

ИНКОРПОРИРАЊЕ НА ФЛУОР ВО ДЕНТИН ПО АПЛИКАЦИЈА НА ТРИ ФЛУОРООСЛОБОДУВАЧКИ РЕСТАВРТИВНИ МАТЕРИЈАЛИ IN VITRO

IN VITRO DENTIN FLUORIDE UPTAKE FROM THREE FLUORIDE-CONTAINING RESTORATIVE MATERIALS

Автори: **Василка Ренцова**¹,
Соња Апостолска¹, Стевица Ристоска²,
Марина Ефтимоска¹, Сашо Еленчевски³,
Сања Панчевска³

Универзитет “Св. Кирил и Методиј” Скопје
Стоматолошки факултет-Скопје

1. Клиника за болести на забите и ендодонтот
2. Клиника за болести на забите и пародонтот
3. Клиника за стоматолошка протетика

Autors: **Vasilka Rendjova**¹,
Sonja Apostolska¹, Stevica Ristoska²,
Marina Eftimoska¹, Saso Elencevski³,
Sanja Pancevska³

University “Ss. Cyril & Methodius” Skopje
Faculty for Dentistry-Skopje

1. Department for Endodontics
2. Department for Parodontology
3. Department for Prosthodontics

Апстракт

Способноста на материјалот да ја инхибира појавата на секундарен кариес зависи од повеќе фактори меѓу кои е формирање на интимна врска меѓу полнењето и кавитетот, како и од способноста на материјалот да ослободува кариес протективни агенси.

Цел на овој труд е да се одреди порастот на концентрацијата на флуорот во дентинот за период од 3 и 10 недели по апликација на материјали кои содржат и ослободуваат флуор во текот на подолг временски период. Два од нив припаѓаат на групата на глас јономер цемента (ГЈЦ) и тоа Fuji Lining LC (GC Tokyo, Japan) смолесто модифициран глас јономер цемент, Fuji IX конвенционален ГЈЦ и Prime&Bond (Dentsply, DeTrey) од групата на дентин атхезиви. Испитувањето е направено на екстрахирани трети молари кај пациенти на возраст од 30-40 години. Концентрацијата на инкорпориран флуор ја одредуваме спектрофотометриски.

Резултатите од нашето испитување покажаа статистички значаен пораст на концентрацијата на флуор во дентин кај сите испитувани материјали. Анализата на резултатите покажа дека количината на инкорпориран флуор во дентин по апликација на глас јономер цементите е значително поголема од количината на инкорпориран флуор кај групата реставрирана со дентин атхезив.

Клучни зборови: секундарен кариес, флуор, дентални материјали.

Abstract

The ability of the material to inhibit the secondary caries depends on several factors, among them being the formation of an intimate connection between the filling and the surface of the tooth, as well as the capability of the material to release caries-protective agents, the fluoride provides for the neighboring and surrounding dental structures.

The goal of the study is to determine the increase of the fluoride concentration in the dentin in a 3 and 10 weeks periods, in permanent teeth restored by means of three different restorative materials, which according to the producers' recommendations consist of and release fluoride for a longer period of time. Two of them belong to the group of glass ionomer cements (GIC) such as Fuji Lining LC (GC Tokyo, Japan), resin modified glass ionomer cements (RMGIC), Fuji IX, a conventional GIC, while the third is a dentin adhesive, Prime & Bond (Dentsply, DeTrey). The examination was performed on extracted impacted third molars of patients aged between 30 and 40. The incorporated fluoride concentration has been determined by significant increase on a spectrometer (Perkin Elmer 50) at the Faculty of Mathematics and Natural Science in Skopje. The results of our examination revealed a statistically significant increase of the fluoride concentration in the dentin after applying filling in all three tested materials. The analysis of the results regarding implementation of the fluoride in the dentin showed that the incorporated fluoride quantity in the dentin was highest after application of GICs and lowest after application of Prime & Bond.

Key words: secondary caries, fluoride, dental materials

Вовед

Секундарниот кариес е без сомнение една од најважните причини за промена на реставрацијата. Појавата на секундарниот кариес зависи од неколку фактори како што е комплетното отстранување на кариозните маси, начинот на препарација, оралната хигиена, способноста на материјалот да обезбеди добро рабно затворање, како и од способноста да ослободуваат кариес-протективни агенси како флуорот¹. Флуорот ослободен од материјалот за реставрација се инкорпорира во соседните забни структури правејќи ги поотпорни на делувањето на кариогени-те нокси^{2, 3, 4, 5, 6}.

ГЈЦ-тите се реставративни материјали кои содржат и ослободуваат флуор во текот на долг временски период^{3, 7, 8}. Во последните години се поактуелни се композити и атхезиви кои содржат и ослободуваат флуор. Количината на инкорпориран флуор кај различни материјали за реставрација е различна и зависи од количината на флуор што се ослободува од овие материјали^{9, 10}. Најголем дел од флуорот ослободен од реставративниот материјал се инкорпорира во околниот емајл и дентин и ги прави порезистентни на делувањето на кариогените нокси^{11, 12, 13}. Оттука произлегува дека флуорослободувачките реставративни материјали имаат значаен ефект врз резистентноста на дентинот, а со тоа и на превенцијата од појава на секундарен кариес.

Цел на трудот

Целта на овој труд беше да се одреди концентрацијата на инкорпориран флуор во дентин по апликација на три флуорослободувачки реставративни материјали во период од 3 и 10 недели.

Материјал и метод

Испитувањето беше изведено на интактни трети молари од кои по екстракцијата беа отстранети меките ткива и беше сепариран коронарниот од коренскиот дел. Кај сите заби беа испрепарирани кавитети прва класа со дно на кавитетот во дентинот. За формирање на артефициелна лезија го користевме системот methylcellulose гел и млечна киселина со рН=4,6 во период од седум дена. По декалцификацијата коронките беа поделени во три еднакви групи од по 20 коронки. Коронките од секоја група беа сепарирани вертикално на половина и од секоја група беа формирани две подгрупи. На едната половина од првите подгрупи беше аплициран испитуваниот

Introduction

Secondary caries is undoubtedly the foremost reason for replacement of restorative fillings. Secondary caries occurrence depends on several factors: the initial complete removal of caries substance, the method of enamel layer preparation, on the oral hygiene, as well as on the capacity of the material used to bind the filling and the tooth and on its ability to release caries-protective agents such as fluoride¹. The fluoride released from the restorative material is incorporated in the neighbouring teeth structures, thus making them more resistant to the activity of cariogenic agents^{2, 3, 4, 5, 6}.

GICs are restorative materials which contain and release fluoride over a long time period^{3, 7, 8}. Composite resins, adhesives and bonds which contain and release fluoride are also in use. Deposition of fluoride in dentin and enamel depends primarily on the amount of fluoride released by the materials^{9, 10}. Most of the fluoride released from the restorative materials is incorporated into the surrounding enamel and dentin and makes them more resistant to the cariogenic factors^{11, 12, 13}.

The resistance of dentin to the occurrence of secondary caries in restorations with conventional and light curing GICs is determined by several researchers⁹. Hence the influence of fluoride-releasing materials in increasing dentin resistance is important, especially in preventing or postponing the spreading of recurrent caries towards pulp.

Aim of the study

Following the above, the aim of this study was to determine the dentin fluoride uptake from three fluoride-containing restorative materials over a period of 3 and of 10 weeks.

Materials and method

The concentration of fluoride in dentin was determined on extracted third molars. After extraction of the teeth, the soft tissues were removed and the crowns were separated from the roots. In all the teeth first class cavities were made with the bottom of the cavities in the dentin. Artificial lesions were made by a methylcellulose gel lactic acid system at рН=4.6 for seven days. After decalcification, the dental crowns were divided into three equal groups of 20 crowns. Crowns from each group were separated vertically into halves and 2 subgroups were formed from each group.

On the halves of the first subgroups the examined materials were applied and the halves from the sec-

материјал, додека половинките од вторите подгрупи ни служеа како контрола. Материјалите кои ги испитувавме беа Fuji Lining LC (GC Corp., Tokyo, Japan), Fuji IX (GC Corp., Tokyo, Japan) и Prime & Bond (Dentsply, DeTrey). Потоа испитуваните примероци ги инкубиравме во раствор за реминерализација составен од: 1,5 mmol / l CaCl₂, 0,9 mmol / l KH₂PO₄, 130 mmol / l KCl, 0,1 ppm NaF и 20 mmol/l, HEPES со pH=7,0. По три недели примероците беа отстранети од растворот за реминерализација. Од експерименталните примероци беше соструган емајлот и дентинот беше подготвен за мерење на концентрацијата на флуор. Истото беше повторено и со примероците од 10 недели. Концентрацијата на флуор беше одредена спектрофотометриски. Добиените резултати од сите испитувања беа статистички анализирани.

Резултати

Резултатите од мерењето на концентрацијата на инкорпориран флуор во дентин за период од три недели покажаа статистички значајна разлика во концентрацијата на флуор помеѓу контролните и испитуваните примероци кај сите испитувани материјали. Анализите за сите три испитувани групи покажа вредност за $p < 0.01$ што значи дека постои статистички значајна разлика во концентрацијата на флуор во дентин пред и по апликација на полнењето, т.е. постои значително зголемување на концентрацијата на флуор по апликација на полнењето.

За период од 3 недели најголемо инкорпорирање на флуор во дентин беше забележано кај примероците третирани со Fuji IX (0.214 µg/mg), потоа следуваа примероците третирани со Fuji Lining LC (0.165 µg/mg), додека примероците третирани со Prime&Bond (0.099 µg/mg) покажаа статистички најниска концентрација на инкорпориран флуор (графикон 1).

Графикон 1. Концентрација на инкорпориран флуор во дентин (µg F/mg), три недели по апликација на реставративниот материјал.

Статистичката анализа со помош на АНОВА тестот за нумерички обележја на набљудување, во период од 10 недели покажа вредност за $p < 0.01$ што значи дека постои статистички значајна разлика во концентрацијата на флуор меѓу контролните и испитуваните примероци. Количината на инкорпориран флуор кај примероците третирани со Fuji IX и Fuji Lining LC беше значително повисока во споредба со количината флуор инкорпориран кај примероците третирани со Prime&Bond. Не постоеше статистички значајна

ond subgroups were used as control samples. The materials used in this study were: Fuji Lining LC (GC Corp. Tokyo, Japan), Fuji IX (GC Corp. Tokyo, Japan) and Prime & Bond (Dentsply, DeTrey). Later, the examined specimens were incubated in a remineralization buffer, containing: 1.5 mmol/l CaCl₂, 0.9 mmol/l KH₂PO₄, 130 mmol/l KCl and 20 mmol/l HEPES with pH=7.0. After 3 and 10 weeks all the tested samples were removed from the solution.

The tested material was removed from the examined groups, the enamel was separated from the dentin and the teeth were prepared to determine the concentration of fluoride. The concentration of fluoride was determined spectrophotometrically at the Faculty of Mathematics and Natural science. The obtained results from all trials were statistically analyzed.

Results

The results of the measurements of the amount of fluoride incorporated into dentin over a period of 3 weeks showed that in Fuji IX, Fuji Lining LC and Prime & Bond there was a statistically high significant difference in average values of fluoride between the examined and the control groups. Analyses made using the Willcox's test of equivalent pairs for all three treated groups showed a value of $p < 0.01$, which points to the existence of a statistically significant difference in the average percentage of fluoride in dentin before and after the application of the filling, i.e. there is a significant increase in fluoride uptake after the application of the filling.

After a period of three weeks the greatest incorporation of fluoride in dentin was noticed after application of Fuji IX (0.214 µg/mg) and Fuji Lining LC (0.165 µg/mg), while the teeth restored with Prime & Bond showed statistically lowest amount of incorporated fluoride (0.099 µg/mg) (Fig 1).

Fig. 1. Concentration of incorporated fluoride in dentin 3 weeks after application of the material

After a period of 10 weeks, the ANOVA test, showed $p < 0.01$, which leads us to the fact that there is a statistically high significant difference in the average fluoride values between the tested and control groups.

The amount of incorporated fluoride among groups restored with Fuji IX & Fuji Lining LC was significantly larger than the amount of fluoride incorporated in the group restored with Prime & Bond. There is no statistically significant difference in the

разлика во количината на инкорпориран флуор помеѓу групите третирани со Fuji IX и Fuji Lining LC (графикон 2).

Графикон 2. Концентрација на инкорпориран флуор во дентин ($\mu\text{g F/mg}$), десет недели по апликација на реставративниот материјал.

При споредба на количината на инкорпориран флуор за период од 3 и 10 недели статистичката анализа исто така покажа вредност за $p < 0.01$ што значи дека количината на инкорпориран флуор за период од 10 недели е сигнификантно поголема со количината на флуор инкорпорирана за 3 недели (Графикон 3).

Графикон 3. Компарација на просечните вредности на инкорпориран флуор за период од 3 и 10 недели.

Дискусија

Досегашните истражувања укажуваат на фактот дека по апликација на материјали кои содржат и ослободуваат флуор, одредена количина од ослободениот флуор се инкорпорира во околниот дентин и емајл^{11, 14}. Тоа резултира со зголемена резистентност на емајлот и дентинот кон дејството на киселини¹⁵. Токму затоа апликацијата на материјали кои содржат и ослободуваат флуор е значајна за редуција на појавата на секундарен кариес. Во своето *in vitro* испитување, Borges и соработниците нашле дека материјалите кои ослободуваат флуор ја инхибираат прогресијата на кариозната лезија веднаш до реставрацијата, но немаат способност да ја превенираат појавата на истата. Истите автори дошле до заклучок дека конвенционалните и смолесто модифицирани СМГЈЦ ја редуцираат деминерализацијата на дентинот, додека композитните материјали не покажале такво својство¹⁶. Реставративните материјали се разликуваат меѓу себе како по своите хемиски и физички особини, така и по количината на флуор што ја ослободуваат.

Нашето испитување беше изведено на дентин бидејќи сензитивноста на дентинот е поголема од таа на емајлот, а и материјалите кои ги испитувавме се аплицираат директно на дентин. Дентинот е почувствителен на дејството на киселини и деминерализира побрзо од емајлот, а и процесот на реминерализација се одвива побрзо. Инкорпорирањето на флуор во дентинот е динамичен процес и е во директна корелација со количината на флуор што се ослободува од реставративниот материјал.

amount of incorporated fluoride between the samples restored with Fuji IX & Fuji Lining LC (Fig 2).

Fig. 2. Concentration of incorporated fluoride in dentin 10 weeks after application of the material

When comparing the amount of incorporated fluoride after a period of 3 weeks with the amount of incorporated fluoride in dentin after a period of 10 weeks, the statistical analysis showed that $p < 0.01$, which leads us to the fact that there is a statistically high significant difference in the average fluoride values between the two periods for all tested materials. The amount of incorporated fluoride in dentin after a period of 10 weeks was significantly larger than the amount of fluoride incorporated in the dentin after a period of 3 weeks (fig. 3).

Fig 3. Comparison of average values of fluoride in dentin over periods of 3 & 10 weeks

Discussion

The current research points to the fact that after the application of restorative filling containing and releasing fluoride, a certain amount of released fluoride is incorporated into enamel and dentin^{11,14}.

This results in increased resistance to acids on the part of enamel edges and dentine that are in contact with fluoride-releasing material¹⁵.

Therefore, application of fluoride-releasing restorative materials is important in reducing the occurrence of secondary caries. Under the conditions of their *in vitro* study, Borges and al. found that fluoride-containing restorative materials inhibit the progression of caries-like lesions adjacent to restorations, but are not able to prevent the formation of the lesion. Conventional GICs and RMGICs reduced the microhardness loss related to artificial caries and could be recommended for root caries control.

The effects associated with restorative materials have not been demonstrated¹⁶.

These materials differ in their physical and chemical features, but also in the quantity of fluoride released.

In this study, dentin was used, because examined materials are applied directly on dentin and the sensitivity of dentin is higher compared with that of enamel. Dentin is more sensitive to the action of acids, it demineralizes faster than enamel and the process of remineralization also goes faster. The incorporation of fluoride is a dynamic process in correlation with the amount of fluoride released from the restorative material. The results obtained from

Резултатите од нашето истражување покажуваат дека по апликација на реставративниот материјал, количината на инкорпориран флуор беше најголема кај примероците третиран со Fuji IX, конвенционален ГЈЦ, а најниска кај примероците третиран со Prime&Bond. Не постоеше статистички значајна разлика во количината на инкорпориран флуор помеѓу двата испитувани ГЈЦ-и за период од 10 недели.

Количината на инкорпориран флуор во околните емајл и дентин е значајна и може да се евалуира за подолг временски период. Mousavinasab нашол значително повисока количина на ослободени флуориди од Fuji IX, Fuji VII, Fuji IX Extra, Fuji II LC споредено со компомерите. СМ-ГЈЦ-и според овие автори може да ослободуваат еквивалентна количина на флуориди како и конвенционалните ГЈЦ-и, но може да бидат афектирани од количината и видот на смолата која се користи во нивниот состав за фотохемиска полимеризација¹⁷. Според Le Tamm најголемо инкорпорирање на флуор се забележува кај забите третиран со ГЈЦ, додека забите третиран со СМГЈЦ и композит покажуваат помали вредности на инкорпориран флуор¹⁸. Микрорадиографските испитувања на Wesenberg исто така укажуваат на значително инкорпорирање на флуор во дентин по апликација на ГЈЦ¹⁹.

Апликацијата на 10% фосфорна киселина за кондиционирање на дентинот, значително го зголемува инкорпорирањето на флуор интер- и интратубуларно. СЕМ анализите покажуваат проширени тубули и деминерализиран интер-тубуларен дентин на површината која е кондиционирана. Истите истражувања укажуваат дека со дополнителна апликација на хидрофилен прајмер се обезбедува навлажување на дентинската површина, што го олеснува трансферот на флуоридни јони во дентинот¹⁸. Shashikiran и соработниците во нивната in vitro студија дошле до сознание дека доаѓа до значително инкорпорирање на флуор во тврдите забни ткива по апликација на композит кој ослободува флуор, што е во директна корелација со бондот кој се користи²⁰.

Разликите во количината на инкорпориран флуор помеѓу ГЈЦ-ите и дентин атхезивите се должи на фактот дека дентин атхезивите се аплицираат во тенок слој споредено со ГЈЦ-ите кои се аплицираат во подебел слој²¹. Според Hotta, пенетрацијата на флуориди по апликација на ГЈЦ е околу 20 μm за период од 30 дена¹⁰. Yamamoto и соработниците во нивната електронска анализа покажале дека по третман на дентинот 2% раствор на NaF, пенетрацијата на флуор може да достигне длабочина и од 100 μm за 30 дена²². Tantbirojn пак дошол до заклучок дека 30 дена

this study showed that after application of the restorative material, the amount of incorporated fluoride was highest among the samples restored with Fuji IX, a conventional GIC, and lowest in the teeth treated with Prime & Bond for both periods of testing. There is no statistically significant difference in the amount of fluoride incorporated between the samples restored with Fuji IX & Fuji Lining LC after a period of 10 weeks.

The amount of fluoride acquired in sound enamel and dentin adjacent to GICs is substantial and can be observed for long periods. The quantity of incorporated fluoride in dentin is most probably proportionate to the released fluoride from the restorative material. Mousavinasab found a higher rate in fluoride release for Fuji IX, Fuji VII, Fuji IX Extra, Fuji II LC compared to compomers. RMGICs were found to have a potential for fluoride release in equivalent amounts as conventional cements, but may be affected not only by the formation of complex fluoride compounds and their interactions, but also by the type and amount of resin used for the photochemical polymerization reaction¹⁷. According to Le Tamm, the largest fluoride uptake is registered in teeth treated with conventional GIC, while teeth treated with RMGIC and composite show smaller values of incorporated fluoride¹⁸. Micro-radiographic tests by Wesenberg also point to significant incorporation of fluoride in dentin after application of GIC restoration¹⁹.

Application of 10% phosphoric acid for dentin conditioning considerably increases the depth of fluoride incorporation both in the inter- and intratubular dentin. SEM research confirms the presence of open or enlarged tubulae, as well as demineralised inter-tubular dentin, on the corroded surface. Same authors claim the additional application of hydrophilic primer could secure humidification of the dentin surface, which assists the transfer of fluoride ions into dentin¹⁸. Shashikiran et al. in their in vitro research point to a significantly higher uptake of fluoride in hard dental tissues after the application of fluoride-releasing composite, which is proportionate to the types of bonding used²⁰.

The difference in the amount of incorporated fluoride between GICs and dentin adhesives is due to the fact that dentin adhesives are applied in a thin layer and GICs in greater quantity²¹. Hotta et al. showed penetration of fluoride for GIC of approximately 20 μm in 30 days¹⁰. Yamamoto et al. in their electron probe analysis showed that after treatment with a 2% NaF-solution, fluoride uptake in dentin was no higher than approximately 100 μm in 30 days²². Tantbirojn et al. concluded that after a 30-day ap-

по апликација на композит кој содржи и ослободува флуор, се забележува значително зголемување на концентрацијата на флуор и во емајлот и во дентинот. Концентрацијата на флуор е најголема во оние слоеви од емајлот и дентинот кои се во директен контакт со полнењето, додека во подлабоките слоеви и во оние кои не се во контакт со реставративниот материјал концентрацијата на флуор е значително помала²³.

Со оглед на тоа што во нашето истражување ја одредуваме концентрацијата на флуор во целата дентинска маса, а не во поедини слоеви, измерената концентрација на инкорпориран флуор е помала од таа прикажана од другите истражувачи.

Слично на нашите истражувања и Tantbirojn дошол до заклучок дека количината на инкорпориран флуор се зголемува пропорционално со времето на контакт со реставративниот материјал²³. Разликите во концентрацијата на инкорпориран флуор зависно од времето на контакт со испитуваниот материјал индицира дека испитуваните материјали ослободуваат флуоридни јони континуирано за целиот период на испитување.

Заклучок

Базирано на резултатите прикажани во оваа студија може да се очекува кариостатско делување кај сите испитувани материјали. Сепак останува да се утврдат ефектите од примената на овие материјали во превенција на секундарниот кариес и инхибиција на негово ширење во подлабоките слоеви на дентинот. Примената на дентин кондиционери и атхезиви може да обезбеди подобро рабно затворање, полесно инкорпорирање на флуор во дентинот и негова поголема отпорност кон појавата на секундарен кариес.

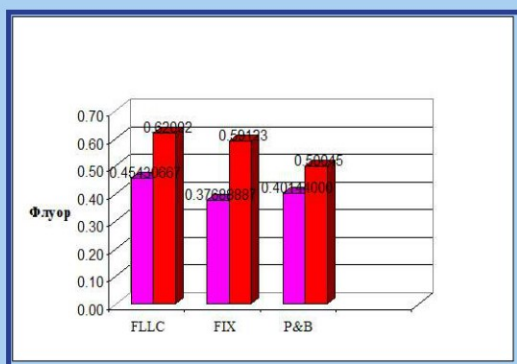
plication of composite filling containing fluoride, there would be a considerable increase in fluoride uptake in both enamel and dentin. The concentration of incorporated fluoride is highest in enamel/dentin layers that border on restoration. Deeper layers and the ones not in contact with the restorative material contain a considerably lower concentration of fluoride²³.

Considering that, in our research, the measurement of incorporated fluoride uptake was done in the entire dentin mass and not in individual layers in contact with the restoration, the values obtained are lower than those provided by the above-mentioned authors.

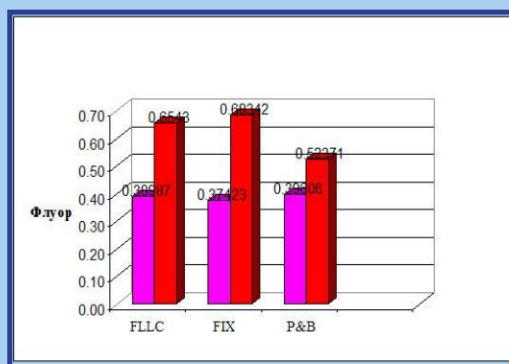
According to Tantbirojn the total and bound fluoride in dentin increased significantly with prolonged contact with the material²³. The changes in the fluoride concentration with the time of exposure to the examined materials indicate that fluoride ions were released from the restorative materials continuously over the 10 week period investigated.

Conclusion

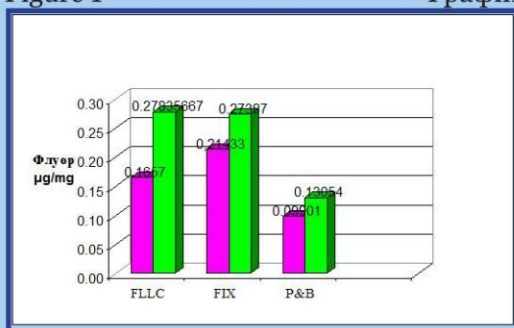
Based on the results acquired, we may expect reduction of the carious activity, especially the secondary caries phenomena, in all the tested materials. But, the effects of application of these materials in preventing secondary caries remains to be seen, as well as the progression of the inhibition in the deeper dentin layers. Application of acid conditioners and dentin adhesives could provide solid closure on edges, easier fluoride incorporation in dentin, and higher resistance to secondary caries occurrence.



Графикон 1 / Figure 1



Графикон 2 / Figure 2



Графикон 3 / Figure 3

Графикон 1. Концентрација на инкорпориран флуор во дентин ($\mu\text{g F/mg}$), три недели по апликација на реставративниот материјал.

Графикон 2. Концентрација на инкорпориран флуор во дентин ($\mu\text{g F/mg}$), десет недели по апликација на реставративниот материјал.

Графикон 3. Компарација на просечните вредности на инкорпориран флуор за период од 3 и 10 недели.

Fig. 1. Concentration of incorporated fluoride in dentin 3 weeks after application of the material

Fig. 2. Concentration of incorporated fluoride in dentin 10 weeks after application of the material

Fig 3. Comparison of average values of fluoride in dentin over periods of 3 & 10 weeks

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

- 1.Hicks J, Garcia-Godoy F, Donly K, Flait C. Fluoride-Releasing Restorative Materials and Secondary Caries. J Calif Dent Assoc. 2003; 31(3): 229-243.
- 2.Donly KJ, Segura A. Fluoride release and caries inhibition associated with a resin modified glass-ionomer cement at varying fluoride loading doses. Am J Dent. 2002; 15(1): 8-10.
- 3.Edmond R, Hewlett, Graham J. Glass ionomers in contemporary resorative dentistry-A clinical update. J Calif Dent Assoc. 2003; 31(6): 483-491.
- 4.Mukai M., Ikeda M. Fluoride uptake in human dentine from glass ionomer cement in vivo. Arch Oral Biol. 1993; 38: 1093-1098.
- 5.Retief DH, Bradley EL. Enamel and cementum fluoride uptake from a glass ionomer cement. Caries Res. 1984; 18: 250-7.
- 6.Shinkai RS, Cury AA, Cury J. In vitro evaluation of secondary caries development in enamel and root dentin around luted metallic restoration. Oper Dent. 2001; 26(1): 52-9.
- 7.Attar N, Onen A. Fluoride release and uptake characteristics of aesthetic restorative materials. J Oral Rehabil. 2002; 29: 791-798.
- 8.Carey CM, Spenser M, Gove RJ, Eichmiller FC. Fluoride release from a resin-modified glass-ionomer cement in a continuous-flow system: effect of pH. J Dent Res. 2003; 82(10): 829-832.
- 9.Harper DS, Loesche WJ. Inhibition of acid production from oral bacteria by Fluorapatite- derived Fluoride. J Dent Res. 1986; 65(1): 30-33.
- 10.Hotta M, Li Y, Sekine I. Mineralization in bovine dentin adjacent to glass-ionomer restorations. J Dent. 2001; 29: 211-215.
- 11.Acuna V, von Beetzen M, Caracatsanis M, Sundstrom F. In vitro fluoride uptake by enamel and dentin.A comparative study of two varnishes. Acta odontol Scand.1990; 48: 89-92.
- 12.Kawai K, Heaven TJ, Retief DH. In vitro dentin fluoride uptake from three fluoride-containing composites and their acid resistance. J Dent. 1997; 25: 291-6.
- 13.Marczuk-Kolada G, Waszkei D, Luczaj-Cepowicz E, Kierklo A, Pawinska M, Mystkowska J. The effect of glass ionomer cement Fuji IX on the hard tissues of teeth treated by sparing methods (ART and CMCR). Adv Med Sci. 2006;51:138-141.
- 14.Mukai M, Ikeda M, Yanagihara T, Hara G, Kato K, Nakagaki H. Fluoride distribution in dentine and cementum in human permanent teeth with vital and non-vital pulps. Arch Oral Biol. 1994; 39(3): 191-6.
- 15.Tsandnidis V, Koulourides T. An in vitro model for Assessment of fluoride Uptake from Glass-ionomer Cements by Dentin and its Effect on Acid Resistance. J Dent Res. 1992; 71(1): 7-12.
- 16.Borges FT, Campos WRC, Munari LS, Moreira AN, Paiva SM, Magalhães CS. Cariostatic effect of fluoride-containing restorative materials associated with fluoride gels on root dentin. J Appl Oral Sci. 2010. 18; 5.
- 17.Mousavinasab SM & Meyers I. Fluoride Release by Glass Ionomer Cements, Compomer and Dent Res J (Isfahan). 2009; 6(2): 75-81.
- 18.Tam LE, Chan GP, Yim D. In vitro caries inhibition effects by conventional and resin modified glass-ionomer restorations. Oper Dent. 1997; 22(1): 4-14.
- 19.Wesenberg G, Hals E. The in vitro effect of glass ionomer cement on dentine and enamel wals. J Oral Rehabil. 1980; 7:35-42.
- 20.Shashikiran ND, Kumar NC, Subba VV. Fluoride uptake by enamel and dentin from bonding agents and composite resins: A comparative studs. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2003; 21(4):125-30.
- 21.Francci C, Deaton TG, Arnold RR, Swift EJ, Perdigao J, Bawden JW. Fluoride release from restorative materials and its effect on dentin demineralization. J Dent Res. 1999. 78(10):1647-1654.

- 22.Yamamoto H, Iwami Y, Unezaki T, Tomii Y, Tuchitani Y. Fluoride uptake around cavity walls: Two-dimensional mapping by electron probe microanalysis. *Oper Dent.* 2000; 25: 104-112.
- 23.Tantbirojn D, Retief DH., Russell CM. Enamel, cementum and dentin fluoride uptake from a fluoride releasing resin composite. *Am J Dent.*1992; 5(4): 226-32.