

Klinische relevantie van fluoride-afgifte uit restauratiematerialen

J.M.ten Cate, chemicus

Samenvatting. De waargenomen reductie van secundaire cariës naast silicaatcementvullingen heeft geleid tot de ontwikkeling van diverse fluoride-afgevendende materialen, te gebruiken als restauratiemateriaal, onderlaag, fissuurlak en orthodontisch cement. De fluoride-afgifte door deze materialen is aanzienlijk in de periode direct na toepassing, doch neemt snel af. Een verhoogd fluorideniveau, in plaque of speeksel, is daarmee alleen te verwachten in de directe nabijheid van de vulling of het cement. Dit resulteert initieel in een lokaal effect op de plaquesamenstelling. Doordat een geringe toename van het fluoridegehalte de 'cariësbalans' beïnvloedt, kan dit inderdaad leiden tot minder secundaire cariës naast een vulling of minder witte vlekken rond orthodontische brackets.

CATE JM TEN. Klinische relevantie van fluoride-afgifte uit restauratiematerialen. Ned Tijdschr Tandheelkd 1996; 103: 464-7.

Uit de vakgroep Cariologie en Endodontologie van het Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam (ACTA) te Amsterdam.

Trefwoorden: Restauratieve tandheelkunde - Fluoride - Cariëspreventie

Datum van acceptatie: 18 juni 1996.

Adres: Prof.dr. J.M. ten Cate, ACTA, Louwesweg 1, 1066 EA Amsterdam.

1 Inleiding

De achterliggende decennia hebben een substantiële daling van de cariësprevalentie laten zien, die vooral wordt toegeschreven aan de verspreidingsgraad van fluoridetandpasta's. Anders dan vroeger gebruikte cariëspreventieve middelen (zoals lokale applicaties en fluoridetabletten) wordt tandpasta-gebruik gekarakteriseerd door een frequent gebruik door velen, vooral omdat tandenpoetsen tot de ingeburgerde verzorgingsgewoonten is gaan behoren. Dat tandenpoetsen met fluoridetandpasta tot zo'n aanzienlijke cariësreductie heeft geleid, wordt vooral toegeschreven aan het frequente aanbod van fluoride in de mondholte.

Waar in oudere ('pre-fluoride') overzichtartikelen nauwelijks een relatie kon worden gemeld tussen mondhygiëne en cariës, lijkt dat momenteel wel het geval te zijn. Dit betekent dat niet zozeer het verwijderen van de tandplaque maar een regelmatig fluoride-aanbod een cariëspreventief effect heeft. Ook op basis van het werkingsmechanisme van fluoride is verdedigbaar dat een hoge frequentie van fluoridemomenten bijdraagt aan een reductie van de cariësaanval en het versterken van het remineraliserend vermogen van speeksel in de periode tussen 'zuuraanvallen'.

Teneinde de relevantie van fluoride-afgifte door restauratiematerialen, als additionele of lokale fluoridebron, in de preventie van cariës te bespreken zal in dit artikel achtereenvolgens worden stilgestaan bij:

- het effect van lage fluorideconcentratie op glazuur- en dentinecariës,
- de afgifte door verschillende fluoridebevattende restauratiematerialen,
- het mechanisme van fluoride-afgifte door tandheelkundige materialen, en
- de lokale cariëspreventieve effecten van fluoride-afgifte.

2 Fluoride en cariës

Een geringe verhoging van het fluoridegehalte van speeksel en plaque heeft een aanzienlijke reductie van cariës tot gevolg. Uit een onderzoek naar de effecten van tandpasta's met een verschillend gehalte aan fluoride, uitgevoerd in het Schotse Lanarkshire, blijkt een duidelijke correlatie tussen het fluoridegehalte van speeksel en plaque, de gebruikte tandpasta en de gegevens van de cariësincidentie (afb. 1).¹ Een hoger fluoridegehalte van een tandpasta leidt tot meer fluoride in speeksel en

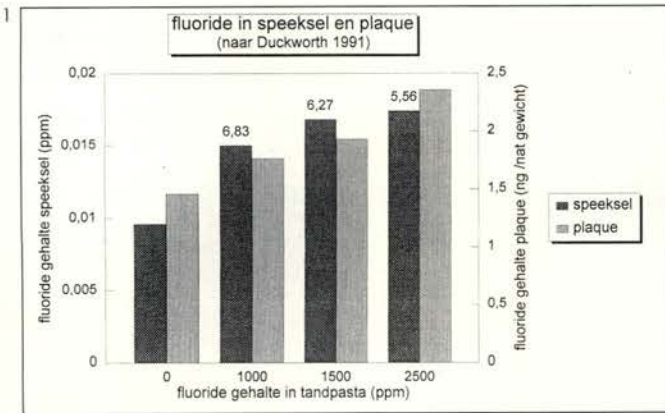
plaque, ook nog 18 uur na de laatste poetsbeurt, en een verminderde hoeveelheid cariës. Uit deze resultaten kan de conclusie worden getrokken dat het de/remineralisatieevenwicht aan het tandoppervlak, eventueel leidend tot cariës, sterk wordt beïnvloed door een relatief geringe toename in het fluoridegehalte.

Uit laboratoriumonderzoek naar de invloed van fluoride op het de- en remineralisatieproces kunnen vergelijkbare conclusies worden getrokken. Al bij fluorideconcentraties beneden 0,1 ppm wordt het ontstaan van cariëslaesies vertraagd en de remineralisatie bevorderd.² Dit is waarschijnlijk afhankelijk van de zuurgraad van de tandplaque. Bij een niet te zure tandplaque (rond pH=5,0) zijn kleine verhogingen in het fluoridegehalte al toereikend. Diverse laboratoriumwaarnemingen, onder condities waarbij de pH-fluctuaties in de mond worden nagebootst, bevestigen dat al bij fluorideconcentraties van 0,06 ppm een significant effect op het de/remineralisatieevenwicht optreedt.³

3 Fluoride-afgifte uit restauratiematerialen

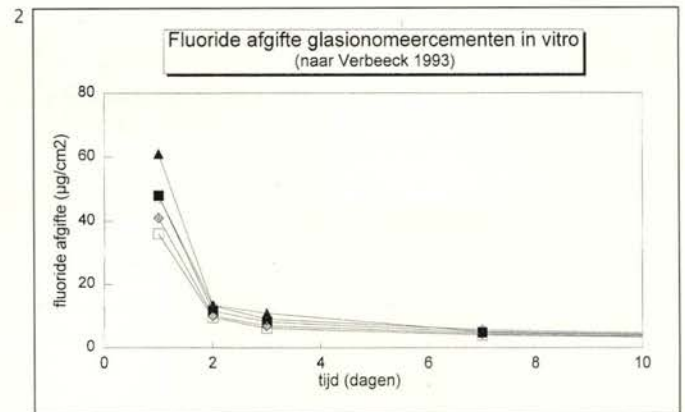
Enkele restauratiematerialen bevatten van nature fluoride dat in de tijd langzaam uitloopt. Reeds van silicaatcementvullingen was bekend dat deze minder secundaire cariës vertoonden, een eigenschap die werd toegeschreven aan de fluorideafgifte door het cement. Hierdoor werd het omliggende weefsel langzaam gefluorideerd en was er sprake van een verhoogd fluoridegehalte in de spleet tussen restauratie en tandweefsel; waarschijnlijk net genoeg om het weefsel ter plekke tegen cariës te beschermen. Glasionomeercementen hebben dezelfde eigenschap.

Fluoride-afgifte door restauratiematerialen is vooral via laboratoriumonderzoek bestudeerd.^{4,5} Hierbij worden meestal cilindervormige preparaten gemaakt, die dan aan water of kunstmatig speeksel worden blootgesteld. Via dergelijk onderzoek is vastgesteld dat vooral direct na het 'leggen van een vulling' veel fluoride wordt afgegeven; al na enkele dagen is de fluoride-afgifte gereduceerd tot ongeveer 10% van de oorspronkelijke waarde (afb. 2).⁶ De vele publicaties verschillen nogal in de gerapporteerde absolute getallen, maar een waarde van rond 2 µg fluoride per cm² per dag lijkt een betrouwbaar gemiddelde. Uiteraard zijn er in de groep 'glasionomeercementen' verschillen tussen producten, tussen conventionele materialen (die uitharden volgens een zuur-base reactie) en kunststofsgeïmprimeerde (waarbij de kunststof-



Afb. 1. Fluoridegehalte in speeksel en plaque in een onderzoeksgroep van 15-jarige kinderen, die, als onderdeel van een Schots klinisch onderzoek, gedurende tenminste twee weken poetsten met een tandpasta met het aangegeven gehalte aan fluoride.¹ De DMFS-toename gedurende de volledige periode na het klinisch onderzoek (3 jaar) is als getal in de grafiek bij de desbetreffende groep vermeld.

Afb. 2. Fluoride-afgifte in water, gemeten in een laboratoriumopstelling.⁶



component vaak via een lichthardend principe wordt gepolymeriseerd), en tussen materialen voor verschillende toepassingen (onderlagen, vulmaterialen, hechtcementen).

Een fluoride-afgifte door restauratiematerialen in een zodanige hoeveelheid dat de gehele mondholte daar profijt van heeft is niet te verwachten. Een enkel onderzoek heeft *in vivo* een verhoogd fluoridegehalte in (totaal) speeksel aangetoond, zelfs in concentraties tot 0,4 ppm 12 weken na plaatsing van de restauraties. Maar via een berekening met de gemiddelde speekselvloed, en het beschikbare oppervlak van restauraties kan worden geconcludeerd dat deze metingen waarschijnlijk niet betrouwbaar zijn.⁷ Uit onderzoek naar de fluoride-afgifte door fluoride-bevattend amalgaam bleek bij één proefpersoon de fluoridespiegel in speeksel zelfs na 9 weken nog verhoogd (rond 0,06 ppm), maar bij de overige vijf deelnemers aan het onderzoek was het fluoridegehalte weer 'normaal' binnen enkele weken (afb. 3).⁸ Op grond hiervan kan daarom worden vastgesteld dat de effecten van de fluoride-afgifte vooral lokaal zijn, dat wil zeggen in de directe omgeving van de restauratie.

4 Fluoride-aanbod tijdens tandenpoetsen

Om te kunnen bepalen of de vermelde hoeveelheid fluoride een bijdrage zou kunnen leveren in de (integrale) cariëspreventie, is een vergelijking met het fluoride-aanbod tijdens tandenpoetsen het vermelden waard. Een gemiddelde patiënt poetst twee keer per dag met ongeveer 1 gram pasta die 0,1 %

fluoride bevat. Hiermee komt per dag 2 milligram fluoride in de mondholte. Het merendeel hiervan wordt uitgespuwd, maar toch blijft naar schatting 1-7% achter in de mondholte, afhankelijk van de grondigheid van het uitspoelen van de tandpasta. Dit correspondeert met 20-140 µm fluoride per dag. Dit is een veelvoud van de fluoride-afgifte door restauratiematerialen. Fluorideretentie vindt na het tandenpoetsen plaats op of in de gebitselementen (vooral in porositeiten), in de plaque die ondanks tandenpoetsen niet is verwijderd, en aan de mucosa.

5 Fluoride 'slow-release devices'

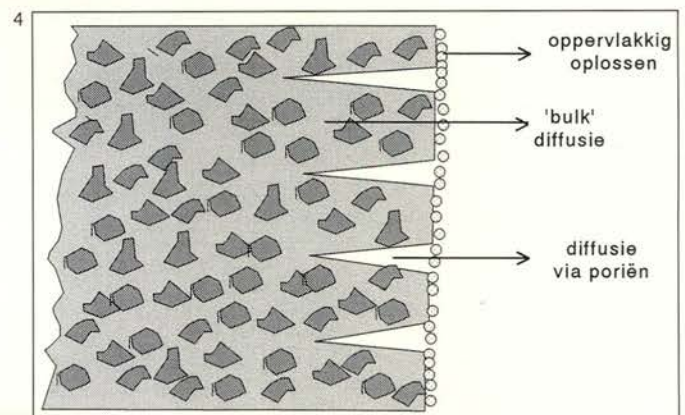
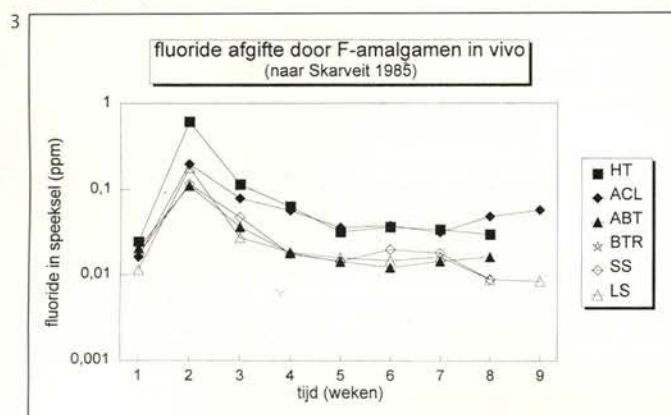
Een ander voorbeeld van een fluoridebron, die een aantoonbaar gunstig effect heeft op het ontstaan en voortschrijden van cariës, zijn fluoride 'slow-release devices', waarmee is geëxperimenteerd.⁹ Dit zijn poreuze materialen (vaak gesinterd in een tabletvorm) die bij zeer cariës-actieve kinderen op de buccale vlakken van de molaren kunnen worden gehecht, en langzaam doch regelmatig fluoride vrijgeven. Klinisch onderzoek laat een 80% cariësreductie zien, bij een afgifte van 150 µgr F/dag.¹⁰

6 De fluoridebron in restauratiematerialen

Het succes van fluoride-afgifte door glasionomeercementen heeft de fabrikanten aangezet om ook aan composieten fluoride toe te voegen. Tevens zijn er diverse mengvormen van gla-

Afb. 3. Fluoride-afgifte door fluoride-bevattend amalgaam, illustrerend de periode waarin sprake is van een verhoogd fluoridegehalte in speeksel.⁸

Afb. 4. Mechanisme van fluoride-afgifte door glasionomeercement, bestaande uit een snelle initiële afgifte (oplossen van de oppervlaktfase) gevolgd door een langdurige, doch kwantitatief veel geringere, fluoride-afgifte uit onderliggend materiaal.¹¹



Tabel I. Fluoride-afgifte door drie restauratiematerialen, en het opladen van de restauratie door fluoridebehandelingen.¹²

Fluoride-afgifte (μg fluoride/cm²/dag)

materiaal	dag 1	dag 7	na 42 dagen uitloggen en daarna 24 uur 'opladen' met:			
			APF	NaF	SnF ₂	H ₂ O
Ketac-Fil [1]	118,3	21,4	59,8	34,6	9,9	8,4
Photac-Fil [2]	101,6	18,4	63,3	29,4	5,9	4,9
Fuji II LC [3]	73,6	12,0	100,7	45,2	10,6	7,7
Ketac-Silver [3]	44,0	11,3	132,4	78,8	8,2	7,1

[1] conventioneel glasionomeercement

[2] zilver cermet glasionomeercement

[3] kunsttharsgemodificeerd glasionomeercement (compomeer)

sionomeren en composieten ontwikkeld met betere mechanische eigenschappen dan glasionomeercementen.

In glasionomeercementen bestaat, voor uitharden, de vaste fase uit een mengsel van diverse mineralen, gesmolten tot een 'glas'. De belangrijkste elementen zijn aluminium, kalium, natrium en fluoride. Via een reactie met fosforzuur ontstaat een (in principe) onoplosbare gel van aluminiumcomplexen met fosfaat en fluoride.¹¹ Deze reactie, die initieel zeer snel verloopt, gaat tijdens een 'rijping' van het cement nog lang door. De uitgeharde restauratie bestaat uit restanten 'glas' ingebed in de gelmatrix (afb. 4). Zowel de glasdeeltjes als de matrix bestaan uit fluoride-bevattende verbindingen die (zeer) langzaam oplossen.

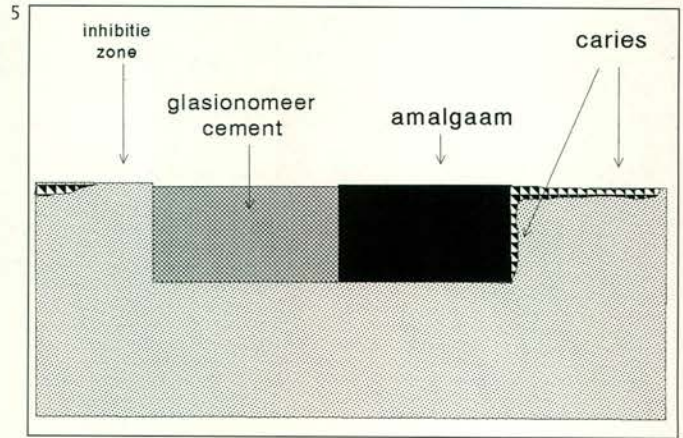
Onderzoek naar het mechanisme van de fluoride-afgifte heeft aangetoond dat hiervoor drie processen verantwoordelijk zijn. Zoals schematisch aangegeven in afbeelding 4 is dit ten eerste het oplossen van een oppervlaktefase, wat de oorzaak is van de hoge fluoride-afgifte direct na het leggen van de vulling. Diffusie door poriën in het cement is een tweede weg waarlangs materiaal wordt uitgelooft, evenals diffusie door de vaste fase van de matrix. Dit laatste proces levert verreweg de kleinste bijdrage.

In het geval van composieten wordt fluoride doorgaans toegevoegd aan de vulpartikelen. Alleen een diffusie door het composietmateriaal, wat dus een zeer langzaam proces is, is in dit geval verantwoordelijk voor de fluoride-afgifte.

Van belang hierbij is nog te vermelden dat de fluoride-afgevend oppervlakken ook een hogere adsorptie-affiniteit voor fluoride bezitten, waardoor bijvoorbeeld na een fluoride-applicatie de vullingen weer lijken te zijn 'opgeladen' (tab. I).¹²

7 Lokale effecten van fluoride-bevattende materialen

Op of direct naast een fluoride-afgevend restauratie is het fluoridegehalte verhoogd. Dit heeft een gunstig effect op de de- en remineralisatiebalans, en in de eerste maand na plaatsing lijkt ook de plaquesamenstelling er door te worden beïnvloed.¹² Op glasionomeercement- (GIC) restauraties worden initieel minder mutans streptokokken waargenomen, hoewel het plaquevolume en het gehalte aan lactobacillen niet veranderd is. Op grond hiervan mag waarschijnlijk worden geconcludeerd dat deze situatie ook geldt voor de randspleet naast een fluoride-afgevend amalgaamvulling, en een eventueel aanwezige spleet naast een vulling van glasionomeercement. In alle gevallen zijn verhoogde fluoridegehalten gemeten in het aangrenzende glazuur en dentine.



Afb. 5. Schematische weergave (in dwarsdoorsnede) van cariës naast een amalgaamrestauratie (o.a. een 'secundaire' wandlaesie) en de inhibitiezone naast een glasionomeercementrestauratie, waar het weefsel beschermd is tegen cariës.

Waar naast een amalgaam- of composietrestauratie het weefsel bloot staat aan secundaire cariës in de wand van de preparatie, is het weefsel grenzend aan een fluoride-afgevend restauratie hiertegen beschermd (afb. 5). Deze zogenaamde 'inhibitiezone' kan zich tot ongeveer 3 millimeter van de restauratie uitstrekken.^{14,15}

In een (intraoraal) experimenteel model waarbij stukjes dentine met een vulling aan een cariogeen milieu in de mondholte werden blootgesteld, werd aangetoond dat naast amalgaam- of composietrestauraties cariës optrad, terwijl in het dentine naast een glasionomeercementvulling mineraalafzetting had plaatsgevonden leidend tot zelfs een hypermineralisatie van het dentine.¹⁶ Hierbij werden mineraalgehalten gemeten die ver uitstijgen boven de 'gezond' waarden van dentine. Mechanistisch kan dit worden verklaard via een door fluoride (silica of aluminium) gestimuleerde afzetting van mineraal in het weefsel. Waarschijnlijk vindt dit in de mondholte plaats na een enzymatische afbraak van collageen waardoor in het weefsel ruimte beschikbaar komt.

8 Fluoride-afgevend sealants en cementen

Omdat tijdens een orthodontische behandeling veel patiënten moeite hebben met het plaque-vrij houden van hun gebit, en er daardoor regelmatig cariës ontstaat rond de brackets, is geëxperimenteerd met fluoride-bevattende hechtcementen. Uit klinische evaluaties is gebleken dat de fluoridetoevoeging aan composietcementen niet hoeft te leiden tot een verminderde hechtsterkte aan glazuur.¹⁷ Wel werden minder witte vlekken waargenomen na het verwijderen van de brackets.

Ook zijn inmiddels meerjarige klinische onderzoeken gerapporteerd van het gebruik van glasionomeer-fissuurlakken. Over het algemeen hebben deze een minder goede retentie aan glazuur, maar zelfs in die gevallen waar de sealant macroscopisch verdwenen is, blijkt de fissuur beter bestand tegen cariës dan een onbehandelde fissuur. Oorzaken hiervan zouden kunnen liggen in de fluoride-opname door de fissuurwand, die daardoor wellicht versneld wordt gematureerd.

9 Conclusie

Fluoride-afgifte door restauratie- (of andere tandheelkundige) materialen is, in substantiële mate, beperkt tot de periode direct na plaatsing. Een heilzame werking voor de gehele mondholte mag daarom niet worden verwacht. Hiervoor is

een aanzienlijk hoger fluoride-aanbod vereist, zoals bijvoorbeeld wordt verkregen bij regelmatig tandenpoetsen met een fluoridepasta. Lokaal heeft de uit een restauratie uitlopende fluoride echter wel effect op het ontstaan van secundaire cariës, fissuurcariës en 'orthodontische cariës'.

Literatuur

- 1 Duckworth RM, Morgan SN. Oral fluoride retention after use of fluoride dentifrices. *Caries Res* 1991; 25: 123-9.
- 2 Cate JM ten, Duijsters PPE. Influence of fluoride in solution on tooth demineralization. I. Chemical data. *Caries Res* 1983; 17: 193-9.
- 3 Cate JM ten, Damen JJM. pH-cycling of enamel and dentin lesions in the presence of low concentrations of fluoride. *Eur J Oral Sci* 1995; 103: 362-7.
- 4 Donly KJ. Enamel and dentin demineralization inhibition of fluoride-releasing materials. *Am J Dent* 1994; 7: 275-8.
- 5 Arends J, Ruben J, Dijkman AG. The effect of fluoride release from a fluoride-containing composite resin on secondary caries: an in vitro study. *Quintessence Int* 1990; 21: 671-4.
- 6 Verbeeck RMH, Moor RJG de, Even DFJ van, Martens LC. The short-term fluoride release of a hand-mixed vs. capsule system of a restorative glass-ionomer cement. *J Dent Res* 1993; 72: 577-81.
- 7 Hatibović-Kofman S, Koch G. Fluoride release from glass ionomer cement in vivo and in vitro. *Swed Dent* 1991; 15: 253-8.
- 8 Skartveit L, Tveit AB, Ekstrand J. Fluoride release from a fluoride-containing amalgam in vivo. *Scand J Dent Res* 1985; 93: 448-52.
- 9 Mirth DB, Shern RJ, Emilson CG, Adderly DD, Li S-H, Bowen WH. Clinical evaluation of an intraoral device for the controlled release of fluoride. *J Am Dent Assoc* 1982; 105: 791-7.
- 10 Toumba KJ, Curzon MEJ. The prevention of dental caries using fluoride slow releasing glass devices in children. *Caries Res* 1996; 30: 306-7.
- 11 Kuhn AT, Wilson AD. The dissolution mechanisms of silicate and glass-ionomer dental cements. *Biomater* 1985; 6: 378-82.
- 12 Diaz-Arnold AM, Holmes DC, Wistrom DW, Swift EJ. Short-term fluoride release/uptake of glass ionomer restoratives. *Dent Mater* 1995; 11: 96-101.
- 13 Forss H, Jokinen J, Spets-Happonen S, Seppä L, Luoma H. Fluoride and mutans streptococci in plaque grown on glass ionomer and composite. *Caries Res* 1991; 25: 454-8.
- 15 Turner PJ. The clinical evaluation of a fluoride-containing orthodontic bonding material. *Br J Orthod* 1993; 20: 307-13.
- 14 Kidd EAM. Cavity sealing ability of composite and glass ionomer cement restorations. An assessment in vitro. *Br Dent J* 1978; 144: 139-42.
- 15 Valk JWB, Davidson CL. The relevance of controlled fluoride release with bonded orthodontic appliances. *J Dent* 1987; 15: 257-60.
- 16 Cate JM ten, Duinen RNB van. Hypermineralization of dentinal lesions adjacent to glass-ionomer cement restorations. *J Dent Res* 1995; 74: 1266-71.

Summary

CLINICAL RELEVANCE OF FLUORIDE RELEASE FROM RESTORATIVE MATERIALS

Key words: Restorative dentistry – Fluoride – Caries prevention

The observed reduced frequency of secondary caries around silicate cement restorations has initiated the development of various fluoride releasing products, to be used as restorative materials, lining cements, sealants and orthodontic cements. The fluoride release is substantial only in the period immediately following usage of the product (eg. placement of the restoration). An elevation of the fluoride level in plaque or saliva is therefore only found in the immediate vicinity of the fluoride source. Initially, this results in a change of the plaque composition. As a small change in fluoride level affects the caries balance, it is conceivable that fluoride release from dental materials reduces secondary caries, or caries around orthodontic brackets.