

СЕМ анализа квалитета ивичног припоја композитних испуна за глеђ после примене тотално нагрizaјућег и самонагрizaјућег адхезивног система

Стефан Дачић¹, Драгица Дачић-Симоновић¹, Славољуб Живковић², Горан Радичевић¹, Александар Митић¹, Ивана Станојевић¹, Александар Веселиновић³

¹Стоматолошки одсек, Медицински факултет, Универзитет у Нишу, Ниш, Србија;

²Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија;

³Фармацеутски одсек, Медицински факултет, Универзитет у Нишу, Ниш, Србија

КРАТАК САДРЖАЈ

Увод Квалитет и трајност везе глеђи и композитних материјала зависи, између осталог, и од коришћеног адхезивног реставративног система.

Циљ рада Циљ истраживања је био да се анализом помоћу скенинг електронске микроскопије (СЕМ) процени квалитет ивичног припоја композитних адхезивних система и глеђи, односно проуче морфолошке особине глеђне површине дуж ивица композитних реставрација након деловања кариогеног раствора.

Методе рада Као материјал у истраживању коришћено је 56 екстрахованих хуманих трећих молара. На свим зубима су препарирани кавитети пете класе с ивицама у глеђи. Кавитети су реставрирани композитним адхезивним системима: *Single Bond/Z250* и *Single Bond/Filtek Flow*, коришћењем технике тоталног нагрizaња, и *Prompt-L-Pop/Z250* и *Prompt-L-Pop/Filtek Flow*, применом технике са самонагрizaјућим адхезивним системима. После поступка реставрације зуби су излагани деминерализацији током седам и 28 дана потапањем у кариогени раствор (млечна киселина pH 4,5; 0,1 M) на 37°C или држани у дејонизованој води (контролна група). Ивице реставрација и перимаргинална глеђ испитиване су помоћу СЕМ. Ивична пукотина око реставрација мерена је у пределу врата зуба, оклузивно и на апроксималним странама.

Резултати Примена технике тоталног нагрizaња је показала значајно мању ширину ивичне пукотине око композитних реставрација у односу на самонагрizaјући систем ($p < 0,01$). СЕМ испитивања су такође открила изразиту деминерализацију и ерозију ивичне зоне глеђи (оштећења призма, порозитети) након деловања кариогеног раствора код оба адхезивна система. На глеђним површинама ван перимаргиналне зоне уочена су незнатна оштећења.

Закључак Третман кавитета са 35-процентном фосфорном киселином код тотално нагрizaјућег поступка значајно побољшава везу композитних смола за глеђ. Растварање ивичне глеђи у кариогеном раствору уочено је око свих реставрација и код оба адхезивна система.

Кључне речи: глеђ; адхезиви; композитне смоле; деминерализација; скенинг електронска микроскопија (СЕМ)

УВОД

Трајност адхезије денталних материјала у боји зуба и њен клинички успех зависе од скупљања материјала при полимеризацији. Када се помоћу адхезива везују директне композитне реставрације за зубне структуре, иницијални и резидуални полимеризациони стресови, који се јављају дуж зида кавитета, стварају пукотину, рекурентни каријес и иритацију пулпе [1]. Стварање ивичне пукотине не може се избећи чак ни употребом адхезива који ослобађају флуориде, као ни материјала који спречавају деминерализацију дуж ивица кавитета. Дакле, само херметичко припајање реставрација осигурава успех клиничког лечења [2].

Данас постоји много различитих адхезивних система. Клиничари су збуњени сталном понудом све новијих адхезива. Једноставно, немају довољно времена да процене ефикасност актуелног адхезива јер се одмах нуди нови. Клиничка ефикасност адхезива се огледа у изостајању пребојавања ивица композитних испуна, у спречавању развоја секундарног каријеса и изостанку осетљивости после интервенције. Ове појаве су иначе последица лошег ивичног припоја материјала за зубна ткива и појаве микропропуштања око ис-

пуна. За испитивање ивичног припоја и микропропуштања препоручују се разне методе *in vitro*, укључујући компримовани ваздух, активацију неутрона, електрохемијску методу, филтрацију течности, бактерије и коришћење боја. Даље се препоручују технике као што су: скенинг електронска микроскопија (СЕМ), трансмисиона електронска микроскопија (ТЕМ) и микроскопска анализа електричном сондом. Међу најновије неинвазивне технике убраја се микрокомпјутеризована томографија. Она подразумева скенирање целе реставрације у високој резолуцији ради тродимензионалног увида у припој материјала и микропропуштања [3].

Најбољи квалитет везе композита за глеђ омогућава поступак нагрizaња глеђи фосфорном киселином (35-37% раствора) уз примену хидрофилних адхезива. Јаче киселине, као што је фосфорна, стварају дубље ретенције на површини ивичне глеђи, тако да је микромеханичка веза адхезива и композита за глеђ боља (дубљи продор смоле и чвршћа веза). Оваква припрема глеђи врши се током постављања тотално нагрizaјућих адхезивних система [4]. Тотално нагрizaјући системи подразумевају примену фосфорне киселине за нагрizaње и глеђи и дентина, док самонагрizaјући

адхезивни системи укључују кондиционирање зидова кавитета прајмерима, који се не испирају и који су по хемијском саставу слабе киселине [5]. У пракси је прихватљивија примена самонагризајућих адхезивних система јер њихово наношење траје краће. Смањена осетљивост после интервенције и чување размазног слоја су важни фактори за све већу примену ових адхезива. Међутим, нагризање глеђи блажим киселинама код самонагризајућих система доводи до стварања плићких ретенција, што условљава слабији продор адхезива у глеђно ткиво и слабију везу композита и глеђи [4, 5].

Кондиционирање (нагризање) тврдых зубних ткива значајно повећава ретенциону површину која учествује у везивању композита за глеђ и дентин. Микро-ретенција у зубним ткивима после примене киселина омогућава клинички задовољавајућу, али не и потпуну адхезивну везу без микропукотине. Чињеница је такође да се приликом кондиционирања зубних структура оне незнатно модификују. Тако отпорност ивичне глеђи на кариогене растворе зависи, поред осталог, и од примењеног кондиционера током поступка рестаурације [6, 7, 8].

ЦИЉ РАДА

Испитивање је урађено како би се утврдила разлика у припоју тотално нагризајућег и самонагризајућег адхезивног система, односно композита за глеђ. Помоћу СЕМ су посматрани континуитет везе и ширина микропукотине на споју композита и глеђи. Посматране су и морфолошке особине површине перимаргиналне глеђи након излагања зуба с испунима дејству кариогеног (деминерализујућег) раствора. Циљ је био да се испита да ли постоји смањена отпорност ивичне глеђи око испуна на деминерализациони раствор услед примене кондиционера током тотално нагризајућег и самонагризајућег поступка.

МЕТОДЕ РАДА

Припрема кавитета

Као материјал у истраживању послужило је 56 трећих молара екстрахованих из различитих разлога. До експеримента зуби су чувани на 4°C у физиолошком раствору. Пре припреме кавитета одсечени су коренови, а са вестибуларне стране свакога зуба направљена је адхезивна препарација пете класе (3×2×2 mm) применом турбинског кољењака и крушкастог дијамантског сврдла. Сви кавитети су препарирани изнад глеђно-цементне границе, како би све ивице кавитета биле у глеђи. Рубови кавитета закошавани су пламичастим, дијамантским сврдлом уз примену микрокољењака и смањене брзине ротације. Узорци зуба су потом разврстани у четири групе од по шест зуба (четири методе рестаурације) за период испитивања од седам дана (24 зуба), односно 28 дана. Осам зуба – по два за сваку методу рестаурације – служили су као контролна

група и они су након постављања испуна чувани у дејонизованој води.

Методe рестаурације зуба

Примењене су четири методе рестаурације, а сви материјали су постављани према упутству произвођача. Прве две групе зуба су рестауриране хибридним, а друге две течним композитом. Кавитети прве и треће групе зуба су припремани помоћу тотално нагризајућих система, а друге и четврте групе применом самонагризајућих адхезива:

- I група: киселина + *Adper Single Bond 2* + *Filtek Z250 (Single bond/Z250)* – тотално нагризајућа техника + хидрофилни адхезив + хибридни композит;
- II група: *Adper Prompt-L-Pop* + *Filtek Z250 (APLP/Z250)* – самонагризајући адхезив + хибридни композит;
- III група: киселина + *Adper Single Bond 2* + *Filtek Supreme XT Flowable (Single Bond/Filtek Flow)* – тотално нагризајућа техника + хидрофилни адхезив + течни композит;
- IV група: *Adper Prompt-L-Pop* + *Filtek Supreme XT Flowable (APLP/Filtek Flow)* – самонагризајући адхезив + течни композит.

Код технике тоталног нагризања глеђи и дентина глеђни и дентински зидови кавитета пете класе нагризани су 35-процентном фосфорном киселином (3M ESPE – 7523/lot 5FR). Глеђ је кондиционирана 30 секунди а дентин 15 секунди. Кавитети су потом испирани водом из пуста у трајању од 10 секунди. Након сушења примењен је адхезивни систем *Adper Single Bond 2* (3M ESPE – 51202/lot 6GE) у два слоја блажим утрљавањем 15 секунди (укупно 30 секунди) и полимеризован у трајању од 10 секунди. Кавитет је испуњаван композитним материјалом *Filtek Z250* (6020/lot 5UA) или *Filtek Supreme XT Flowable* (3913/lot 6AU) наношењем у два хоризонтална слоја. Полимеризација сваког слоја извршена је за 20 секунди.

Код технике са самонагризајућим прајмером адхезив *Adper Prompt-L-Pop* (3M ESPE 38183/lot 240116-130) наношен је на глеђ и дентин у два слоја. Први слој је утрљаван 15 секунди, а затим посушен ваздухом. Након наношења другог слоја, у трајању од три секунде, кавитети су посушивани ваздухом, а адхезив полимеризован у трајању од 10 секунди. Рестаурација је урађена композитним материјалом *Filtek Z250* или *Filtek Supreme XT Flowable*. Материјал је нанесен у два хоризонтална слоја, а сваки слој је полимеризован 20 секунди.

Везујући агенси и композити су фотополимеризовани с претходно испитаном лампом *Visilux Command 2* (3M) на 400 mW/cm². Сваки слој материјала осветљаван је 20 секунди. Сви узорци су потом полирани дијамантским финирерима, дисковима *Sof-Lex* и гумицама различите финоће зрна (3M ESPE) уз обавезно хлађење водом.

Узорци зуба све четири групе урађани су у раствор млечне киселине (pH 4,5; 0,1 M) на 37°C, у тубе од 20 ml. По шест узорака зуба из сваке групе држано је у киселом раствору седам и 28 дана. Раствор млечне кисе-

лине (кариогени раствор) мењан је свака 24 часа. Контролни узорци, по два за сваку групу (укупно осам зуба) држани су седам дана у дејонизованој води (pH 6,7) на $37^{\circ}C$, у тубама од 20 ml. Експериментални узорци су на крају периода посматрања испирани водом и чувани 24 часа у дејонизованој води пре СЕМ испитивања.

Ивице рестаурација и перимаргинална глеђ испитиване су помоћу скенинг електронског микроскопа (JEOL-JSM 530) након лепљења узорака на специјалне сталке и напаравања у евапоратору (JOEL JFC-1100F). СЕМ анализа квалитета ивичног припоја рестауративног материјала за глеђ вршена је директно с монитора микроскопа. Мерења је ширина ивичне пукотине помоћу скале на монитору скенинг микроскопа при увећању од хиљаду пута. Рулет (Roulet) и сарадници [21] указују на то да праве димензије детаља који се мери зависе од пројекције условљене нагибом и тродимензионалном оријентацијом објекта. Стога се водило рачуна о томе да нагнутост површине с које се мери буде што мања. Мерење је вршено на четири стране рестаурације (мезијалној, дисталној, оклузивној и гингивалној), и то на местима најширег пружања пукотине. На основу четири измерене вредности израчунавана је просечна ширина зјапа на контакту рестауративног материјала и глеђи.

Процена површинске морфологије перимаргиналне глеђи након деловања кариогеног раствора вршена је на начин који су применили Прати (Prati) и сарадници [6].

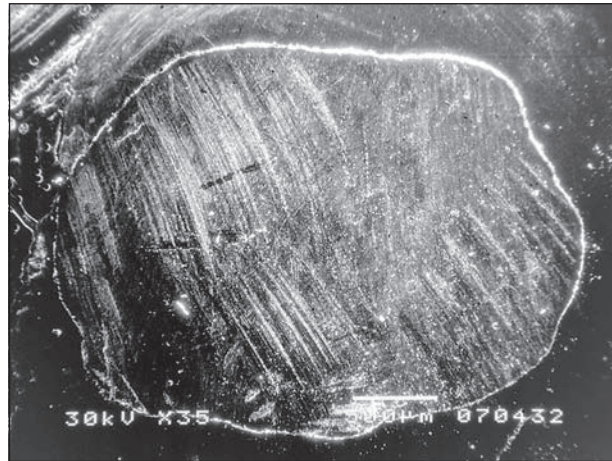
Поређење вредности просечних ширина ивичних пукотина око постављених рестаурација вршено је једностраном анализом варијансе (ANOVA) и Данетовим (Dunnett) тестом.

РЕЗУЛТАТИ

СЕМ налаз квалитета ивичног припоја

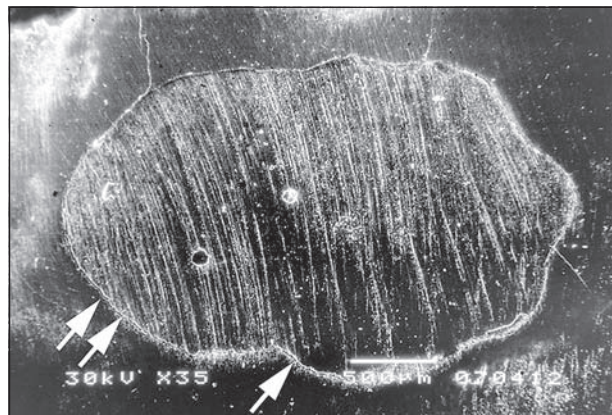
Током седмодневног посматраног периода најбољи припој је уочен код рестаурација зуба прве групе. Просечно, 10-20% ивица рестаурација после примене тоталног нагризања и 20-40% после примене самонагризајућег прајмера указивало је на контактну пукотину (Слике 1, 2, 3 и 4). Просечна ширина пукотине код зуба прве групе била је $0,4 \mu m$, зуба друге групе $1,1 \mu m$, зуба треће групе $1,6 \mu m$, а зуба четврте групе $5,1 \mu m$. Просечна ширина пукотине код зуба четврте групе била је статистички значајно већа него код зуба прве групе ($p < 0,05$). Разлике између просечних ширина пукотина у осталим групама нису биле статистички значајне.

Након 28 дана посматрања најбољи припој материјала за глеђ уочен је такође код рестаурација зуба прве групе, потом треће групе, па друге групе, док је највећа микропукотина забележена код зуба четврте групе. Просечне ширине пукотина код зуба друге ($4,7 \pm 1,8 \mu m$) и четврте групе ($6,2 \pm 1,9 \mu m$) биле су веће од ширине зуба прве ($1,6 \pm 2,0 \mu m$), односно треће групе ($1,9 \pm 1,4 \mu m$), али ове разлике нису биле статистички значајне. Просечна ширина пукотине код система са тоталним



Слика 1. Добра ивична адаптација хибридног композита за глеђ након примене тотално нагризајућег система – цео обим рестаурације. Нема пукотине на споју композита и глеђи (прва група из дејонизоване воде). Оригинални СЕМ (увеличање 35х).

Figure 1. Good marginal adaptation of hybrid composite after using total etch system – a whole circumference of restoration. There is no gap between composite and enamel (first group from deionized water). Original SEM (magnification 35x).



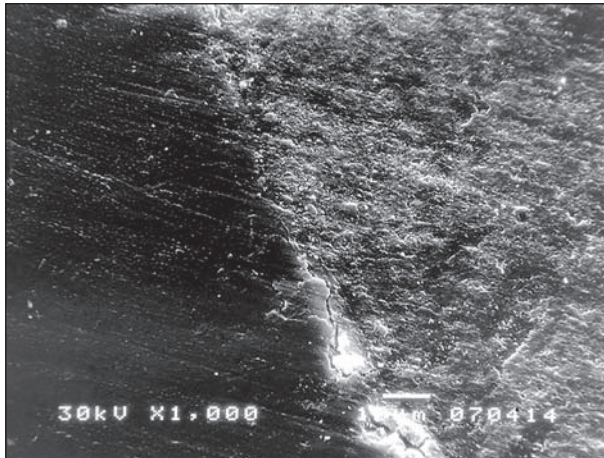
Слика 2. Ивична адаптација хибридног композита за глеђ након примене самонагризајућег система – цео обим рестаурације. Местимично се уочава ивична пукотина на споју композита и глеђи (друга група из дејонизоване воде). Оригинални СЕМ (увеличање 35х).

Figure 2. Marginal adaptation of hybrid composite after using self etch system – a whole circumference of restoration. The gap is partially noticed on composite/enamel connection (second group from deionized water). Original SEM (magnification 35x).

нагризањем била је $1,7 \pm 1,7 \mu m$ и значајно мања од ширине пукотина код којих су примењени самонагризајући прајмери ($5,4 \pm 1,9 \mu m$), и ова разлика је била статистички значајна ($p < 0,01$).

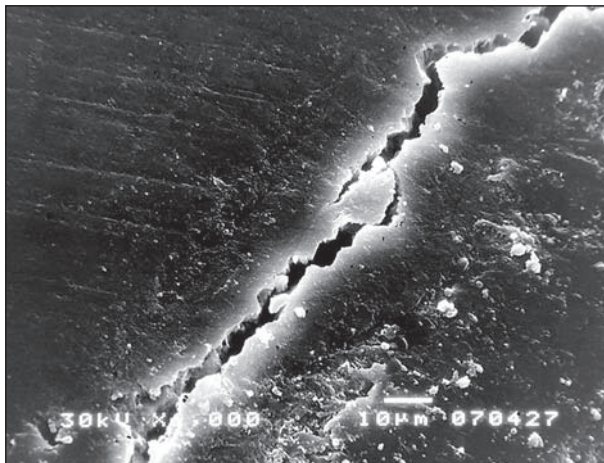
СЕМ налаз морфолошких особина ивичне зоне глеђи

Након деловања киселог раствора јасно се уочавао млечнобели прстен око ивица рестаурација. То је био доказ јачег растварања ивичног поља глеђи у кариогеном раствору у односу на осталу површину глеђи. СЕМ испитивање је открило изразиту деминерализацију и ерозију ивичне зоне глеђи (оштећења призми, порозитети) након деловања кариогеног раствора, а нарочито после 28 дана. Оштећења перимаргиналне



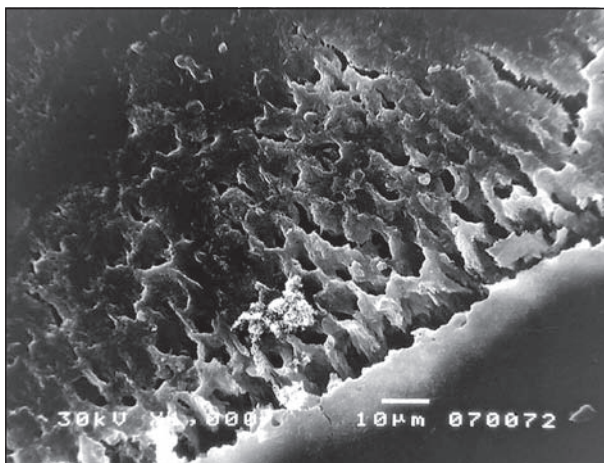
Слика 3. Оригинални SEM глеђно-композитног контакта после примене фосфорне киселине као кондиционера – тотално нагризајући систем (прва група). Узорак зуба с рестаурацијом чуван у дејонизованој води. Скоро идеална адаптација композитне смоле за глеђ (увеличање 1000 \times).

Figure 3. Original SEM of a enamel/composite interface after application of phosphoric acid as conditioner – total etch system (first group). Tooth specimen with restoration stored in deionized water. Almost ideal adaptation of composite resin to enamel (magnification 1000 \times).



Слика 4. Оригинални SEM зуба четврте групе – самонагризајући систем. Узорак зуба с рестаурацијом чуван у дејонизованој води. Може се видети микропукотина између композитне смоле и глеђног зида (увеличање 1000 \times).

Figure 4. Original SEM of specimen from the fourth group – self etch system. Tooth specimen with restoration stored in deionized water. A microcrack could be seen between the composite resin and enamel wall (magnification 1000 \times).



глеђи су била видљива просечно 10-200 μm од ивица рестаурације. На глеђним површинама ван перимаргиналне зоне уочена су незнатна оштећења (Слика 5). Деминерализација глеђи око ивица рестаурација након деловања кариогеног раствора била је најизраженија код узорака зуба четврте групе, где је утврђена и највећа пукотина око испуна (Слике 6 и 7).

ДИСКУСИЈА

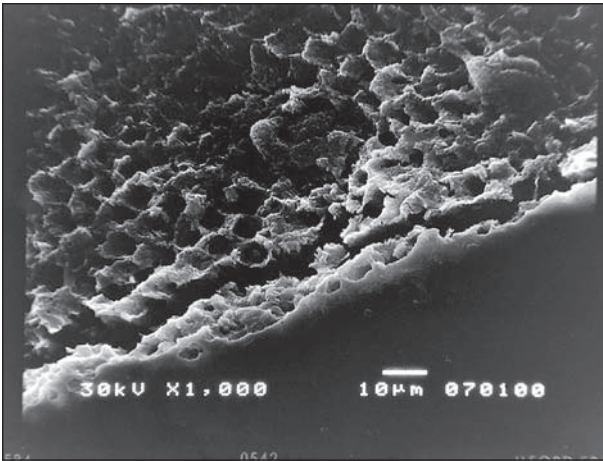
Трагање за рестауративним материјалом који поседује оптималне особине припајања води ка бројним дениталним материјалима, везујућим системима и рестауративним техникама. Главна непогодност материјала на бази смола је скупљање при везивању. Полимеризационо скупљање композита раскида везу адхезива и зубног ткива, нарочито код недовољно кондиционираних површина, те доводи до ивичне микропукотине. Превенција ивичне пукотине је у стварању јаче везе адхезива и композита за зубна ткива [11, 12, 14, 15]. Јачина полимеризационог скупљања зависи од: 1) формуле матрикса смоле и количине пунила у композиту; 2) изгледа кавитета; 3) врсте подлоге (компомер, смолом модификован гласјономер-цемент, течни композит); 4) величине, облика и места слоја композита; 5) светлосне или хемијске полимеризације; 6) модула еластичности контрахујућег материјала, односа везане и слободне површине рестаурације (фактор C); 7) интензитета везујућег светла; и 8) степена уграђене порозности [18, 19, 24, 25, 26].

Трајност рестаурације зависи од много фактора. Фактори као што су руковање материјалом, везујући капацитет рестауративног система, техника наносења и осветљавања, као и фактори старења рестаурације, какви су температура и pH циклуси у устима, стално оклузивно оптерећење и хидролитичка деградација материјала, утичу на резултат. Ипак, денитално-везујући системи могу имати већи клинички значај од технике осветљавања или материјала који умањују стрес [1, 10, 25, 26].

Према наводима Ван Мербека (*Van Meerbeek*) и сарадника [4], применом тотално нагризајућег система остварује се добра веза, односно добар ивични припој композита за глеђ. То се објашњава стварањем два типа трнова смоле у глеђи. Макротрнови смоле про-

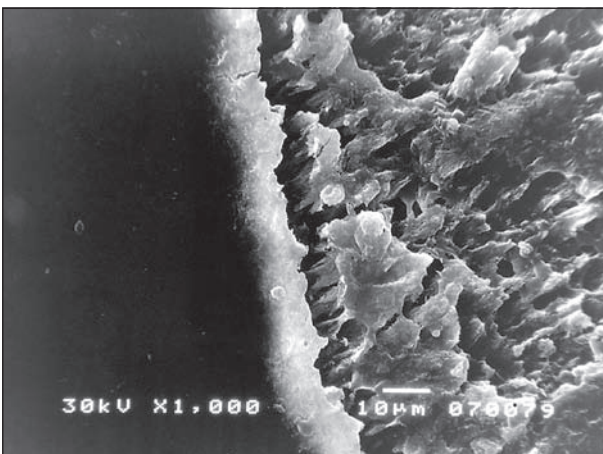
Слика 5. Узорак чуван у киселом раствору 28 дана (четврта група) – самонагризајући систем. Јача деминерализација маргиналне глеђи у односу на удаљенију глеђ. Омотачи и тела глеђних призма су потпуно уклоњени, док је интерпризматска глеђ на месту. Деминерализована глеђ у облику пчелињег саћа види се дуж перимаргиналног поља. Уочава се и маргинална пукотина између композита и глеђи. Оригинални SEM (увеличање 1000 \times).

Figure 5. Sample stored in acid solution for 28 days (fourth group) – self etch system. Stronger demineralization of marginal enamel compared to distant enamel. The core and body of enamel prisms completely removed but interprismatic enamel was still in place. The honeycomb structure of demineralized enamel was evident along the perimarginal area. A marginal gap could be seen between the composite end enamel. Original SEM (magnification 1000 \times).



Слика 6. Глеђна ивица рестаурације држане у киселом раствору 28 дана (прва група) – тотално нагризајући систем. Перимаргинална глеђ је веома деминерализована услед деловања млечне киселине. Види се велики број пора и истовремено напукла глеђ дуж ивице рестаурације. Не постоји ивична пукотина између композита и глеђи. Оригинални СЕМ (увеличање 1000 \times).

Figure 6. Enamel margin of a restoration stored in acid solution for 28 days (first group) – total etch system. Perimarginal enamel was strongly demineralized as a consequence of lactic acid solution acting. A great number of pores and one parallel fracture of enamel were visible along the margin of restoration. No marginal gap was present between the composite resin and enamel. Original SEM (magnification 1000 \times).



Слика 7. Веома деминерализована глеђна ивица услед дејства киселог раствора након 28 дана – самонагризајући систем (друга група). Уочавају се ерозије, напрслине и међуконтактни зјап.

Figure 7. Enamel margin strongly demineralized as a consequence of acid solution storage for 28 days – self etch system (second group). Erosion, cracks and interfacial gap were present.

диру у интерпризматску структуру глеђи, а микротрнови у интеркристалне просторе глеђних призми. Јачина везе смоле за глеђ, мерена по методологији Саноа (*Sano*) и сарадника (енгл. *microtensile bond strength – μ TBS*), може да буде и до 40 MPa [4]. Насупрот томе, код самонагризајућих система утврђена је слабија јачина везе за глеђ (око 30 MPa). Она се може објаснити формирањем слабије микроретенције у глеђи применом благо киселих прајмера. Самонагризајући прајмери омогућавају стварање микротрнова, док макротрнови смоле недостају. Такође се сматра да се прајмер трајно уграђује у зубну површину будући да се не испира водом. Ово утиче на слабији квалитет везивања самонагризајућих адхезивних система за глеђ [1, 4, 16].

Резултати овог испитивања *in vitro* показују да је квалитет глеђно-композитног споја значајно одређен начином кондиционирања. Потврђено је да третман кавитета фосфорном киселином значајно побољшава способност адаптације адхезива за глеђ. Утврђена је статистички значајна разлика у ширини ивичне пукотине између система с тоталним нагризањем и самонагризајућег система, с појавом шире пукотине око композитних испуна постављаних помоћу самонагризајућег система. Сматра се да течни композити, због ниског модула еластичности, делују као еластични ублаживачи (амортизери) контракционих стресова и побољшавају ивични интегритет испуна. Употреба флексибилног лајнера између дентина и композита описује се као концепт еластичних зидова [28]. Међутим, у овом испитивању утврђен је лошији спој материјала за глеђ код испуна зуба друге и четврте групе, где је коришћен течни композит као коначни испун, у односу на испуне с хибридни композитом зуба прве и треће групе.

Према налазима Франкенбергера (*Frankenberger*) и Френклина (*Franklin*) [5], самонагризајући адхезивни системи стварају хибридни слој који је тањи него код адхезивних система који користе фосфорну киселину за нагризање. Услед благог нагризања глеђних призми, након примене самонагризајућег адхезива дебелина хибридног слоја је 5-8 μ m, а састоји се од интеркристално инфилтроване смоле. Пошто је дубина нагризања недовољна за стварање дужих трнова смоле, адхезија је слаба. Насупрот томе, након примене фосфорне киселине уочене су знатно дубље микропоре у глеђи, а формиран су и дебљи хибридни слој (8-10 μ m) и дужи трнови смоле. Код самонагризајућих система равни хибридни слој, без слободних трнова, остварује механичку везу само помоћу интеркристалне ретенције. Зато је ова веза слаба и у њој настају напрслине кад је под стресом. Супротно томе, уградња смоле у виду трнова обезбеђује тродимензионални продор смоле у нагрижену глеђ, што појачава отпорност везе на стрес [4, 5].

У овом истраживању су помоћу СЕМ мерене ширине ивичних пукотина по ободу рестаурација постављених помоћу тотално нагризајућег и самонагризајућег поступка. У односу на светлосну микроскопију, технике мерења помоћу СЕМ су сложеније. Сlike са светлосне микроскопије су увек перпендикуларне на оптичку осу и објекат се види само у једној равни, услед минималне дубине поља. Зато су могућа мерења у свим правцима у тој равни. Супротно томе, код СЕМ постоји веома велика дубина поља и објекат је обично под косином. Фотографија је само дводимензионална пројекција тродимензионалне структуре. Свака девијација с равне површине, ако рестаурација изгледа конвексно, води скраћењу мере тог дела. Зато се не мере ивице рестаурације код веома нагнутих површина. Ако рестаурација има различите површине у различитим равнима, мерење се врши из различитих позиција. Пошто СЕМ допушта високу резолуцију, оштећења ивица се лако откривају. Налаз „идеална ивица” добија се једино помоћу адхезивних ма-

теријала и техника. За процењивање адаптације материјала за зубна ткива обично се мере дужина и ширина ивичне пукотине. На тај начин се вреднују материјали и поступци уношења.

Постоје и технике које не захтевају пресецање зуба с испуном како би се на пресеку посматрао припој материјала за зуб. Пресецање може да утиче на валидност резултата. Неинвазивне технике снимања, као што су зрачна томографска микроскопија (*X-ray tomographic microscopy – XTM*) и магнетна резонанција (*magnetic resonance imaging – MRI*), могуће су опције за испитивање контакта материјала и зуба без претходног сечења и полирања [21].

Велики број студија *in vitro* испитује особине адхезива помоћу процене ивичног затварања [4, 5, 7, 11, 12, 13, 21, 25, 30]. Коришћењем СЕМ посматрано је стварање ивичног зјапа око рестаурација постављених на екстрахованим зубима [4, 5, 13, 21, 25, 29]. Ова метода открива да силе настале током скупљања рестауративног материјала или термомеханичког оптерећења зуба с рестаурацијом нарушавају јачину везе за глеђ и дентин, што води настанку зјапа – пукотине дуж ивица рестаурације. Закључено је да су овакве семиквантитативне анализе ивичне пукотине клинички релевантне, посебно када се мерења понове након термоциклирања.

Франкербергер и Френклин [5] су 2005. године анализирали ивичну адаптацију рестаурација зуба друге класе помоћу различитих адхезива изводећи исти експериментални протокол. Након термомеханичког оптерећења код тотално нагрizaјућих адхезива утврђен је значајно већи проценат ивичног припоја без пукотине (око 90%) у поређењу са двоетапним (75%) и једноетапним самонагрizaјућим адхезивом (55%). Иако постоји тежња да се поједноставе поступци везивања, конвенционални троетапни тотално нагрizaјући адхезиви и даље пружају најпогоднију и најпоузданију везу на дуже време. Самонагрizaјући приступ можда има бољу перспективу у будућности. Клинички, кад адхезиви не захтевају тотално нагрizaјуће етапе, време примене и осетљивост технике се знатно смањују. Посебно благи самонагрizaјући адхезиви, који се везују помоћу комбиноване микромеханичке и хемијске интеракције за зубно ткиво, веома се приближавају троетапним тотално нагрizaјућим системима по квалитету везивања [4].

Луц (*Lutz*) и сарадници [27] су предложили испитивање бројних аспеката морфолошких обележја ивица и споја материјала за зубно ткиво. У дужину ивичног споја без пукотине укључују се размаци означени као:

excellent margin (прелаз између рестауративног материјала и зубног ткива није јасно уочљив), *positive ledge* (материјал наткриљује спој), *negative ledge* (материјал је испод нивоа споја), *restoration margin fracture* (пуцање рестаурације) и *enamel margin fracture* (пуцање глеђи).

У нашем истраживању је након деловања кариогеног раствора утврђена јача деминерализација перимаргиналне глеђи код оба система рестаурације. Најшира пукотина установљена је око рестаурација постављених применом самонагрizaјућих прајмера, код узорак зуба четврте групе. Око ових рестаурација, уз најширу ивичну пукотину, уочена је и најизраженија деминерализација ивичне глеђи. Поступак деминерализације *in vitro*, коришћен у овом проучавању, доводи до ерозије глеђне површине, посебно дуж ивица рестаурација. Није примећена ерозија ивичне глеђи на узорцима чуваним у дејонизованој води, што показује да су оштећења глеђи била повезана са излагањем кариогеном раствору (млечној киселини). Периоди посматрања од седам и 28 дана јесу временски интервали током којих се јављају порозитети глеђи и почетни каријес [6, 7].

Површинске морфолошке особине перимаргиналне глеђи дуж ивица композитних рестаурација могу се поредити с налазима сличних истраживања која се одnose на почетне каријесне лезије [1, 6, 13, 16, 20]. Код рестаурација с тотално нагрizaјућом техником јаче растварање перимаргиналне глеђи може бити последица примарне деминерализације глеђних ивица изазване фосфорном киселином током кондиционирања кавитета. Код самонагрizaјућих адхезивних система растварање перимаргиналне глеђи је вероватно последица слабијег припоја композита за глеђ и израженије микропукотине дуж обима рестаурације [8, 9, 10].

ЗАКЉУЧАК

Примена тотално нагрizaјућег адхезивног система доводи до боље адаптације композитног материјала за глеђ него самонагрizaјућег адхезивног система. Најбољи ивични припој остварио је композитни адхезивни систем *Adper Single Bond 2/Filtek Z250*, док је најшира микропукотина уочена код композитног адхезивног система *Adper Prompt-L-Pop/Filtek Flowable*. После деловања кариогеног раствора нешто јача деминерализација перимаргиналне глеђи уочена је код узорак кондиционираних самонагрizaјућим прајмерима, где је измерена и шира микропукотина у односу на узорке припремане тотално нагрizaјућим системом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerisation contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent*. 1996; 21(1):17-24.
2. Leinfelder KF. Is it possible to control the directional shrinkage of resin-based composites. *JADA*. 2001; 132:782-3.
3. Nguyen C. A new *in vitro* method for the study of microleakage of dental restorative materials. A thesis submitted in the fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Dentistry. Adelaide: School of Dentistry, The University of Adelaide; 2006.
4. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003; 28(3):215-35.
5. Frankenberger R, Franklin RT. Self-etch vs etch-and-rinse adhesives:

- effect of thermo-mechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin composite restorations. *Dent Mater.* 2005; 21:397-412.
6. Prati C, Chersoni S, Suppa P, Breschi L. Resistance of marginal enamel to acid solubility is influenced by restorative systems: an in vitro scanning electron microscopic study. *Clin Oral Invest.* 2003; 7:86-91.
 7. Dačić S. Ispitivanje otpornosti marginalne gleđi na kariogeni rastvor u zavisnosti od restaurativnih sistema kaviteta V klase [magistarska teza]. Niš: Univerzitet u Nišu; 2007.
 8. Dačić S, Dačić-Simonović D, Radičević G. Otpornost kondicionirane gleđi na dejstvo kariogenih rastvora. *Srp Arh Cel Lek.* 2008; 136(7-8):161-6.
 9. Dačić-Simonović D, Gašić J. Smear layer – uticaj na mikropropusticanje i propustljivost dentina. *Acta Stom Naissi.* 2002; 37/38:35-39.
 10. Živković S. Dentin adhezivna sredstva u stomatologiji. Beograd: Data status; 2007.
 11. Živković S, Petrović LJ, Todorović A. In vitro ispitivanje ivične mikropropustljivosti materijala u kaviteta II klase. *Stom Glas S.* 2001; 48:51-6.
 12. Živković S, Bojović S, Pavlica D. Bacterial penetration of restored cavities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontics.* 2001; 91:353-8.
 13. Perdigao J, Geraldini S. Bonding characteristics of self etching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Rest Dent.* 2003; 15:32-41.
 14. Toledano M, Osorio R, de Leonardi G, Roseles-Leal JI, Cebaiios L, Cabrerizo-Vichez MA. Influence of self etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent.* 2001; 14(4):205-10.
 15. Rees JS, Jacobsen PH. The polymerization shrinkage of composite resins. *Dent Mater.* 1989; 1(5):41-4.
 16. Prati C, Saponara Teutonico A, Breschi L, Marchionni S, Avarino L, Mazzotti G. Artificial marginal caries after the use of self etching and total etching bonding sistem. *J Dent Res.* 2002; 81:250.
 17. Prati C, Chersoni S, Cretti L, Mongiorgi R. Marginal morphology of class V restorations. *Am J Dent.* 1997; 10:231-6.
 18. Miyazaki M, Hinoura K, Honjo G, Onose H. Effect of self-etching primer application method on enamel bond strength. *Am J Dent.* 2002; 15(6):412-6.
 19. Mount GJ, Hume WR. Preservation and restoration of tooth structure. London, Philadelphia, St Louis, Sydney, Tokio: Mosby International Ltd; 1998.
 20. Palamara D, Palamara JEA, Tyas MJ, Pintado M, Messer HH. Effects of stress on acid dissolution of enamel. *Dental Mater.* 2001; 17:109-15.
 21. Roulet JF, Reich T, Blunck U, Noack M. Quantitative margin analysis in the scanning electron microscope. *Scanning Microsc.* 1989; 3(1):147-59.
 22. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res.* 1975; 9:373-87.
 23. Yoshioka M, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Vanherle G, Nomura Y, et al. Adhesion/decalcification mechanisms of acid interactions with human hard tissues. *J Biomed Mater Res.* 2002; 59(1):56-62.
 24. Dietschi D, Spreagico R. Adhesive metal-free restorations. Sao Paolo, Moscow, Prague, Warsaw: Quintessence Publishing Co. Inc; 1999.
 25. Luo Y, Lo ECM, Wei SHY, Tay FR. Comparison of pulse activation vs conventional light-curing on marginal adaptation of a compomer conditioned using a total-etch or a self-etch technique. *Dent Mater.* 2002; 18:36-48.
 26. van Dijken JW. A 6-year clinical evaluation of class I poli-acid modified resin composite/resin composite laminate restorations cured with a two-step curing technique. *Dent Mater.* 2003; 19:423-42.
 27. Lutz F, Krejci J, Barbakow F. The importance of proximal curing in posterior composite resin restoration. *Quintessence Int.* 1992; 23(9):605-7.
 28. Chuang SF, Jin YT, Lui JK, Chang CH, Chang DB. Influence of flowable composite lining thickness on class II composite restorations. *Oper Dent.* 2004; 29(3):301-8.
 29. Kaneshiro AV, Imazato S, Ebisu S, Tanaka S, Tanaka Y, Sano H. Effects of a self-etching resin coating system to prevent demineralization of root surfaces. *Dent Mater.* 2008; 24:1420-7.
 30. Donovan TE, Becker W, Brodine AH, Burgess JO, Cagna DR, Summitt JB. Annual review of selected dental literature: report of the Committee on Scientific Investigation of the American Academy of Restorative Dentistry. *J Prosthet Dent.* 2008; 2(100):110-41.

SEM Investigation of Composite Restoration Adaptation to Enamel after Use of Total Etch and Self Etch Adhesive System

Stefan Dačić¹, Dragica Dačić-Simonović¹, Slavoljub Živković², Goran Radičević¹, Aleksandar Mitić¹, Ivana Stanojević¹, Aleksandar Veselinović³

¹Department of Dentistry, Faculty of Medicine, University of Niš, Niš, Serbia;

²School of Dentistry, University of Belgrade, Belgrade, Serbia;

³Department of Pharmacy, Faculty of Medicine, University of Niš, Niš, Serbia

SUMMARY

Introduction Quality and durability of enamel/composite interface essentially depend on an adhesive restorative system.

Objective The aim of this study was to evaluate the quality of marginal adaptation of composite adhesive systems to enamel by scanning electron microscopy (SEM), and to analyse the morphology of the enamel surface along margins of composite restorations, following exposure to cariogenic solution.

Methods The study material included 56 extracted human third molars. Class V cavities were prepared with margins at enamel. Cavities were restored with Single Bond/Z250 and Single Bond/Filtek flow, using the total etch adhesive system, and Prompt-L-Pop/Z250 and Prompt-L-Pop/Filtek flow, using the self etch adhesive system. After the restorative procedure, the restorations were submitted to demineralization during 7 and 28 days. Samples were stored in a cariogenic solution (lactic acid, pH 4.5; 0.1 M) at 37°C or in deionized water (the control group). The margins of restorations and perimarginal enamel were examined by scanning electron microscope (SEM). The

gap formations around restoration were measured on cervical, occlusal and approximate margins.

Results The usage of the total etch adhesive system showed statistically significant lower marginal gap width around composite restoration, compared with the self etch system ($p < 0.01$). The SEM examination also showed perimarginal enamel zones presenting several signs of demineralization and erosion (alteration of rods, porosities) after acting of a cariogenic solution, in both adhesive methods. Less alteration was found on the enamel surfaces not included in the perimarginal zone.

Conclusion Treating the cavity with 35% phosphoric acid in the total etch system significantly improved the adaptation of the composite resins to enamel, compared with the self etch treatment. Stronger demineralization of the perimarginal enamel in a cariogenic solution was observed around all restorations in both adhesive systems.

Key words: enamel; adhesives; composite resin; demineralization; scanning electron microscope

Stefan DAČIĆ

Učitelj Tasina 32/12, 18000 Niš, Srbija

Tel.: +381 (0)18 249 168; Email: stefandacic1978@yahoo.com