

SEM АНАЛИЗА НА ИНТЕРФЕЈСОТ ПОМЕЃУ ЦЕМЕНТОТ НА ЗАБОТ И ГЛАС ЈОНОМЕР ЦЕМЕНТОТ

SEM INVESTIGATION OF THE INTERFACE BETWEEN THE TOOTH CEMENT AND GLASS-IONOMER CEMENT IN SPECIMENS CONDITIONED WITH POLYACRILIC ACID AND/OR ER:YAG LASER

Автор: Марија Стевановиќ¹

Елизабета Ѓорѓиевска¹, Соња Еленчевска
Апостолска², Александар Димков¹

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

Клиника за детска и превентивна стоматологија
Клиника за болести на забите и ендодонтолот

Autor: Marija Stevanovik¹

Elizabeta Gjorgievska¹, Sonja Elencevska
Apostolska², Aleksandar Dimkov¹

University of „Ss. Cyril and Methodius“ Skopje
Faculty of Dentistry Skopje

¹Department of Pedodontologjy
²Department of Endodontics

Апстракт

Ретракцијата на гингивата ги експонира коренот и вратот на забот и ги изложува на различни влијанија кои предизвикуваат хиперсензитивност на дентинот и на цементот.

Во исто време овие ткива стануваат подложни на кариес поради слабата минерализација на овој дел од забот. Лесно може да дојде до загуба на експонираниот цемент од коренот на забот поради тоа што слојот на цемент е тенок и брзо и лесно доаѓа до соголдување на дентинот и негова хиперсензитивност.

Апликацијата на глас-јономер цемента би можела да биде решение на овој проблем во случај на кариес и хиперсензитивност.

Целта на оваа студија е да се испита допирилата површина помеѓу цементот и глас-јономер цементот кондициониран со полнакрилна киселина и Er:YAG лазер.

Материјал и метод: за истражувањето беа употребени 15 заба, сите екстрахирани поради ортодонтски причини. Забите беа поделени во три групи:

I група: заби со цемент ирадирани со Er:YAG лазер; II група: заби со цемент кондиционирани со Er:YAG лазер и потоа беше аплициран глас-јономер цемент и III група: заби кондиционирани со полнакрилна киселина и потоа беше аплициран глас-јономер цемент.

Abstract

Gingival retraction exposes the cervix and the root of the tooth to different influence which causes hypersensitivity of the dentin and the cement and makes it susceptible to caries because of the poor mineralization of this part of the tooth.

Exposed root cement can be rapidly lost because the layer of the cement is thin and can easily lead to dentin exposure and dentin hypersensitivity.

Application of glass-ionomer cements could be a solution to this problem in case of hypersensitivity and in case of caries.

The aim of this in vitro study was to investigate the interface between the cement and GIC in cases where the cement was conditioned with polyacrylic acid and/or with Er:YAG laser (Er: YAG laser parameters: 3 Hz, 250 mJ).

Material and method: a total of 20 human extracted intact teeth have been used. All teeth were extracted for orthodontics reasons and were divided into four groups.

I group: teeth with cement irradiated with Er:YAG laser.

II group: teeth with cement conditioned with Er:YAG laser then GIC has been applied

III group: teeth with cement conditioned with polyacrylic acid then GIC has been applied

IV group: teeth conditioned with both polyacrylic acid and laser then GIC has been applied.

Сите заби беа припремени по стандардната процедура за набљудување на SEM.

Заклучок: евалуацијата на SEM анализата покажа најдобра маргинална адаптација помеѓу цементот и глас-јономер цементот после претходно кондиционирање на цементното ткиво со Er:YAG ласерот.

Послаби резултати покажаа примероците кондиционирани само со полиакрилна киселина.

Клучни зборови: цемента-емајлова граница, глас јономер цемент, Er:YAG ласер

Вовед

Цемент-емајловата граница (ЦЕС) претставува анатомски спој на емајлот кој ја покрива коронката на забот и цементот на забот кој ги покрива корените^{1,2,3}. ЦЕС е важно местото во клиничката стоматологија каде гингивата се припојува на здравиот заб. Кај млади особи, ЦЕС е заштитено со гингивата^{2,3,4}. Со текот на годините, пасивната ерупција го компензира трошењето на емајлот од оклузалните површини и инцизалните рабови и доведува до експонирање на ЦЕС во оралната празнина. Со тоа го изложува на бројни патолошки промени: цервикална ерозија, радикуларен карнес, цервикална ресорпција, абразија и хиперсензитивност на дентинот^{4,5}.

Можните варијанти на односи помеѓу минерализираните ткива кои го сочинуваат ЦЕС се опишани во бројни учебници и студии:

1. цементот го препокрива емајлот
2. емајлот и цементот се допираат со рабовите
3. експониран дентин помеѓу емајлот и цементот
4. емајлот го покрива цементот

Дентинската хиперсензитивност е релативно честа дентална состојба која се среќава кај трајните заби, предизвикана од експонирање на дентинот во оралната празнина како резултат на загуба на цементот од ЦЕС^{3,6,7}. Во литературата може да се сретне и терминот хиперсензитивност на цементот, но докажано е дека цементот од вратот на забот брзо и лесно се губи поради тоа што постои во многу тенок, слабо минерализиран слој и останува експониран само дентинот^{6,7}.

Причинителите на болка можат да бидат од термичко, хемиско или механичко потекло. Болката ја предизвикува движењето на флуидот во дентинските каналчиња и се објаснува со хидродинамичната теорија според која загубата на емајл

All teeth were prepared with the standard procedure for SEM investigation.

Conclusion: evaluation of the SEM analyzes showed best marginal adaptation and connection between the cement and the GIC after both polyacrylic acid and laser conditioning of the cement.

Poor results have been noticed in cases where specimens have been conditioned with acid alone.

Keywords: cemento-enamel junction, glass ionomer cement, Er:YAG laser

Introduction

The cemento-enamel junction is the anatomical juncture of the enamel that coats the crown of a tooth and the cementum that covers its root^{1,2,3}. The CEJ serves as an important point of reference in clinical dentistry as it is the site where gingival fibres attach to a healthy tooth. In young adults, the CEJ of permanent teeth is protected by the gingival tissues^{3,4}.

With increasing age, passive eruption which compensates for wear in the occlusal and incisal surfaces, along with the recession of the gingival, results in a shift of the CEJ to the gingival sulcus.

This changes expose the CEJ to the oral environment making it vulnerable to pathological changes such as: root caries, cervical erosion, cervical resorption and abrasion and dentinal hypersensitivity^{4,5}.

The possible relationships of the mineralized tissues composing the CEJ have been described in numerous text books and studies:

1. cementum over enamel;
2. edge to edge relationship of enamel and cementum;
3. gaps between cementum and enamel with a strip of exposed dentin;
4. enamel over cementum.

Dentinal hypersensitivity is relatively common, painful dental condition in permanent teeth caused by dentin exposure to the oral environment as a consequence of loss of enamel or cementum from the CEJ^{3,6,7}.

The literature also refers to cement hypersensitivity, but evidence indicates that exposed cervical dentine rapidly loses the cementum layer because it is very thin and not mineralized enough^{6,7}.

и/или цемент од вратот на забот и отворањето на дентинските тубули кон оралната средина, под дејство на одредени стимули, дозволува движење на дентинскиот флуид во самите тубули, индиректно стимулирајќи ги нервните завршетоци со што се предизвикува болна сензација. Болката може да биде со различен интензитет, од дискретна непагодност до силна болка. Степенот на болка варира помеѓу различни заби и помеѓу различни особи. Поврзан е со индивидуалната толеранција на болка, со физиолошки и емотивни фактори. Може да се поврзе со еден или два заба, цела група на заби или дури со сите четири квадранти во устата.

Хистолошки, кај сензитивниот дентин се среќаваат проширени дентински каналчиња, дури два пати пошироки од каналчињата надвор од сензитивниот предел на забот.

Микроскопски, дентинот кој манифестира сензитивност не се разликува од дентинот кој не е чувствителен^{8,9,10}.

Статусот на пулпата не е познат, но сепак, симптомите укажуваат на лесна инфламација како резултат на долгиот период за време на кој перзистираат симптомите, без да прогредира состојбата во пулпитис.

Третманот на некариозните цервикални лезии може да започне со контрола на етиолошките фактори и евалуација на дентинската пречувствителност. Десензитирачките техники опфаќаат апликација на лакови, калај оксалат, флуориди и други десензитирачки материјали. Сепак, тие обезбедуваат само палијативен третман и кога не се ефикасни, се вклучуваат и други фактори како превенција на акумулација на храна, заштита на пулно-дентинскиот комплекс, заштита на ерозии и абрази и заштита на некариозните цервикални лезии со апликација на реставративни материјали. Во тој контекст, овој тип на некариозни лезии ги карактеризира присуство на дентин и цемент кон се силно минерализирани со што аплицираните реставрации би биле повеќе подложни на микропропусливост, тешко се контролира влажноста и тешко се постигнува механичка ретенција. Затоа, се препорачува употреба на ГЈЦ за решавање на ваков тип на дентинска пречувствителност и локализација на кариес, поради позитивните карактеристики кон ги поседуваат^{11,12,13}.

Целта на оваа *in vitro* студија беше да се испита интерфејсот помеѓу цементот на забот и ГЈЦ, каде цементот на забот беше кондициониран со полнакрилна киселина и/или Er YAG ласер.

The stimulus that triggers the onset of pain can be of thermal, chemical or mechanical origin.

The pain is caused by the movement of fluid in the dentinal tubules and can be explained by the widely accepted "Hydrodynamic theory".

According to this theory the presence of lesions involving enamel and/or cementum loss in the cervical area and the opening of dentinal tubules to the oral environment, under certain stimuli, allows the movement of dentinal fluid inside the tubules, indirectly stimulating the endings of the pulp nerves, causing the pain sensation^{8,9,10}.

Pain has variable characteristics, ranging from discrete discomfort to extreme severity. The level of the pain varies among different teeth and different persons. It is related to individual tolerance of pain and to physical and emotional factors.

It may be localized to one or two teeth, several teeth or to all four quadrants in the mouth.

The treatment of non-carious cervical lesions can start with the control of the etiological factor following an evaluation of dentin sensitivity.

Desensitizing techniques are based on application of copal varnishes, potassium oxalate, fluorides and other desensitizing materials.

However, they provide only palliative pain treatment. When the former procedures are not effective, other factors such as food accumulation prevention, dentin-pulp complex protection, aesthetics improvement, erosion and dentifrice abrasion protection and control of dentinal sensitivity should be considered as indications for the restoration of non-carious cervical lesions. In this context, GIC could be used with certain advantages.

Special characteristics of this lesions are the presence of dentin and cementum in the gingival margins, and restorations that are more susceptible to microleakage because the available dentin is not favorable to adhesive systems, due to its high mineral concentration.

Along with lack of mechanical retention and difficulty to control moisture contamination in this restoration, application of glass-ionomer cements could be a solution to this problem in case of hyper sensitivity and in case of caries^{11,12,13}.

The aim of this *in vitro* study was to investigate the interface between the cement and GIC in cases

Материјал и метод

Во оваа студија употребивме 20 екстрахирани хумани нитактни заби. Сите заби беа екстрахирани од ортодонски причини. Забите ги поделивме во четири групи од по пет заба:

I група: 5 заба со цемент ирадиран само со Er:YAG ласер;

II група: 5 заба со цемент ирадиран со ER YAG ласер и потоа беше аплициран ГЈЦ;

III група: 5 заба со цемент кондициониран со полиакрилна киселина и потоа беше аплициран ГЈЦ;

IV група: заби кондиционирани со полиакрилна киселина и со Er:YAG ласер, потоа беше аплициран ГЈЦ.

Сите заби беа припремени по стандардната процедура за анализа на СЕМ.

Резултати

Цемент/ласер

Кавитет во цементот препариран со Er:YAG ласер(сл.1) . Во горниот дел од кавитетот се забележува фрактури во цементот, се забележуваат фрактурирани и одвоени парчиња од цементот, во најдлабоките партии на кавитетот се забележуваат отворени дентински каналчиња. Скалесто распоредени ретенции во цементот како резултат на пулсирачкиот модел на работа на Er:YAG ласерот.

Ласер/ГЈЦ

Се забележуваат фрактури во ГЈЦ (сл.2). Добра маргинална адаптација и стабилна поставеност на ГЈЦ во кавитетот. Во пукнатината помеѓу полнењето и ѕидот на кавитетот постојат остатоци од Fuji IX, што укажува на добра ретенција на материјалот.

Киселина /ГЈЦ

Лошата маргинална адаптација (сл.3), укажува на тоа дека кондиционирањето со киселина не е доволно. ГЈЦ е лабаво поставен во кавитетот, во него се следат фрактури, постои голема пукнатина помеѓу кавитетот и ГЈЦ. Се забележуваат остатоци од ГЈЦ во длабочина на кавитетот

Киселина/ласер/ ГЈЦ

Цементот на забот е препариран со ласер и потоа кондициониран со полиакрилна киселина(сл.4). ГЈЦ полнењето изгледа како да е откинато од кавитетот со употреба на сила така да може да се забележи интерфејсот помеѓу цементот и ГЈЦ. Во цементот на забот се забележуваат ретенции

where the cement was conditioned with polyacrylic acid and/or with Er:YAG laser.

Material and method

A total of 20 human extracted intact teeth have been used. All teeth were extracted for orthodontics reasons and were divided in to four groups.

I group: teeth with cement irradiated with Er:YAG laser.

II group: teeth with cement conditioned with Er:YAG laser and then GIC has been applied

III group: teeth with cement conditioned with polyacrylic acid and then GIC has been applied

IV group: teeth conditioned with both polyacrylic acid and laser and then GIC has been applied.

All teeth were prepared with the standard procedure for SEM investigation.

Results

Cementum/laser (Figure 1)

Cavity in the cementum prepared with the Er:YAG laser. On the top of the cavity fractures in the cement, loosening parts of the cement from the tooth, in the deepest parts of the cavity open dentinal tubules can be seen.

Scaly retentions in the cementum as a result of the pulsating mode of working of the Er:YAG laser.

Laser/GIC (Figure 2)

Some fractures can be seen in the GIC. Good marginal adaptation and stability of the GIC in the cavity.

In the gap between the GIC and the cavity wall there is remaining of FUJI IX which indicates good retention of the material in the cavity.

Acid/GIC (Figure 3)

Poor marginal adaptation, looks like acid conditioning is not enough. Loosening of the GIC from the cavity, fractures, big gaps between the cementum and the GIC, remainings of GIC far deep in the gap.

Acid/laser/GIC (Figure 4)

Cementum prepared with laser and than conditioned with polyacrylic acid. The GIC filling was ripped of from the cavity on purpose so that the interface could be seen.

во форма на крлушки од риба, во нив се забележуваат остатоци од ГЈЦ. Маргинално се евидентни остатоци на ГЈЦ добро поставени и ретенирани во кавитетот.

Дискусија

Резултатите покажаа дека апликацијата на Er:YAG ласерот во цементот на забот со параметри слични на оние кои се користат при препарација во дентинот, остава зад себе чиста површина на која можат да се забележат ретенции со графика во форма на крлушки од риба кои се скалесто поставени. Овој тип на ретенции се високо компатибилни со барањата на современите атхезивни техники и обезбедуваат добар и стабилен спој помеѓу цементот на забот и ГЈЦ.

Примероците третирани само со полиакрилна киселина покажаа големи пукнатини во материјалот, лоша маргинална адаптација и слаба атхезија. Се чини дека употребата само на полиакрилна киселина не е доволна за да се постигнат ретенции во цементот на забот кои ќе обезбедат доволно добра ретенција на ГЈЦ материјалот за исполнување на кавитетите^{14,15,16}.

Од друга страна, примероците кои беа препарирани со ласер и кондиционирани со полиакрилна киселина покажаа најдобри резултати. Обезбедена беше добра маргинална адаптација и солидна ретенција во кавитетот за поставениот ГЈЦ. Имајќи во предвид дека апликацијата само на полиакрилна киселина не обезбеди доволно добра атхезија, добрата маргинална адаптација и ретенција на Fuji IX во кавитетот најверојатно се должи на ретенциите во цементот во форма на крлушки на риба. Овие ретенции се јавуваат како резултат на аблативниот ефект на секој поединечен пулс на Er:YAG ласерот. Забележано е дека препарацијата со Er:YAG ласерот зад себе остава површина погодна за адхезија на реставрациите и во другите цврсти забни ткива: емајл и дентин^{17,18,19}.

Со развивањето на новите реставративни дентални материјали се чини дека се постигна и подобро разбирање на некариозните лезии и начинот за нивно решавање. Глас-јономер цементите се покажаа исклучително успешни во тој поглед. Како материјали за исполнување на кавитетите тие имаат многу низок коефициент на контракција и покажуваат термална компатибилност со структурата на забот. Овие материјали можат да остварат врска со површината на цврстите забни ткива забните ткива дури и без препарација. Докажана е нивната биолошка компатибилност со забот, обезбедуваат долготрајна адхезија врз база на добра хемиска интеракција

The cement looks scaly, there are remainings of GIC in the retentions in the cementum. In the margins of the cavity there are remainings of the GIC well retained in the cavity.

Discussion

The result showed that Er:YAG laser when used for cavity preparation in the cementum with parameters similar to those used for preparation of dentin, leaves clean surface with scaly retention compatible with the demands of the adhesive techniques. This retention sites proved to make good adhesion with the GIC.

Specimens that were treated with polyacrylic acid only, showed fractures, poor marginal adaptation and weak adhesion of the GIC to the tooth.

Seems that applying polyacrylic acid for conditioning of the tooth cement is inefficient and simply not enough to achieve a good retention of the material^{14,15,16}.

On the other hand specimens that were prepared with Er:YAG laser, conditioned with polyacrylic acid and GIC was applied showed best results.

Good marginal adaptation and solid retention of the GIC in the cavity has been achieved.

Having in consideration that using polyacrylic acid alone for conditioning the tooth cement was not enough to achieve good adhesion between the tooth and the material, good result in group IV is due to the retention made by the Er:YAG laser.

These kind of retentions occur as a result of the ablative effect of each laser puls in the tooth cement. It has been mentioned before that preparation in hard dental tissues as dentin and enamel also leaves behind a surface well conditioned for adhesion of dental materials^{17,18,19}.

Along with the development of the new dental restorative materials, there has been a better understanding of non-carious lesions and their management and restorations with GICs has been proved extremely successful. GICs have very low polymerization shrinkage, and are thermally compatible with tooth structure.

These materials can bond to dental surfaces without removing any hard tissue and their biological compatibility is well proved.

со ткивата на забот, обезбедуваат бенефит во оралната празнина од постојаното испуштање на флуориди со што земаат учество во превентивата на кариесот^{20,21}. Сите овие позитивни особини допринесуваат ГЈЦ да бидат материјал на избор при решавањето на стоматолошките процедури во цервикалниот дел на забот.

Заклучок

Евалуацијата на SEM анализата покажа најдобра маргинална адаптација и конекција помеѓу цементот на забот и ГЈЦ по подготовка на кавитетот со Er YAG ласер и кондиционирање на кавитетот со полиакрилна киселина.

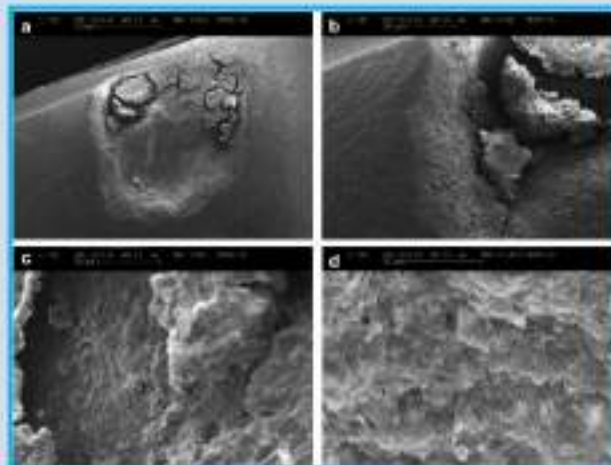
Лоши резултати се забележани кај примероците кои беа кондиционирани само со полиакрилна киселина.

They maintain adhesion for long period, make good chemical interaction with the tissue, they have the benefit of fluoride release in the environment, can act as preventive agents and are the material of choice to be placed in the cervical area of the tooth^{20,21}.

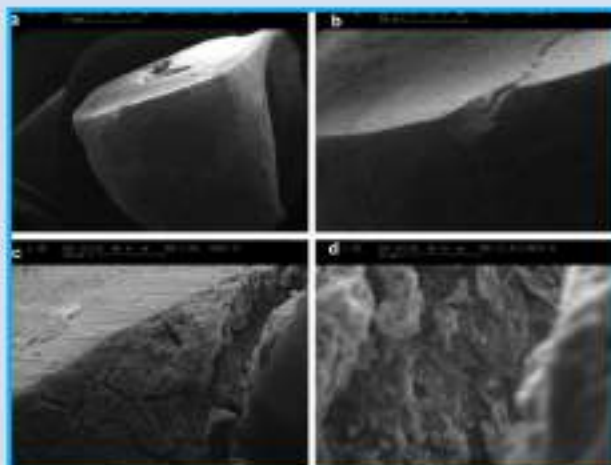
Conclusion

Evaluation of the SEM analyzes showed best marginal adaptation and connection between the cement and the GJC after both polyacrylic acid and laser conditioning of the cement.

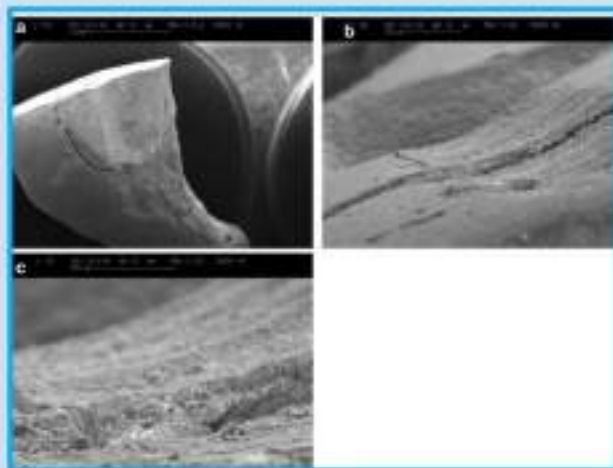
Poor results have been noticed in cases where specimens have been conditioned with acid alone.



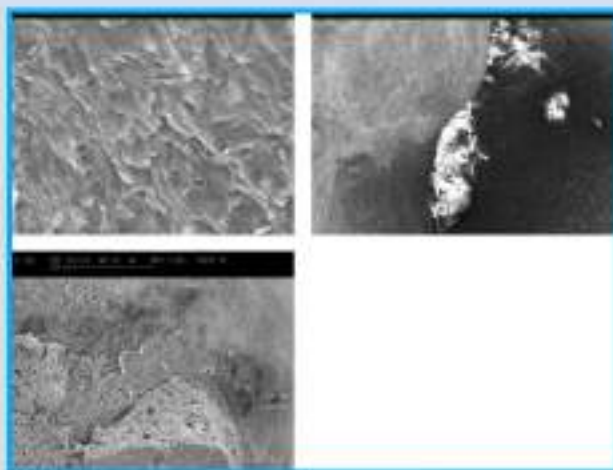
Слика 1 / Figure 1



Слика 2 / Figure 2



Слика 3 / Figure 3



Слика 4 / Figure 4

Сл.1. Кавитет препариран со ласер во цементот на зубот (а). Фрактуре во цементното ткиво, одвоени парчиња цемент од дентинот (б). Во длабочината на кавитетот евидентни отворени дентински тубули (ц и д).

Fig1.cavity prepared with Er:YAG laser in the tooth cement (a). Fractures in the cementum (b), loosen parts of the cementum (c), exposed dentinal tubul (d)

Сл.2. Кавитет препариран со ласер. Во кавитетот има полнење од ГЈЦ (а) со добра маргинална адаптација. Во пукнатината помеѓу ГЈЦ и зубот остатоци од Fuji IX во ретенциите на кавитетот (б,ц,д).

Fig.2. Cavity prepared with laser and filled with GIC (a). Good marginal adaptation (b), remaining of GIC in the gap between the tooth and the GIC material (c,d)

Сл.3. Кавитет кондициониран со полиакрилна киселина и исполнет со ГЈЦ. Лоша маргинална адаптација (а). Голема пукнатина помеѓу кавитетот и ГЈЦ, остатоци на ГЈЦ во длабочина на пукнатината (б,ц).

Fig3. Cavity conditioned with polyacrilic acid and GIC. Poor marginal adaptation (a), large gap between the toot and the GJC, remaining of the GIC in the gap (b,c)

Сл.4. Кавитет кондициониран со полиакрилна киселина по препарација со ласер. Полнењето со ГЈЦ е отпаѓао од кавитетот, во длабочина се забележуваат скалесто поставени ретенции во вид на крушки од риба со остатоци на ГЈЦ во нив (а, б, ц).

Fig4. Cavity prepared with polyacrilic acid after laser preparation. The feeling seems to be ripped of from the cavity (b,c), scaly retention can be noticed deep in the cavity (a)

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Addy M. Dentine hyper sensitivity new perspectives of an old problem. *Int Dent J.* 2002;52:367-357.
2. Arambawatta K. Morphology of the cemento-enamel junction in premolar teeth. *J Oral Sci.* 2009;51(4):623-627.
3. Porto I, Andrade A. Diagnosis and treatment of dentinal hypersensitivity. *J Oral Sci.* 2009; 1(3):323-332.
4. Chy C. Management of dentinal hypersensitivity. *Dent Bulletin.* 2010;15(3): 20-23.
5. Aherne CA, Mullane DO, Barret BE. Indices of Root Surface Caries, *J Dent Res.* 1990;69(5):1222-1226.
6. Schulze KA, Balooch M, Marschall W, Marschall SJ. Micro-Raman spectroscopic investigation of dental calcified tissues. Department of Preventive and Restorative Dental Sciences, Division Of Biomaterials and Bioengineering, Univerzity of California San Francisco, California 94143-0758 /2003.
7. Saori T, Tsutomu S et al. Hybrid layer seals the cementum/4-meta/mma-tbb resin interface. *J Biomed Mater Res: Part B Appl. Biomater* 2007-01;80(1):140-145.
8. Ho SP, Goodis H, Balooch M et al. The effect of sample preparation technique on determination of structure and nanomechanical properties of human cementum hard tissue. University of California, San Francisco, USA, *J Biomater.* November, 2003.
9. In vitro evaluation of Novamin Root conditioner, Nova Min technology Inc. Internal Research Report, 2005.
10. Bergenholtz A, Nadir Babay N. Scanning Elecron Microscopy of the Root Surface Texture of Extracted Periodontally Diseased Teeth Following Various Etching and Chelating Regimens. *The Int J Perio Rest Dent.* 1998;18(2).
11. Ho SP, Balooch M et al. Local properties of a functionally graded interphase between cementum and dentin, University of California San Francisco, published online 1 July 2004 (Wiley InterScience).
12. 3M Relyx ARC Adhesive Resin Cement : Endodontic Post Cementation, Current Concepts, Procedure and Technik Tips.
13. Ho SP, Balooch M, Goodis HE et al. Ultrastructure and nanomechanical properties of cementum dentin junction University of California, San Francisco 31 July 2003.
14. Osorio R, Toledano M et al. Microleakage and Interfacial Morphology of Self-Etching Adhesives In Class V Resin Composite Restorations. Department of Dental Materials School of Dentistry, University of Granada, Spain 4 dec. 2002.
15. Shafik SS, Zaki AE, Ashrafi SH. Comparative SEM of raport surfaces in juvenile and adult Periodontitis. *The Saudi Dent J.* 1992; 4(3).
16. Mount GJ. Minimal intervention- new concept. *J Oral Sci.* 2008;50(3):546- 554.
17. Alvarez-Perez MA, Alvarez-Fregoso O et al. X-Ray Microanalysis of Human Cementum, *Microsc. Microanal.* 2005;11:313-318.
18. Arambawatta K, Peiris R, Nanayakkara D. Morphology of cementum – enamel junction in premolar teeth. *J Oral Sci.* 2009;51(4):623-627.

19. Yamamoto H et al. Diversity of acellular and cellular cementum distribution in human permanent teeth. *J Hard Tissue Biology*. 2009;18(1):40-44.
20. Kaneshiro AV et al. Comparison of bonding ability of single-step, self-etching adhesives with different etching aggressiveness to root dentin, *Dent Mater J*. 2007;26(6):773-784.
21. Tohda H, Fejerskov O, Yanagisawa T. Transmission Electron Microscopy of cementum crystals correlated with Ca and F distribution in natural and carious human root surfaces. *J Dent Res*. 1996;75(3):945-954.
22. Tziafas D. Composition and Structure of Cementum: Strategies for Bonding. *J Appl Oral Sci*. 2008;18(6):334-338.
23. Francisconi LF et al. Glass Ionomer Cements and their role in the restoration of non-carious cervical lesions. *J Appl Oral Sci*. 2009;17(5):364-369.