

СЕМ ХАРАКТЕРИСТИКА НА ПРОМЕНИТЕ ВЪРХУ ДЕНТИНОВАТА ПОВЪРХНОСТ СЛЕД КАВИТЕТНА ПРЕПАРАЦИЯ С БОРЕР И ER:YAG ЛАЗЕР И ЕЦВАНЕ С ФОСФОРНА КИСЕЛИНА С РАЗЛИЧНА ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТ – IN VITRO ИЗСЛЕДВАНЕ ПРИ ВРЕМЕННИ И ПОСТОЯННИ ЗЪБИ

Н. Гатева¹ и Я. Миланов²

¹*Катедра „Детска дентална медицина”, ФДМ, МУ – София*

²*Катедра „Протетична дентална медицина”, ФДМ, МУ – София*

Резюме. Целта на проведеното изследване бе да се проучат микроморфологичните промени върху дентина на временни и постоянни зъби след конвенционална кавитетна подготовка с диамантен пилител и ецване за 7 и 15 s, както и след лазерна аблация с Er:YAG лазер и ецване за 7 и 15 s. Микроморфологичните промени бяха изследвани чрез сканираща електронна микроскопия с увеличение 1500, след като дентиновата повърхност на екстрахираните временни и постоянни резци и канини бе обект на подготовка с диамантен пилител и на лазерна аблация с Er:YAG лазер. Различните методи показаха разнообразни морфологични характеристики. Лазерно облъчената повърхност показва структурни промени, които правят използването на адхезивните техники с тотално ецване след лазерна обработка несигурни на този етап. Необходимо е да се направят допълнителни проучвания за въздействието върху дентиновата повърхност не само на лазерната светлина, но и на отделните технически параметри – въздух и вода. Целта е максимално да се подобри здравината на адхезивната връзка при обработена с Er:YAG лазер дентинова повърхност и химично ецване.

Ключови думи: *ербиум лазер, дентин, адхезия, ецване, временни зъби, постоянни зъби*

N. Gateva and Y. Milanov. SEM EVALUATION OF DENTIN SURFACE AFTER CAVITY PREPARATION WITH BUR AND ER:YAG LASER AND ETCHING OF DIFFERENT DURATION – IN VITRO STUDY ON PRIMARY AND PERMANENT TEETH

Summary. Purpose of the study was the observation of the morphological changes on dentin surface of primary and permanent teeth after a

conventional cavity preparation with diamond burs and acid etching for 7 or 15 sec., as well as after Er:YAG laser ablation and 7 or 15 sec. acid etching. Dentin surfaces from freshly extracted intact primary and permanent incisors and canines were subjected to laser treatment with Er:YAG laser, and to bur preparation. The micromorphology was investigated using a scanning electron microscope (SEM). The different types of treatment revealed a variety of morphological characteristics. Laser irradiated surfaces showed structure changes which make the use of "etch and rinse" adhesive techniques unsafe at this stage. Further studies are necessary in purpose to investigate how to improve the clinical application of Er:YAG laser combined with etch and rinse adhesives.

Key words: *Er:YAG laser, dentin, adhesion, etching, primary teeth, permanent teeth*

Тенденция в съвременната дентална медицина е приложението на алтернативни технологии – въздушно абразиво и лазерна аблация/лъчение за отстраняването на кариозно увредените зъбни структури [2, 28, 38]. Приемат се добре от пациентите. Интервенцията е безболезнена и липсват присъщите за класическата препарация с ротиращи инструменти шум и вибрации, които резонират и създават напрежение в пациента [38]. Постига се минимално отстраняване на твърди зъбни структури. На това основание те се приемат като подходящи за препариране на микрокавитети с оглед за „минимално инвазивно лечение“ [2, 26, 33, 35].

В консервативната дентална медицина лазерите са въведени като алтернативен инструмент за кавитетна препарация през 1989 г. [2, 20, 33]. Първите лазери, които могат да отстраняват емайл и дентин, са рубиновите (яркочервените) лазери [2, 9]. Следващата генерация, чрез която също е възможно отстраняване на твърди зъбни структури е тази на Erbium:yttrium-aluminum-garnet (Er:YAG) и CO₂ лазери [22]. Er:YAG лазерът (с дължина на вълната $\lambda = 2.94 \mu\text{m}$) е създаден от Zharikov [14] и е приложен за първи път за целите на денталната медицина също през 1989 г. [15]. През 1997 г. Er:YAG лазерът е разрешен от FDA (Food and Drug Administration) в САЩ за вътрешно търговско производство и за клинично приложение върху твърдите орални тъкани [7, 14].

Механизмът на отстраняване на дентина чрез този вид лазер се определя като „термомеханичен процес“. Той протича под

точката на топене на зъбните структури – приблизително 1200° С, в следната последователност:

- излъчената лазерна светлина се абсорбира от водата, която естествено се намира в хидроксилпатита на твърдите зъбни структури [21, 27];
- водата се затопля и се изпарява;
- в твърдата структура парата е под високо налягане;
- това налягане причинява микроексплозии в зъбните тъкани [9, 39].

В резултат на лазерната аблация се получава повърхност с разнообразна характеристика, с липса или наличие на минимално количество замърсяващ слой [6, 10, 14, 17, 19, 28, 43, 44].

През последните десетилетия нарастват предпочитанията към използване на естетични композиционни дефинитивни обтурационни материали в комбинация с адхезивни/бондиращи системи. Възлов момент при тяхното приложение е „съдбата“ на замърсяващия слой, който неизбежно се образува при оперативната обработка на твърдите зъбни структури с различни пилители [10, 23, 34, 44, 48]. При едни от средствата и свързаните с тяхното приложение методи замърсяващият слой се отстранява [10, 23, 24, 30]. Отстраняването на замърсяващия слой се постига с химични средства – киселини [10, 23, 45]. Това има своите положителни страни. Подобрява се здравината на адхезивната връзка [44, 45]. Клиничните прояви обаче (като постоперативна повишена чувствителност) са последствия, които на свой ред се отдават на това химично отстраняване на замърсяващия слой [10, 45].

При третирането на твърдите зъбни структури с лазерна светлина се образува минимално количество или не се образува замърсяващ слой [14, 17, 19, 28, 43, 44]. Това дава основание на автори да предложат след кавитетна препарация на дентиновата повърхност с лазер да се пристъпи към непосредствено налягане на адхезивната система, без да се провежда киселинно ецване за отстраняване на замърсяващия слой [4, 5, 10]. В подкрепа на това е установената от някои автори сходна или висока здравина на адхезивната връзка, получена след лазерна

препарация в сравнение с конвенционална препарация и ецване [2, 28, 29, 46].

Резултатите обаче не са еднопосочни. Други изследвания показват значително по-малка здравина на връзката към повърхност, която е третирана с лазер и не е ецвана [5, 25, 28]. На това основание те предлагат ецване на препарираната с лазер повърхност преди нанасяне на адхезивната система [5, 8, 16, 25, 31, 32]. В тази връзка е необходимо изследване на повърхността на твърди зъбни структури, третирани с лазер. Какви промени настъпват, еднакви или различни са при временни и постоянни зъби, възможно ли е повлияване на състоянието на тази повърхност чрез ецване за оптимизиране на ефекта при бондирането ѝ.

Цел на настоящото изследване е чрез сканираща електронна микроскопия (SEM) да се сравнят микроморфологичните промени в дентина на временни и постоянни зъби след конвенционална кавитетна препарация с борер и след аблация с Er:YAG лазер и ецване с 37% фосфорна киселина за 7 и 15 s. За изпълнение на целта са поставени следните задачи:

– Да се сравни морфологичната характеристика на създадената дентинова повърхност след препариране с ротиращи борери и след аблация с Er:YAG лазер.

– Да се сравни степента на почистване на замърсяващия слой след конвенционална препарация и ецване с 37% фосфорна киселина за 7 и 15 s, както и след лазерна аблация и последващо ецване при същите условия.

Материал и методи

Използвани са 28 интактни зъба (14 временни инцизива и канина и 14 постоянни инцизива). Временните зъби са от здрави деца на възраст между 7-9 години, след подписано информирано съгласие от страна на родителите за използването на тези зъби в експеримента. Постоянните зъби са също от здрави пациенти на възраст между 55-65 години и с подписано информирано съгласие. Временните зъби са екстрахираны поради физиологична смяна или поради ортодонтски показания, а постоянните поради пародонтални проблеми. След екстракцията зъбите

са поставяни в 10% разтвор на формалин за 10 min, а след това до момента на изследването са съхранявани във физиологичен разтвор.

Лазерно препариране на дентиновата повърхност. В настоящото изследване е използван Er:YAG лазер Lambda Scientifika Spa модел Doctor Smile. Накрайникът (түпът) беше почистван според инструкцията на производителя. По вестибуларната повърхност на всеки зъб бяха изработени кавитети с приблизителни размер 2.5 x 2.5 x 1.5 (дълбочина) mm, като за определяне на дълбочината на кавитета беше използвана градуирана пародонтална сонда. Параметри при работа в дентин: 2.5 W (вата), 80% water (вода), 95% air (въздух), продължителност на импулса 75 μ s, дължина на вълната $\lambda = 2.94 \mu$ m.

Конвенционално препариране на дентиновата повърхност. По вестибуларната повърхност на всеки зъб с помощта на фисурен диамантен борер (ISO 806204108524835010), турбина и под водно-въздушно охлаждане бяха изработени кавитети със същите размери като тези при лазерната прапарация. Диамантеният борер се сменяше на всеки три зъба. След като зъбите бяха подготвени по този начин, с помощта на фисурен диамантен турбинен борер бяха премахнати корените на нивото на емайло-циментовата граница при всички постоянни зъби и (наличните) при временните зъби.

Ецване на дентина. Като ецващ агент беше използвана 37% фосфорна киселина (Esticid – Gel, Heraeus Kulzer, GmbH), прилагана съответно за 7 и 15 s. След изтичане на времето за ецване всеки образец се промиваше с водно-въздушна струя в продължение на 15 s и се изсушаваше с лека въздушна струя за 5 s. Подготвените образци се оставяха на стайна температура за 24 h.

Групирание на образците. Зъбите са разделени по случаен принцип в 8 групи, по 3 зъба във всяка група (само временни или само постоянни), в зависимост от начина на кавитетна прапарация – борер или лазер, и от продължителността на времето за ецване. За всеки метод на прапарация бяха подготвени контролни образци – от временни и постоянни зъби. Разпределението на опитните образци по групи, в зависимост от начина на

препарирание и времето на апликация на ецващия фактор за всички образци* е представено на табл. 1.

Таблица 1. Разпределение на експерименталните образци по групи според вида на съзъбието, времето на ецване и вида на препаратия

	Борер/Ецване 37% фосф. к-на		Лазер/Ецване 37% фосф. к-на	
	7 s	15 s	7 s	15 s
Временни зъби	група 1 n = 3	група 3 n = 3	група 5 n = 3	група 7 n = 3
Постоянни зъби	група 2 n = 3	група 4 n = 3	група 6 n = 3	група 8 n = 3

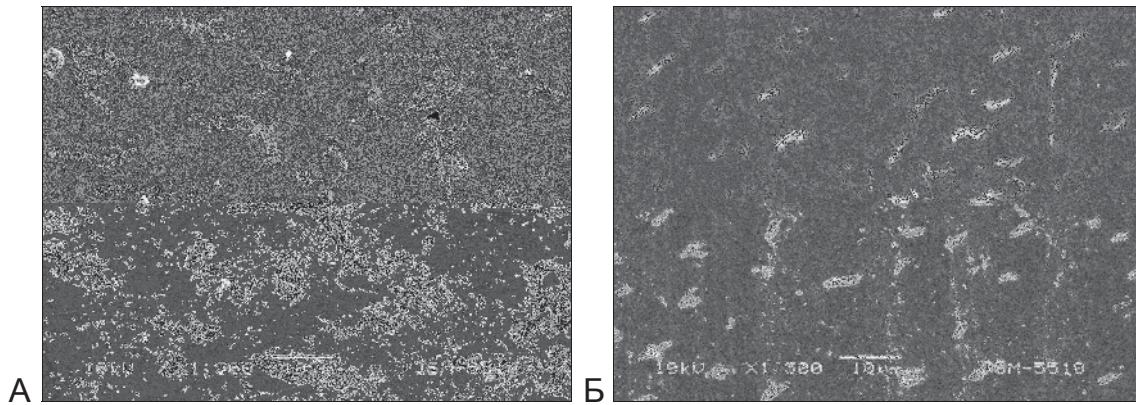
*12 временни и 12 постоянни зъба

n = брой образци в дадена група

Подготовка на образците за СЕМ наблюдение. Подготвените образци се поставят върху алуминиеви дискове. Покриват се вакуумно със златен прах в среда на аргон-катодно разпращане (JEOL JFC – 1200 Fine coater). Изследванията са направени със сканиращ електронен микроскоп JEOL JSM – 5510 SEM и увеличение 1500 в границите на кавитетната препаратия.

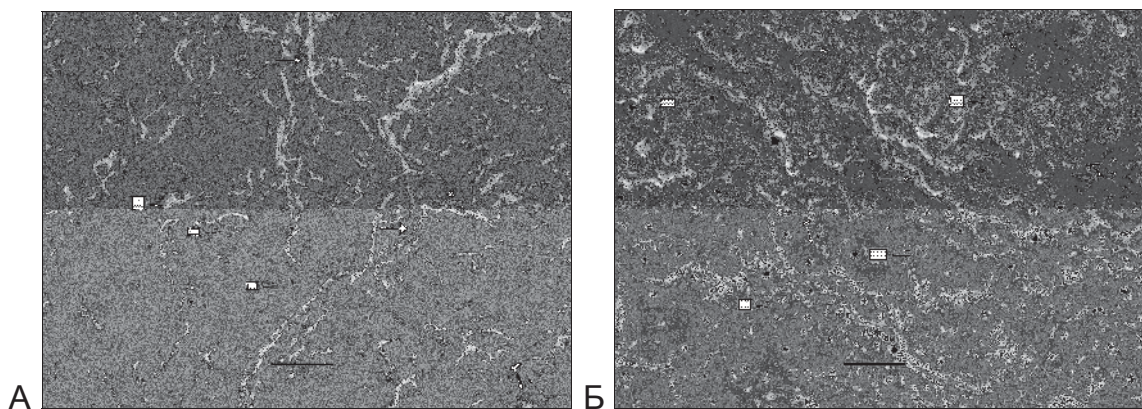
Резултати

Контролни образци (конвенционална препаратия). Това са образци от временни и постоянни зъби, при които кавитетната препаратия е изпълнена с диамантен пилител и не е проведено ецване. Дентинът на образците показва наличие на замърсяващ слой при двата зъба – временен и постоянен, на увеличението, използвано в това изследване (фиг. 1А и Б). Вижда се пелена, която покрива обработената дентинова повърхност. Не се установява характерната за дентина микроканалчеста структура. На отделни места замърсяващият слой е напукан. Върху замърсяващия слой се установяват дентинови отпилки и при двата образеца.



Фиг. 1. SEM на дентинова повърхност на временен (А) и постоянен (Б) зъб, препарирана с диамантен пилител

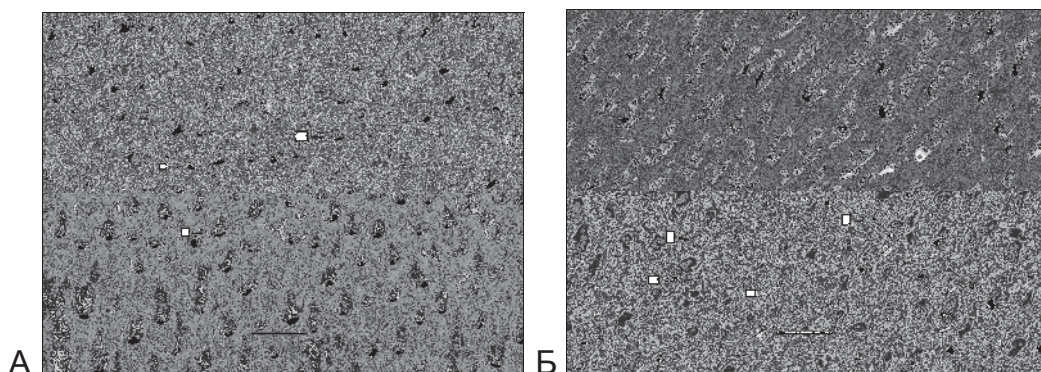
Контролни образци (лазерно препариране). Това са контролни образци от временни и постоянни зъби, при които кавитетната препарация е изпълнена с Er:YAG лазер. Дентиновата повърхност на тези контролни образци показва специфична дентинова характеристика, с люспест характер, силно изразена неравност, отделни отворени дентинови каналчета (показалец), които са по-многобройни при образеца от постоянен зъб, и участъци на стопяване в границите на интертубуларния дентин (кабърче) (фиг. 2). Установяват се микропукнатини (стрелка). Не се наблюдава наличие на замърсяващ слой, който да маскира каналчестата структура на дентина. Липсват характерните за конвенционалната обработка отпилки.



Фиг. 2. SEM на дентинова повърхност на временен (А) и постоянен (Б) зъб, препарирана с Er:YAG лазер

**Кавитетна подготовка с диамантен борер
и ецване с фосфорна киселина**
Експериментални групи 1 и 2

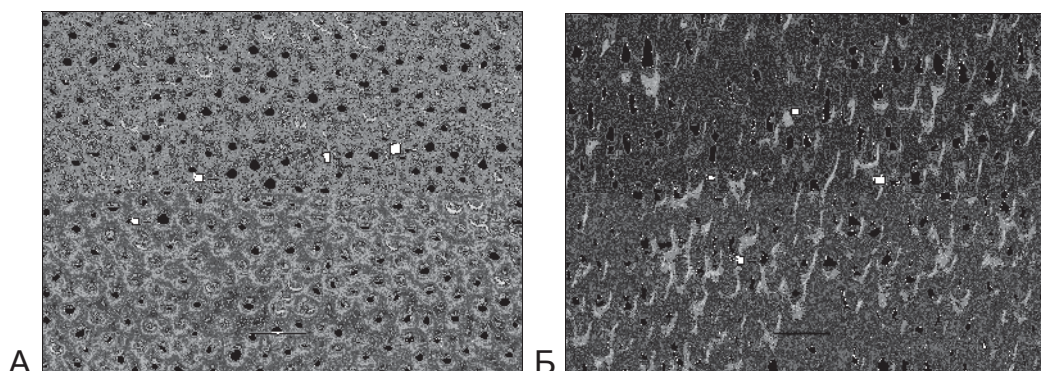
При група 1 замърсяващият слой е отстранен. Дентиновите каналчета са отворени (фиг. 3А). При група 2 обаче все още се наблюдават остатъци от ненапълно отстранен замърсяващ слой и замърсяващи запушалки в отделни дентинови каналчета (фиг. 3Б, показалец). И при двете групи образци входът на дентиновите каналчета има фуниевидна форма, резултат от отстраняването на перитубуларния дентин.



Фиг. 3. SEM на дентинова повърхност на ецван с 37% фосфорна киселина за 7 s временен (А) и постоянен (Б) зъб

Експериментални групи 3 и 4

В групата на постоянните зъби чиста от замърсяващ слой и замърсяващи запушалки дентинова повърхност, както и липса на преципитати, се наблюдава при 15 s ецване с 37% ортофосфорна киселина (фиг. 4Б).

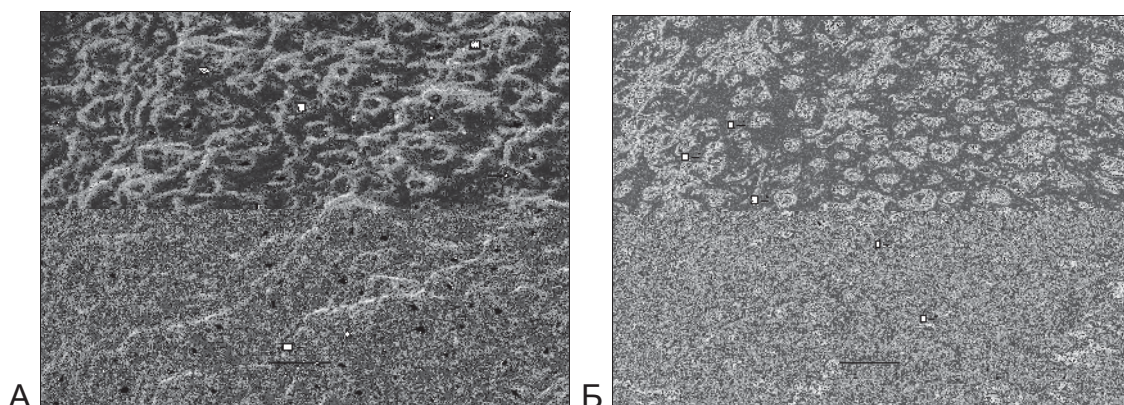


Фиг. 4. SEM на дентинова повърхност на временен (А) и постоянен зъб (Б), ецвана 15 s с 37% киселина

При временните зъби (фиг. 4А) не се установява разлика в качеството на почистване на дентиновата повърхност в сравнение с образците от група 1 (фиг. 3А). Входовете на дентиновите каналчета са с фуниевидна форма.

Лазерна аблация и ецване с фосфорна киселина

Експериментални групи 5 и 6



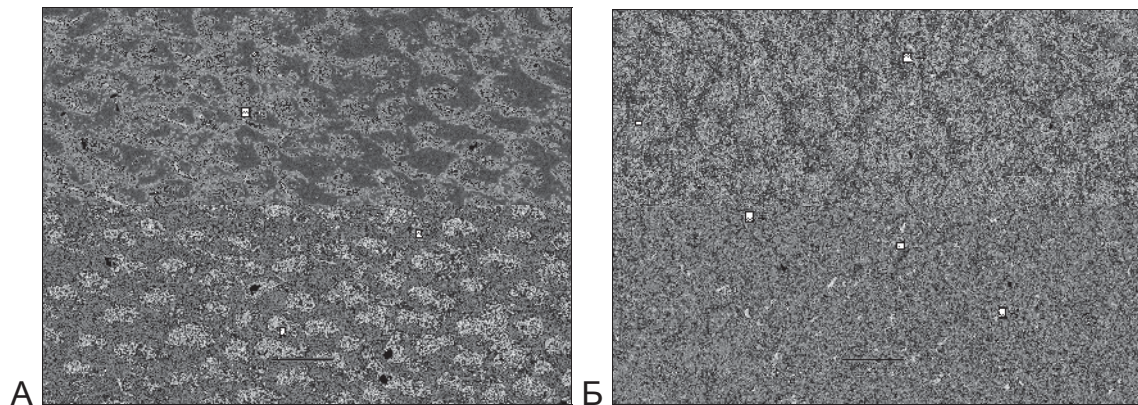
Фиг. 5. SEM на дентинова повърхност на временен (А) и постоянен (Б) зъб след лазерна аблация и ецване за 7 s с 37% фосфорна киселина

При две групи образци се наблюдава увеличен лумен на отвора на дентиновите каналчета (фиг. 5А и Б). Наблюдават се запазен маншет на перитубуларния дентин (показалец), както и наличие на микропукнатини в дълбочина на дентина (стрелката) и изразена неравност на повърхността при образеца от временен зъб, относително запазване на люспестия вид на повърхността, запазена е неравността на повърхността, породена от ниши и кратери (фиг. 5А). При образеца от постоянен зъб дентиновата повърхност изглежда изравнена. Липсва люспестият вид, входовете на дентиновите каналчета доминират над нивото на интертубуларния дентин. Част от тях са obturirani от замърсяващи запушалки. Липсват микропукнатини (фиг. 5Б).

Експериментални групи 7 и 8

В тези групи образците са подготвени по същия начин, както в групи 5 и 6, само времето за ецване е 15 s. Наблюдават се многобройни дентинови каналчета с отворени лумени (фиг. 6А и Б – показалец). Повърхността на интертубуларния дентин при вре-

временния зъб е неравна и шуплеста (фиг. 6А – кабър). При образеца от постоянен зъб се установява изразен релеф и грапавост в границите на интертубуларния дентин, както и изразен порьозитет – наличие на допълнителни отвори (кабър, фиг. 6Б). Вътре в дентиновите каналчета се наблюдават също допълнителни отвори (аксесоарни лумени). Микроканалите на образеца от временния зъб не са така добре отворени, както на постоянния. Повърхността на постоянния зъб изглежда като дантела.



Фиг. 6. SEM на дентинова повърхност на временен (А) и постоянен (Б) зъб след аблация с Er:YAG лазер и ецване с 37% фосфорна киселина за 15 s

Обсъждане

Направеният от нас анализ чрез SEM показва, че морфологичната характеристика на препарирания с Er:YAG лазер дентинова повърхност се различава съществено от тази, обработена чрез конвенционалната техника. Установените различия са както непосредствено след кавитетната подготовка при контролните образци, така и след киселинното третиране с различно времетраене.

При сравняване на контролните образци се установи, че при кавитетна подготовка с диамантен борер дентиновата повърхност е покрита с плътен, почти непрекъснат замърсяващ слой, който маскира типичната морфология на дентина. Не се наблюдават нито дентинови каналчета, нито интертубуларен дентин и при двата образеца (фиг. 1А и Б). При препариране на дентиновата повърхност с Er:YAG лазер нашето SEM изследване показва нетипична морфологична характеристика на дентиновата повърхност – изразена набразденост, неравност, люспест вид, отворе-

ни дентинови каналчета със запазен перитубуларен маншет, наличие на микропукнатини в дълбочина на дентина, променена структура на интертубуларния дентин със зони на стопяване. Не се установява замърсяващ слой (фиг. 2А и Б). Причината за това навярно се дължи на механизма на въздействие на лазерната светлина върху зъбните структури – на термомеханичния процес и последващите микроексплозии [9, 21, 27, 39], които се различава от този на ротиращите борери. Тези наши наблюдения съвпадат с резултати на други автори от СЕМ изследвания *in vitro* след кавитетна препарация с Er:YAG лазер. Те съобщават за следните морфологични промени върху дентиновата повърхност – люспеста, неравна повърхност, наличие на отворени дентинови тубули, запазен перитубуларен дентин, ултраструктурно променен интертубуларен дентин, микроретентивен рисунък с повърхностни неравности, наличие на микропукнатини [2, 5, 17, 19, 37, 44].

При сравнение на скенограмите след лазерна аблация и ецване с различно времетраене се установяват отворени лумени на дентиновите каналчета със запазен перитубуларен дентин при всички образци при ецване за 7 s (фиг. 5А и Б). При образците от постоянни зъби част от дентиновите каналчета са obturirani от замърсяващи запушалки и остатъци от замърсяващия слой при 7-секундното ецване (фиг. 5Б). След 15 s ецване се наблюдава релеф и наличие на допълнителни отвори както в границите на интертубуларния дентин, така и вътре в лумена на дентиновото каналче (фиг. 6А и Б). При образците от временни зъби при 7 s ецване се наблюдават и микропукнатини в дълбочина на дентина (фиг. 5А).

Анализът на скенограмите на образците от група 5 до група 8 показва различна морфологична дентинова характеристика в сравнение с тази при образците от група 1 до група 4 (фиг. 3-6). При образците с лазерно препариране се наблюдава запазен перитубуларен дентин, дентиновите каналчета не придобиват типичната фуниевидна форма след ецването, интертубуларният дентин е с променена структура с наличие на допълнителни отвори и изразен релеф (грапавост).

Киселинното ецване е приет метод за подготовка на дентина за свързване с композитните материали въпреки неговите недостатъци, свързани с вероятността от преецване, дълбока деминерализация в дентина, която не може да се оползотвори чрез цялостно изпълване с адхезив, вероятността от денатуриране на колагеновата

мрежа при изсушаване и невъзможност за пълното пенетриране на съответната адхезивна система [30, 36, 42]. Наше предходно, както и настоящото изследване са установили, че при кавитетна препарация с ротиращ диамантен пилител и ецване за 7 s с 37% фосфорна киселина се постига цялостно отстраняване на замърсяващия слой, частично отстраняване на перитубуларен дентин и фуниевидно отворени дентинови каналчета при образци от временни зъби (фиг. 3А) [1]. Същите резултати – отстранен замърсяващ слой, липса на преципитати, фуниевидни дентинови каналчета, при образци от постоянни зъби се наблюдават след 15 s ецване при същите условия (фиг. 3Б). Тези наши резултати съвпадат с данните от специализираната литература [3, 30, 36, 40, 41].

В резултат на въздействието с лазерно лъчение настъпват промени в химичните и физичните качества на третираните тъкани. Er:YAG лазерът може да промени химичната структура на дентина [12, 14]. При загряването на зъбните структури при температура, по-висока от 400°C, минералите се разпадат, като образуват нова минерална фаза, която повишава устойчивостта на дентиновата повърхност спрямо киселинно разтваряне [9, 11, 18]. При лазерна аблация и ецване за 7 s с 37% фосфорна киселина (групи 5 и 6, фиг. 5А и Б) перитубуларният дентин е напълно запазен, което е индикация за неговата по-голяма устойчивост спрямо лазерната енергия. Това може да се обясни с факта, че перитубуларният дентин е с по-високо минерално съдържание в сравнение с интертубуларният дентин. Интертубуларният дентин е с по-високо органично съдържание (92% е от колагенов матрикс) и поради това той се отстранява значително по-бързо при лазерната аблация [9]. Изследване с трансемисионна електронна микроскопия (ТЕМ) на лазерно третиран дентин показва сериозно променен подповърхностен слой на дълбочина от 3-4 μm , под която колагеновите фибрили са стопени (слети една в друга, съединени) с липса на интерфибрилерни пространства [5, 32]. На това се дължат вероятно и неравностите по повърхността на интертубуларният дентин – или шупли от експлозиите, и нишите, получени от стопяване на колагена, или и от двете.

Вследствие на повишената киселинна резистентност на дентина последващото киселинно ецване на третирана с лазер дентинова повърхност няма да осигури адекватно откриване на колагеновите влакна. Не би било възможно и осигуряването на интер-

тубуларна дентинова хибридизация, което би довело до образуването на некачествен хибриден слой или дори до пълната му липса след апликиране на някаква адхезивна система [37]. Нашето изследване установи, че при кавитетна препарация с борер и последващо ецване настъпва отстраняване на перитубуларния дентин, като дентиновите каналчета придобиват фуниевидна форма (фиг. 3 и 4). Това допринася за повишаване на интратубуларния дентинов пермеабилитет и подобрява условията за добра перитубуларна хибридизация. От друга страна, тези промени могат да доведат до отлепване на получените адхезивни запушалки от стените на дентиновите каналчета, причинено от полимеризационното свиване. При лазерната обработка перитубуларен дентин не се отстранява, каналчетата се отварят, без да се разширяват, което вероятно ще доведе и до недостатъчна хибридизация на перитубуларния дентин.

Друга находка, установена при нашето изследване, е наличието на микропукнатини в дълбочина на дентина при образците, препарирани с лазер (фиг. 2, 5 и 6). Тези наши наблюдения съвпадат с резултати, съобщени и от други автори [10, 13, 19, 32]. Смята се, че тези микрофрактури довеждат до кохезивна фрактура в дентина и може да са отговорни за съобщаваната по-ниска здравина на връзката след лазерна обработка на дентина [10, 13, 19]. Тези микропукнатини не се наблюдават при образците, които след лазерна аблация са подложени и на ецване (фиг. 5Б, фиг. 6А и Б).

Заклучение

От гледна точка на адхезивната дентална медицина ползата и предимствата на Er:YAG лазера за обработка на дентина за бондиращи процедури са все още противоречиви [4, 14, 19, 25, 47]. Получената след лазерна аблация релефна дентинова повърхност, без наличие на замърсяващ слой, изглежда подходяща за провеждане на адхезивно свързване. Лазер-повлияната подповърхностна структура на дентина с термични и структурни промени може да отслаби здравината на връзката. Киселинно устойчивият повърхностен дентинов слой, с намален пермеабилитет, може да намали ефективността на ецващите агенти или киселите мономери, като повлияе способността за пенетрация на адхезивните смоли. Наличието на микропукнатини отслабва механично

дентина, може да благоприятства развитието на вторичен кариес и значително да повиши честотата на кохезивни фрактури в дентина [19]. Необходими са допълнителни изследвания за влиянието на Er:YAG лазерите върху химичния и структурния състав на дентина както на постоянните зъби, така и на тези от първата дентиция. Причина за това са доказаните структурни различия между двете дентиции и очакваните в тази връзка разлики в ефекта на лазерно въздействие върху дентиновата повърхност на временните зъби.

Библиография

1. Г а т е в а , Н. Сравнителни СЕМ изследвания на промените по повърхността на дентина при временни и постоянни зъби след ецване. – Пробл. дент. мед., **34**, 2008, част 1, 71-84.
2. B a r r o s , R. X. et al. Influence of Er:YAG laser on the bond strength of a resin composite. – Pesqui. Odontol. Bras., **15**, 2001, Suppl., 28.
3. C a r m o n a , V. B. et al. Effects of etching time of primary dentin on interface morphology and microtensile bond strength. – Dent. Mat., **22**, 2006, № 12, 1121-1129.
4. C e b a l l o s , L. et al. Microleakage of composite restorations after acid or Er-YAG laser cavity treatment. – Dent. Mater., **17**, 2001, 340-346.
5. C e b a l l o s , L. et al. Bonding to Er:YAG laser treated dentin. – J. Dent. Res., **81**, 2002, 119-122.
6. C o r o n a , S. A. M. et al. Assessing microleakage of different class V restoration after Er:YAG laser and our preparation. – J. Oral Rehabil., **30**, 2003, 1008-1014.
7. C o z e a n , C. et al. Dentistry for the 21st century? Er:YAG laser for teeth. – J. Am. Dent. Assoc., **128**, 1997, 1080-1087.
8. D u n n , W. J., J. T. Davis et A. C. Bush. Shear bond strength and SEM evaluation of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin and enamel. – Dent. Mater., **21**, 2005, № 7, 616-624.
9. E k w o r a p o j , P., S. K. Sidhu et J. F. McCabe. Effect of different power parameters of Er, Cr:YSGG laser on human dentine. – Lasers Med. Sci., **22**, 2007, 175-182.
10. E l i a d e s , G., D. C. Watts et T. Eliades. Dental Hard Tissues and Bonding. Interfacial Phenomena and Related Properties. Berlin, Springer Verlags, 2005.
11. F e a t h e r s t o n e , J. D. B. et D. G. A. Nelson. Laser effects on dental hard tissues. – Adv. Dent. Res., **1**, 1987, 21-26.
12. F r e n t z e n , M. et H. J. Koort. Lasers in dentistry: new possibilities with advancing laser technology? – Int. Dent. J., **40**, 1990, 323-332.
13. G i a c h e t t i , L. et al. SEM Analysis of dentin treated with the Er:YAG laser: A pilot study of the consequences resulting from laser use on adhesion mechanisms. – J. Clin. Laser Med. Surg., **22**, 2004, № 1, 35-41.
14. H e , Z. et al. Acid resistance of dentin after erbium:yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. – Lasers Med. Sci., **24**, 2009, 507-513.

15. Hibst, R. et U. Keller. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances. I. Measurements of the ablation rate. – *Lasers Surg. Med.*, **9**, 1989, 338-344.
16. Hibst, R. Laser for caries removal and cavity preparation: state of the art and future directions. – *Oral Laser Appl.*, **2**, 2004, 203-212.
17. Hossain, M. et al. Ablation depths and morphological changes in human enamel and dentin after Er:YAG laser irradiation with or without water mist. – *J. Clin. Laser Med. Surg.*, **17**, 1999, 105-109.
18. Kameyama, A. et al. Effect of Er:YAG laser irradiation on acid resistance to bovine dentin in vitro. – *Bull. Tokyo Dent. Coll.*, **41**, 2000, 43-48.
19. Katami, M. et al. Tensile bond strength and SEM evaluation of Er:YAG laser irradiated dentin using dentin adhesive. – *Dent. Mater. J.*, **17**, 1998, 125-138.
20. Keller, U. et R. Hibst. Ablative effects of an Er:YAG laser on enamel and dentin. – *Dtsch. Zahnarztl.*, **44**, 1989, 600-602.
21. Kim, K. S., M. E. Kim et E. J. Shin. Irradiation time and ablation rate of enamel in contact and non-contact irradiation with Er:YAG laser. – *Photomed. Laser Surg.*, **23**, 2005, 216-218.
22. Lin, S. et al. Topographical characteristics and shear bond strength of tooth surface cut with a laser-powered hydrokinetic system. – *J. Prosthet. Dent.*, **82**, 1999, 451-455
23. Lopez, G. C. et al. Dental adhesion: Present state of the art and future perspectives. – *Quint. Int.*, **33**, 2002, 213-224.
24. Marshall, G. W. Jr. et al. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. – *J. Dent.*, **25**, 1997, № 6, 441-458.
25. Martinez-Insua, A. et al. Differences in bonding to acid-etched or Er:YAG laser-treated enamel and dentin surfaces. – *J. Prosthet. Dent.*, **84**, 2000, 280-287.
26. Matson, J. R. et al. Er:YAG laser effects on enamel occlusal fissures: an in vitro study. – *J. Clin. Laser Med. Surg.*, **20**, 2002, 27-35.
27. Meister, J. et al. Influence of the water content in dental enamel and dentin on ablation with erbium YAG and erbium YSGG lasers. – *J. Biomed. Opt.*, **11**, 2006, 0340301-0340307.
28. Monghini, M. E. et al. Bond strength to dentin of primary teeth irradiated with varying Er:YAG Laser Energies and SEM examination of the surface morphology. – *Lasers Surg. Med.*, **34**, 2004, 254-259.
29. Moritz, A. et al. Procedures for enamel and dentin conditioning: A comparison of conventional and innovative methods. – *J. Esthet. Dent.*, **10**, 1998, 84-93.
30. Nör, J. E. et al. Dentin Bonding: SEM comparison of the dentin surface in primary and permanent teeth. – *Ped. Dent.*, **19**, 1997, № 4, 246-252.
31. Obeidi, A. et al. Acid-etch interval and shear bond strength of Er,Cr:YSGG laser prepared enamel and dentin. – *Lasers Med. Sci.*, 2009. DOI10.1007/s10103-009-0652-9.
32. Obeidi, A. et al. Enhancement of bonding to enamel and dentin prepared by Er,Cr:YSGG Laser. – *Lasers Surg. Med.*, **41**, 2009, 454-462.
33. Olivi, G. et al. Use of the erbium, chromium:yttrium–scandium–gallium–garnet laser on human enamel tissues. Influence of the air–water spray on the laser–tissue interaction: scanning electron microscope evaluations. – *Lasers Med. Sci.* DOI 10.1007/s10103-009-0689-9 Published online 2009.

34. Perdigão, J. Dentin bonding – variables related to the clinical situation and the substrate treatment. – Dent. Mater., 2009, in press.
35. Rosenberg, S. P. The use of erbium, chromium:YSGG laser in microdentistry. – Dent. Today, **22**, 2003, 70-73.
36. Sardella, T. N. et al. Shortening of primary dentin etching time and its implication on bond strength. – J. Dent., **33**, 2005, 355-362.
37. Sassi, J. F. et al. Comparative Study of the Dentin/Adhesive Systems Interface After Treatment With Er:YAG Laser and Acid Etching Using Scanning Electron Microscope. – Lasers Surg. Med., **34**, 2004, 385-390.
38. Secilmis, A. et al. Evaluation of mineral content of dentin prepared by erbium, chromium:yttrium scandium gallium garnet laser. – Lasers Med. Sci., **23**, 2008, 421-425.
39. Serebo, L. et al. Examination of tooth pulp following laser beam irradiation. – Lasers Surg. Med., **7**, 1987, 236-239.
40. Shashikiran, N. D., S. Gunda et V. V. Subba Reddy. Comparison of resin-dentin interface in primary and permanent teeth for three different durations of dentin etching. – J. Ind. Soc. Pedo Prev. Dent., **20**, 2002, № 4, 124-131.
41. Sumikava, D. A. et al. Microstructure of primary tooth dentin. – Ped. Dent., **21**, 1999, № 7, 439-444.
42. Tam, L. E. et R. M. Pilliar. Effects of Dentin surface treatment on the fracture toughness and tensile bond strength of a dentin-composite adhesive interface. – J. Dent. Res., **73**, 1994, 1530-1538.
43. Tanji, E. Y., K. Matsumoto et C. P. Eduardo. Study of dentin surface conditioning with laser Er:YAG laser. – J. Dent. Res., **76**, 1997, 987-993.
44. Van Meerbeek, B. et al. Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. – Oper. Dent., **28**, 2003, 647-660.
45. Van Meerbeek, B. et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. – Oper. Dent., **28**, 2003, 215-235.
46. Visuri, S. R. et al. Shear strength of composite bonded to Er:YAG laser prepared dentin. – J. Dent. Res., **75**, 1996, 599-605.
47. Visuri, S. R., J. T. Jr. Walsh et H. A. Wigdor. Erbium YAG laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling. – Laser Surg. Med., **18**, 1996, 294.
48. Yazici, A. R., G. Ozgünaltay et B. Dayangaç. Scanning electron microscopic study of different caries removal techniques on human dentin. – Oper. Dent., **27**, 2002, 360-366.

 Адрес за кореспонденция:

Д-р Наталия Гатева, главен асистент
 Факултет по дентална медицина
 Медицински университет
 ул. „Св. Г. Софийски“ № 1
 1431 София
 e-mail:nataliagateva@yahoo.de

Постъпила – 02 декември 2010 г.