomen radiopaciteit. De conclusie lijkt gerechtvaardigd dat kwik hiervoor verantwoordelijk is. In een recentere publikatie van Halse en Hollender (1976) wordt vermeld dat ook lichte gebieden onder niet-metalen restauraties kunnen worden aangetroffen. Zij verrichtten echter geen onderzoek aan het onder de restauraties liggende dentine.

Uit de vakgroep Conserverende Tandheelkunde van de Vrije Universiteit.

Voorzitter: Prof. Dr. C. O. Eggink.

Uit de vakgroep Tandheelkundige Röntgenologie van de rijksuniversiteit te Utrecht.

Voorzitter: Prof. J. van Aken.

Wegens de onvolledigheid en de tegenstrijdigheid van de genoemde onderzoeken geven zij geen goede verklaring voor de waargenomen verschijnselen.

In het hier beschreven onderzoek werden drie mogelijke verklaringen voor de toegenomen absorptie voor röntgenstralen nader bestudeerd. De eerste is de reeds genoemde verkalking van de dentinekanaaltjes, de tweede mogelijkheid is de aanwezigheid van kwik in het dentine en tenslotte is het mogelijk dat andere dan de hiervoor genoemde atoomsoorten uit de restauratie in het dentine worden getransporteerd.

Om de oorzaak van radiopaciteit te vinden werd een klinisch en chemisch onderzoek uitgevoerd.

Methoden en materialen

Dertig gebitselementen waarvan het dentine op de röntgenfoto plaatselijk een verhoogde radiopaciteit vertoonde werden bestudeerd. Tien werden bij patiënten met behulp van röntgenfoto's geselecteerd en aan een klinisch onderzoek onderworpen. Hierbij werden de restauraties verwijderd en de consistentie van het dentine beoordeeld door na te gaan in hoeverre het materiaal met handinstrumenten kon worden geëxcaveerd.

Uit een groot aantal geëxtraheerde gebitselementen werden er twintig geselecteerd om de concentratie van de verschillende elementen in het dentine te bepalen (tabel I). Metingen werden verricht met een 'elektronprobe', die de analyse van zeer kleine hoeveelheden ($1\mu^3$) materiaal mogelijk maakt (Birks, 1963; Wing, 1966). De metingen werden uitgevoerd op het oppervlak van een vlak gepolijste doorsnede van het te onderzoeken gebitselement. Met deze methode kan de aanwezigheid en de concentratie van atomen met een atoomnummer groter dan 11 worden bepaald in een volume van $1\mu^3$. Dit wordt omschreven met 'spectrumregistratie'. Met het apparaat is eveneens een registratie mogelijk van de concentratie van één atoomsoort langs een denk-

Samenvatting:

Door elektronprobe-onderzoeken werd aangetoond dat het radiopake dentine onder restauraties het resultaat is van de aanwezigheid van tin of zink. In carieuze gebieden kan de door ontkalking ontstane verminderde absorptie voor röntgenstralen, door het effect van de aanwezigheid van tin of zink in dit zachte materiaal, worden gecompenseerd. De gevonden concentraties voor de elementen tin en zink lagen tussen circa 1 en 10%. Experimenten met een fantoom uitgevoerd bewezen dat de geconstateerde concentraties de waargenomen toeneming in de absorptie voor röntgenstralen kunnen produceren. Enige geëxtraheerde gebitselementen die werden gevuld en bewaard bij 37 °C, vertoonden na 2 tot 3 jaar een toeneming in de radiopaciteit van het dentine die gelijk is aan de radiopaciteit op de röntgenfoto's, die bij patiënten werden gemaakt.

beeldige lijn, die over het oppervlak van het specimen loopt. Dit wordt een 'lijn scan' genoemd. Deze procedure kan uitgebreid worden tot het gehele oppervlak, door de lijn scan te herhalen, resulterend in een zgn. 'scanpicture'. Voor dit onderzoek werden een Norelco microprobe en een Norelco microprobe, uitgerust met een bij de T.H.-Delft ontwikkelde en gefabriceerde Monicolumn, gebruikt (Fontijn e.a., 1968).

Ook werd een hoeveelheid materiaal met de röntgenfluorescentie-methode geanalyseerd. (Birks, 1959). De specimina voor het onderzoek met de elektronprobe werden vervaardigd door de twintig vers geëxtraheerde elementen door te zagen en met methylmetacrylaat te impregneren. Impregnatie met methylmetacrylaat diende om het uitdrogen en daardoor krimpen van het carieuze deel van het dentine te voorkomen. Het specimen werd eveneens met methylmetacrylaat in een koperen ring ingebed. Na polymerisatie werd het oppervlak gepolijst. Voor documentatie werd een röntgenfoto en een zwart-wit foto gemaakt. Om na te gaan of de veranderingen in de samenstelling van het dentine, zoals die in de elektronprobe-studie werden gevonden, de beelden kunnen veroorzaken zoals op de röntgenfoto aangetroffen, werd een controle-experiment uitgevoerd. Hiertoe werd een materiaal met dezelfde absorptie en dezelfde chemische samenstelling als 'normaal dentine' vervaardigd. In sommige monsters van dit 'kunstdentine' werd de samenstelling veranderd overeenkomstig de uitkomsten van de elektronprobe-analyse. Dit kunstdentine werd gemaakt door $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, ZnO en

*) Eerder verschenen in Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology onder de titel 'The origin of localized increased radiopacity in the dentin'.

Tabel I. Elementen, die in geëxtraheerde elementen met een amalgaamrestauratie met of zonder cementonderlaag werden opgespoord.

	Opgespoorde elementen			
	Zn	Sn	Zn en Sn	Totaal
Gevuld zonder onderlaag		2	7	9
Gevuld met onderlaag	6		5	11
Totaal	6	2	12	20

polyester in een zodanige verhouding te mengen, dat dit dezelfde röntgenabsorptie vertoonde als aluminium en dentine (Hodge e.a., 1935). De mengsels met de toegevoegde hoeveelheden van de elementen, zoals deze in het analytisch onderzoek waren gevonden, werden geplaatst in gaten, die in een aluminium plaatje waren geboord. Om de klinische omstandigheden na te bootsen werden enige plaatjes aluminium zonder gaten op en onder het plaatje met de gaten gelegd. Van deze plaatjes werden röntgenopnamen gemaakt. Ter vergelijking werden op dezelfde film gebitselementen met een radiopaak gebied opgenomen. De verkregen beelden werden met een zwartingsmeter vergeleken (Joyce Loebel microdensitometer). Tenslotte werden nog in een aantal carieuze pas geëxtraheerde elementen, zonder een opaak gebied in het dentine caviteiten geprepareerd en onder verschillende omstandigheden met amalgaam gevuld (tabel II). Na gedurende ver-

schillende tijdsduur in een broedstoof bewaard te zijn werd van deze gebitselementen een röntgenfoto gemaakt om na te gaan of er veranderingen in het dentine waren opgetreden.

Resultaten

Het klinisch onderzoek

Tijdens het klinisch onderzoek werden bij de selectie van de gebitselementen de radiopake gebieden uitsluitend onder metalen restauraties aangetroffen. Soms werd op de röntgenfoto ook een donker gebied dat aan de restauratie grenst waargenomen (afb. 1a). Na verwijdering van de restauratie, werd een bruin gekleurd oppervlak gevonden; dit was een laag zacht carieus dentine en kon met een lepelvormige excavator worden verwijderd. Al het zachte materiaal werd geëxcaveerd tot alleen hard dentine overbleef. Foto's die ter controle werden gemaakt, demonstreerden dat bij excavatie niet al-

leen het materiaal van het donkere gebied op de foto maar ook het grootste deel van het abnormaal lichte (radiopake) gebied verwijderd was (afb. 1b); slechts een klein gedeelte van het wigvormige gebied blijft achter. Onder occlusale restauraties is het radiopake gebied komvormig, onder proximale restauraties daarentegen wigvormig. Dit verschil kan verklaard worden door de richting van de dentinekanaaltjes.

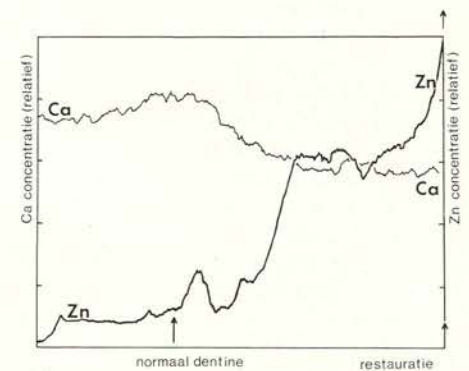


Afb. 1a. Röntgenfoto van een patiënt die onder de restauratie in het distale deel van de eerste ondermolaar een donker gebied en een wigvormig licht gebied toont.

Afb. 1b. Röntgenfoto van de molaar uit afb. 1a, na excavatie. Het donkere gebied en het overgrote deel van het abnormale lichte gebied is verwijderd.

De elektronprobe-studie (Bax en Van der Linden, 1969)

'Line scan analysis' door het radiopake gebied toonde aan dat de calciumconcentratie in de richting van de restauratie naar de pulpakamer eerst lager is dan normaal (20-30%) en daarna toeneemt in de richting van de pulpakamer. Een toename boven de normale concentratie werd niet gevonden (afb. 2). Hypercalciëficatie kan daarom als verklaring van de toegenomen radiopaciteit worden uitgesloten. Kwik als een mogelijke verklaring van het waargenomen röntgenologische fenomeen kan ook worden uitgesloten,



Afb. 2. 'Line scan analysis' van een gebitselement met een radiopaak gebied. De calciumconcentratie vertoont een afname met 20 tot 30% indien men van het normale dentine naar de restauratie gaat. Langs dezelfde lijn is een toename in de zinkconcentratie te registreren.

Tabel II. Weergave van de toestand van het dentine in de caviteiten en de omstandigheden waaronder de vulling werd aangebracht.

	Vulmaterialen					
	non-zink amalgaam		amalgaam, dat zink bevat		amalgaam, dat zink bevat en zinkfosfaatcement-onderlaag	
	Omstandigheden in de caviteit tijdens het vullen					
	bevochtigd met speeksel	droog	bevochtigd met speeksel	droog	bevochtigd met speeksel	droog
Carieus dentine, gedeeltelijk geëxcaveerd	X	X ^{*)}	X ^{*)}	X	XX ^{*)}	X
Niet-carieus	X				X	

X: Omstandigheden tijdens onderzoek.

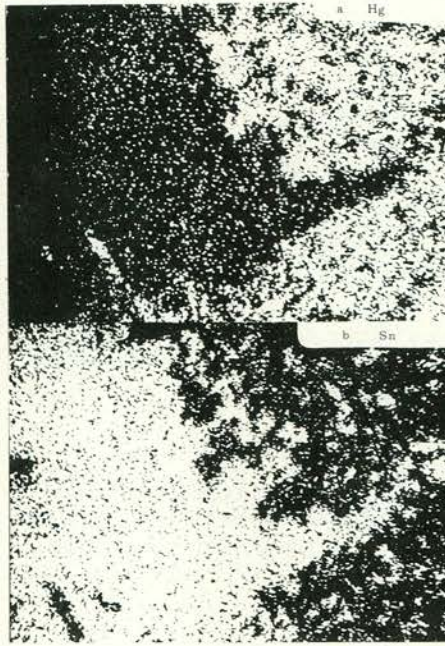
^{*)} Toeneming in de radiopaciteit na 3 jaar verblijf in broedstoof bij 37 °C.

omdat kwik niet aantoonbaar was in het dentine. Een extra controle met behulp van röntgenfluorescentie bevestigde dit resultaat (5 ppm Hg) (Birks, 1959).

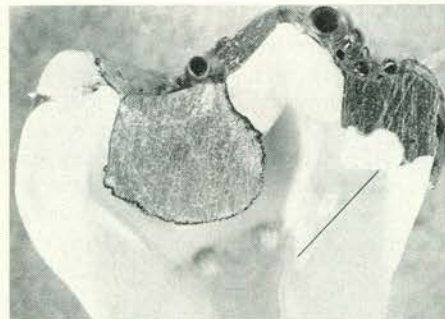
Voor verder onderzoek werd een spectrum gemaakt van verschillende gebieden van de twintig gebitselementen. De atoomsoorten die in hogere concentratie voorkomen (uitgezonderd calcium en fosfor) zijn zink tot 7%, tin tot 4% en koper in een concentratie van 0 tot 1%. Onder een cementonderlaag kan zink worden gevonden; aan de randen van de onderlaag werd soms tin aangetoond. Onder amalgaamrestauraties zonder onderlaag werd in de meeste gevallen zowel tin als zink opgespoord. In twee gevallen werd alleen tin aangetoond. Zink zonder tin werd in geen enkel geval gevonden (tabel I). 'Line scan pictures' (afb. 3) toonden aan dat tin in het erboven liggende amalgaam weinig homogeen was verdeeld. Aan de randen werden concentraties van 60-70% Sn gevonden. Deze hogere concentraties bevorderen waarschijnlijk het transport van tin van de restauratie in het dentine. Eén specimen (afb. 4) werd gebruikt om langs dezelfde lijn de zwarting van de röntgenfoto en de concentratie van calcium en zink te registreren. De 'line scan analysis' voor deze twee atoomsoorten werd tegelijkertijd uitgevoerd. De drie grafieken van deze registratie zijn in afbeelding 5 weergegeven en tonen aan dat het overgrote deel van het opake gebied voor 30% is ontkalkt. Het effect van de 10% zink die in hetzelfde gebied wordt gevonden overcompenseert de verminderde absorptie door de ontkalking, wat resulteert in een lichter gebied op de röntgenfoto. Op de röntgenfoto wordt een donker gebied geproduceerd daar waar de ontkalking zo buitensporig is (50%) dat het niet door de 5 tot 10% aanwezige zink wordt gecompenseerd. In dit deel van het onderzoek werd de focus van de elektronprobe vergroot tot 15 à 20 micron om fluctuaties in de calciumconcentratie, die door de aanwezigheid van de dentinekanaaltjes zou kunnen ontstaan, te vermijden.

Het controle experiment

Kunstdentine met hieraan toegevoegd 0; 0,5; 1,5; 2,5; 5 en 10% tin werd vervaardigd en in de gaten van de aluminium strip aangebracht. In een andere serie werden dezelfde concentraties zink gebruikt. Het plaatje met de gaten werd tussen twee dunne lagen aluminium geplaatst (afb. 6). Van dit fantoom en een gebitselement met een radiopaak gebied werd een röntgenfoto gemaakt. Tracings van de röntgenfoto met een zwartingsmeter uitgevoerd, worden in afbeelding 7 getoond. De tracing van het gebitselement volgt de lijn die in afbeelding 6 is aangegeven. Boven de gestippelde lijn A-B in afbeelding 7 is een toeneming in de



Afb. 3. 'Scan pictures' van amalgaam die de verdeling van kwik (a) en tin (b) en een laag amalgaam grenzend aan het dentine toont. In a zijn de witte vlekken gebieden die kwik bevatten en in b zijn de witte vlekken gebieden met tin.

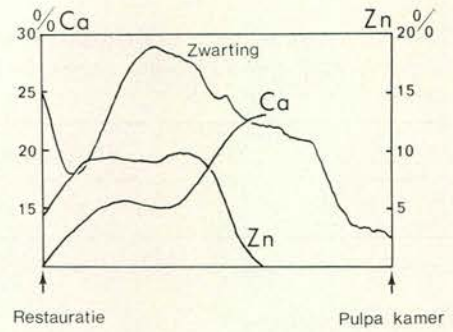


Afb. 4a. Slijppreparaat, waarop de lijn is aangegeven waarlangs de 'line scan analysis' en de registratie van de zwarting is uitgevoerd.



Afb. 4b. De röntgenfoto van dit gebitselement.

absorptie voor röntgenstralen in het dentine waar te nemen. Deze zwartingsverandering kan worden vergeleken met de effecten verkregen met de monsters die in het fantoom waren aangebracht. Hieruit werd geconcludeerd dat de hoeveelheid tin of zink die in het dentine aanwezig was, ongeveer 3% tin of 10% zink



Afb. 5. Relatieve zwarting van de röntgenfoto, calcium-concentratie en zink-concentratie langs de lijn aangegeven in afb. 4.

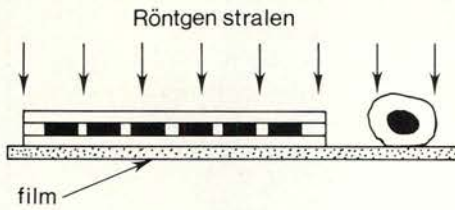
bedroeg. In de andere monsters werden ongeveer dezelfde percentages gevonden. De resultaten van dit onderzoek zijn in overeenstemming met de conclusies uit het elektronprobe-onderzoek.

In vitro reproductie van het transport van tin en zink

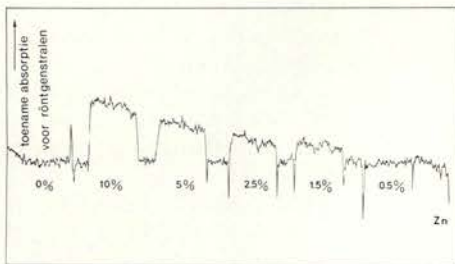
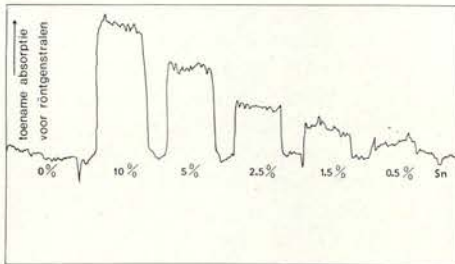
Negen gebitselementen werden onder verschillende omstandigheden gevuld met amalgaam (tabel II). Na gedurende ongeveer 2 à 3 jaar in een broedstof te zijn bewaard werd in enkele gebitselementen een toeneming van de radiopaciteit waargenomen (afb. 8). Een toegenomen absorptie ontwikkelde zich uitsluitend in enkele van de elementen waarin carieus materiaal onder de amalgaamvulling was achtergebleven.

Discussie

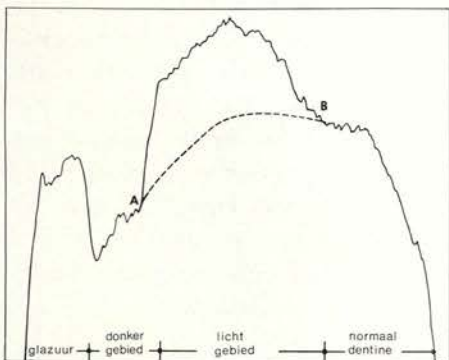
De uitkomsten van het onderzoek geven een verklaring voor de waargenomen radiopake gebieden. Dit resultaat werd bevestigd door andere onderzoekers (Fusayama e.a., 1972; Kurosaki e.a., 1973). Het mechanisme van het transport van tin en zink door het dentine werd niet onderzocht. Het klinisch onderzoek en de nabootsing in vitro doen vermoeden dat carieus dentine nodig is of in ieder geval een factor is die het transport van de onedele metalen in het dentine bevordert. De tijd die voor dit transport bij patiënten nodig is, is ongeveer 1 à 1,5 jaar. In het in vitro onderzoek nam dit transport verscheidene jaren in beslag.



Afb. 6a. Schematische tekening van een fantoom bestaande uit drie plaatjes aluminium en een gebitselement. Het middelste plaatje aluminium is voorzien van gaten die met kunstdentine met verschillende concentraties tin of zink zijn gevuld.



Afb. 7a. Registratie van de zwarting van de röntgenfoto van het fantoom van afb. 6. De concentraties tin en zink in het kunstdentine bedroegen 0; 0,5; 1,5; 2,5; 5 en 10%.

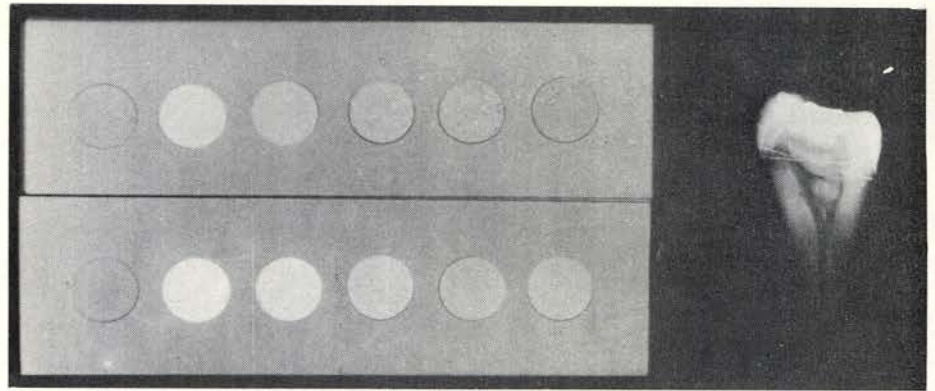


Afb. 7b. Registratie van de zwarting van de röntgenfoto van het gebitselement van afb. 6. Boven de gestippelde lijn bestaat een toegenomen absorptie van röntgenstralen. Uit een vergelijking met afb. 7a volgt dat zich ongeveer 3% tin of 10% zink in het dentine bevindt.

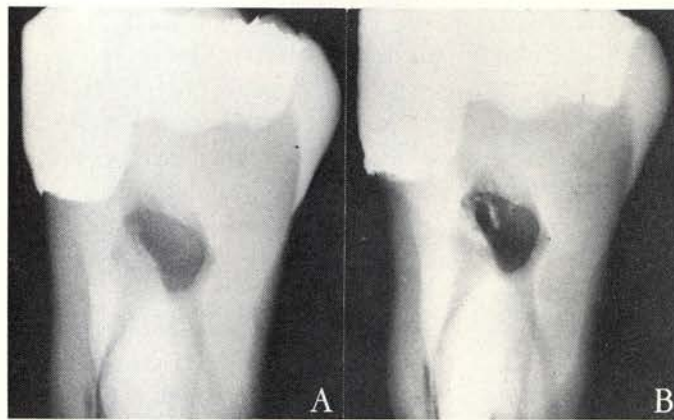
Summary:

Title: The origin of localized increased radiopacity in the dentin.

It was shown by electron probe studies that the radiopaque dentin under restorations is the



Afb. 6b. Röntgenfoto van het fantoom en het gebitselement. In het bovenste deel van de röntgenfoto het kunstdentine dat verschillende hoeveelheden zink bevat en in het onderste deel het kunstdentine dat verschillende hoeveelheden tin bevat.



Afb. 8. Röntgenfoto's van een geëxtraheerd gebitselement gevuld met amalgaam en een zinkfosfaatcement onderlaag. A. direct na het vullen; B. na 2 1/2 jaar in een broedstov bij 37°C.

result of the presence of tin or zinc. In carious areas the reduced absorption of X-rays by decalcification may be overcompensated by the effect of the tin or zinc present in this soft material. The concentrations found were for both zinc and tin approximately 1 to 10 percent. Phantom experiments proved that the recorded concentrations can produce the observed increase in absorption of X-rays. Some extracted carious teeth which were filled and incubated at 37 °C for 2 to 3 years showed an increased radiopacity of the dentin similar to the radiopacity seen in radiographs of patients.

Literatuur:

1. Bax, D., Van der Linden, L. W. J. (1969): Electronprobe microanalysis of filled human teeth. Fifth International Congress on X-ray Optics and Microanalysis, Tübingen, 1968, Berlin, Springer-Verlag.
2. Birks, L. S. (1959): X-ray spectrochemical analysis. New York, Interscience Publishers.
3. Birks, L. S. (1963): Electronprobe microanalysis. New York, Interscience Publishers.
4. Fontijn, L. A., Bok, A. B., Kornet, J. G. (1968): The T.P.D. electronprobe X-ray micro analyzer. Geologie en Mijnbouw 47: 415-422.
5. Fusayama, T., Kurosaki, N. (1972): Structure and removal of carious dentin. Int Dent J 22: 401-411.
6. Halse, A., Hollender, L. (1976): Radiopaque zones in the dentine beneath amalgam and silicate fillings. Dento-Maxillo-Facial Radiol 5: 5-9.
7. Hodge, H. C., Van Huysen, G., Warren, S. L. (1935): Factors influencing quantitative measurement of roentgen-ray absorption of tooth slabs; radiation factors. Am J Roentgenol 34: 523-528.
8. Kurosaki, N., Fusayama, T. (1973): Penetration of elements from amalgam into dentin. J Dent Res 52: 309-317.
9. Linden, L. W. J. van der, Van Aken, J. (1973): The origin of localized increased radiopacity in the dentin. Oral Surg 35: 862-871.
10. Massler, M., Barber, T. K. (1953): Action of amalgam on dentin. J Am Dent Assoc 47: 415-422.
11. Müller, O. (1947): Pathohistologie der Zähne. Basel, Benno Schwabe & Co Verlag. Pp. 28-29.
12. Turkheim, H. J. (1954): Interpretation of roentgenographic details indicating conservative treatment. J Am Dent Assoc 49: 12-17.
13. Wing, G. (1966): Spherical particle amalgams. Aust Dent J 11: 265-273.