

## Влияние морфологических особенностей зубов с повышенным стиранием на формирование гибридного слоя

*Белорусский государственный медицинский университет*

Проведено сравнение морфологии гибридного слоя в здоровых зубах и зубах с повышенным стиранием. Различий в толщине гибридного слоя в здоровых зубах и зубах с повышенным стиранием не выявлено. Обнаружены различия в глубине пенетрации адгезива в дентинные канальцы, однако их величина не существенна.

**Ключевые слова:** повышенное стирание зубов, патологическая стираемость зубов, склерозированный дентин, дентинно-эмалевый адгезив, сканирующая электронная микроскопия.

Согласно данным литературы, в последнее время исследователи отмечают увеличение распространенности некариозных поражений твердых тканей зубов среди молодых людей. Описаны сочетанные формы некариозных поражений зубов: эрозии и стирание, клиновидные дефекты и стирание, которые раньше практически не встречались [10,11,13,17]. Увеличение продолжительности жизни и сохранение естественных зубов у пожилого населения также привело к тому, что клиницисты чаще стали встречаться с пациентами с повышенным стиранием зубов. Традиционным методом лечения повышенного стирания зубов является применение вкладок, накладок, коронок. Изготовление ортопедических конструкций требует обширного препарирования твердых тканей зубов, зачастую их депульпирования [5]. Последние два десятилетия отмечены значительным улучшением механических и эстетических свойств реставрационных материалов, которые и определили тенденцию к расширению показаний к применению композитов. В настоящее время изучается возможность их применения при лечении повышенного стирания твердых тканей зубов.

Однако остается нерешенным вопрос о влиянии морфологических изменений в твердых тканях зубов и пульпе на их подготовку к реставрации и выбор ее методики.

При обнажении дентина в процессе убыли твердых тканей зубов развивается защитная реакция, направленная на снижение проницаемости дентина, проявляющаяся в виде отложения солей внутри дентинных трубочек и минерализации поверхностного слоя обнаженного дентина.

Величина поверхностного слоя дентина, резистентного к деминерализации, составляет по данным разных авторов от 5-10 до 15 мкм [12,18,20]. Отмечено, что в непосредственной близости к стертой жевательной поверхности в большинстве случаев околоканальцевая зона была шире, чем в норме, и более минерализована [1].

При изучении ультраструктуры дентина патологически стертых зубов Патрикеев В.К., 1969 установил снижение четкости межпризмных пространств в эмали, что, возможно, обусловлено снижением минерализации. Большинство дентинных канальцев было облитерировано, вокруг них определялась зона гиперминерализации. При этом выявлялось более плотное, чем в норме, расположение гидроксипатита. В пульпе наблюдались изменения вплоть до фиброзного перерождения и образования петрификатов [8].

Бушаном М.Г., 1979 при изучении зубов с повышенным стиранием, удаленных у живых людей и трупов, описаны следующие морфологические изменения. При первой степени патологической стираемости наблюдалась частичная или полная облитерация отдельных дентинных канальцев. При второй степени патологической стираемости отмечалась фестончатость контуров дентинных канальцев и облитерация большинства канальцев. Сходная морфологическая картина наблюдалась в эксперименте при моделировании повышенного стирания у собак путем удаления боковых зубов, и, таким образом, создании функциональной перегрузки в передней группе зубов [1].

Гаража И.С., 2004 для изучения морфологических особенностей зубов с повышенным стиранием была предложена модель патологической стираемости в активной стадии. Оклюзионную поверхность зубов сошлифовывали бором с алмазной крошкой мелкой дисперсности до средних слоев дентина три раза с интервалами в две недели. После шести недель эксперимента у каждой подопытной собаки срезали коронковые части клыков для проведения электронномикроскопических исследований. Было обнаружено отсутствие выраженных структурных компенсаторно-приспособительных изменений в виде образования вторичного дентина. Затем проводили наложение прокладок с ультрамикроскопическим гидроксиапатитом на поверхность дентина образовавшихся фасеток. Выявлено проникновение гидроксиапатита в просвет дентинных трубочек на глубину до 60 мкм и их obturation. Однако следует отметить, что в данном исследовании изучение структуры твердых тканей зубов проводилось в короткий срок, через шесть недель после сошлифовывания [2].

По данным Цимбалистова А.В. и соавт., 2005 в результате анализа снимков поверхности эмали и дентина зубов с повышенным стиранием, полученных методом растровой электронной микроскопии, в большинстве случаев деструктивных изменений в эмали не выявлено. В дентине в результате прогрессирования процесса стирания обнаружена облитерация дентинных канальцев и образование заместительного дентина [12].

Зарубежными исследователями были получены сходные данные при изучении морфологии дентина в зубах с некариозными поражениями пришеечной локализации. Внутритубулярное отложение солей расценивают как патологическое склерозирование. При физиологическом внутриканальцевом отложении солей наблюдается реже.

Хотя по данным Луцкой И.К. около 30% трубочек в зрелых зубах бывают закрыты минерализованным веществом. При изучении текстурogramм выявлены кальцийсодержащие аморфные и кристаллические элементы. Описана полная облитерация отдельных трубочек, структура obturировавшего их субстрата не отличалась от основного вещества дентина. Отмечено, что кальцификация дентинных канальцев первичного дентина происходила лишь при условии сохранения живых одонтобластов [6].

В то же время в клиническом исследовании интенсивности кровотока, методом реодентографии выявлено, что импеданс резцов уменьшен на 17% по сравнению со здоровыми, клыков – на 13%, а премоляров и моляров увеличен на 7% и 25% соответственно по сравнению с интактными зубами. Таким образом, установлено, что при повышенном стирании интенсивность кровотока в группах резцов и клыков

снижена, а в группах премоляров и моляров сохранена на уровне интактных и даже увеличена [9].

В литературе также есть данные, что при некариозных поражениях около 75% трубочек облитерированы, чем объясняют отсутствие симптома гиперчувствительности. В зоне, соответствующей локализации поражения (участка убыли твердых тканей), описана частичная атрофия и минерализация отростков одонтобластов [23]. Кристаллы внутри трубочек имели различную форму: кубическую, ромбовидную, палочкообразную, каплеобразную. Отмечено, что в пределах одной трубочки кристаллы имели сходное строение, но в различных участках дентина различались по форме и способу обызвествления. В результате происходящих процессов увеличивается резистентность интертубулярного дентина к деминерализации [18], но есть и противоположные данные, свидетельствующие об отсутствии значительного изменения его твердости и эластического модуля [14].

Современные композиционные материалы характеризуются высокой адгезией вследствие применения бондинговых систем. Формирование гибридного слоя происходит в результате пропитывания протравленного межтубулярного дентина и пенетрации мономеров адгезивной системы в дентинные каналы. Такая структура гибридного слоя была получена в лабораторных условиях при проведении исследования на интактных зубах. Широкое применение композиционных материалов с адгезивными системами для реставрации кариозных поражений обусловлено хорошими результатами клинических наблюдений. Однако при реставрации некариозных поражений вышеперечисленные морфологические особенности дентина могут влиять на формирование гибридного слоя и, соответственно, адгезию к тканям зуба и эффективность реставрационной терапии.

Была выявлена более низкая адгезия к склерозированному дентину по сравнению со здоровым дентином (на 20-45%). Данный факт объясняется облитерацией дентинных каналов, препятствующей формированию отростков адгезива в дентинных каналах [15, 22]. При изучении влияния субстрата (дентина) на силу адгезии, реставрировали окклюзионные поверхности здоровых зубов и зубов со склерозированным дентином. Более низкая адгезия на сдвиг, по мнению исследователей, обусловлена отсутствием формирования отростков в дентинных каналах и гибридизацией поверхностного минерализованного слоя интертубулярного дентина [22]. Согласно мнению других авторов, вид устьев трубочек и степень минерализации интертубулярного дентина влияют на адгезию, ими была обнаружена меньшая адгезия к гиперминерализованному дентину, отсутствие гибридного слоя в некоторых образцах и более тонкие тяжи адгезива в дентинных каналах [19].

Таким образом, меньшая адгезия определяется отсутствием пенетрации адгезива в дентинные каналы и наличием на поверхности слоя гиперминерализованного дентина. С целью увеличения адгезии было предложено бором удалять поверхностный слой минерализованного дентина. Целью нашего исследования явилось сравнение морфологии гибридного слоя на окклюзионной поверхности в здоровых зубах и зубах с повышенным стиранием.

#### Материал и методы

Все образцы напыляли золотом в вакууме и изучали в сканирующем электронном микроскопе «LEO 1420» (Германия) при ускоряющем напряжении 20кВ.

В первой части исследования изучали как шлифы, так и сколы. Для получения сколов удаленные зубы человека охлаждали в жидком азоте, затем раскалывали параллельно продольной оси зуба. Для изучения шлифов зуб с фасеткой стирания на режущем крае распиливали вдоль продольной оси зуба, затем проводили шлифовку и полировку наждачной бумагой различной степени зернистости.

Во второй части исследования удаляли поверхностный слой дентина с фасетки стирания, протравливали 37% ортофосфорной кислотой в течение 15 сек, промывали, высушивали и изучали окклюзионную поверхность (перпендикулярно продольной оси зуба).

В третьей части исследования изучали непосредственно глубину пенетрации адгезива в дентинные каналы и толщину гибридного слоя. Четырнадцать удаленных зубов человека были разделены на две группы: 1 – здоровые, 2 – с признаками повышенного стирания. В первой группе удаляли твердые ткани зуба с окклюзионной поверхности на 2 мм глубже эмалево-дентинной границы, во второй – только поверхностный слой дентина на фасетке стирания. Для исследования использовали адгезив Single Bond и композиционный материал Filtek Z250 “3M ESPE” в соответствии с рекомендациями производителя. Из реставрированных зубов изготавливали шлифы толщиной 0,3 мм, которые подвергали деминерализации в течение 120 сек в 6Н растворе соляной кислоты и депротеинизации в 1% растворе гипохлорита натрия в течение двенадцати часов. Для измерения толщины гибридного слоя после отверждения адгезива удаляли слой, ингибированный кислородом, при помощи хлопкового валика. Последующую реставрацию композитом не проводили, толщина шлифов составляла 1 мм, деминерализация и депротеинизация проводились согласно вышеописанной схеме. В каждой группе изучено по 15 образцов.

#### Результаты и обсуждение

В первой части исследования было выявлено наличие смазанного слоя на поверхности фасетки стирания, уплотнение поверхностного слоя дентина и сужение канальцев в поверхностном слое дентина (рис. 1,2,3). Величина измененного поверхностного слоя дентина составила около 3 мкм. Полученные данные сходны с описанными в литературе, поэтому для подготовки зубов к реставрации было признано целесообразным удаление поверхностного слоя дентина.

При изучении сколов зубов в дентинных трубочках были определены незначительные включения, в основном, кубической формы, оценка содержимого трубочек была затруднена, поскольку в большинстве образцов линия раскола проходила вблизи стенки трубочки (рис.4). При изучении шлифов были выявлены включения внутри трубочек палочкообразной, нитевидной или пластинчатой формы (рис 5,6).

Во второй части исследования после удаления бором поверхностного слоя дентина с фасетки и обработки образцов 37% ортофосфорной кислотой с последующим промыванием было установлено, что внутри отдельных трубочек остаются отдельные включения нитевидного или пластинчатого характера (рис 7).

В третьей части исследования изучали глубину пенетрации адгезива в дентинные каналы и толщину гибридного слоя в образцах после деминерализации и депротеинизации (рис. 8, 9, 10, 11).

Распределение полученных данных о толщине гибридного слоя и величине пенетрации адгезива в дентинные каналы по критерию Колмогорова-Смирнова

оценено как нормальное, поэтому для обработки полученных данных использовали t-test.

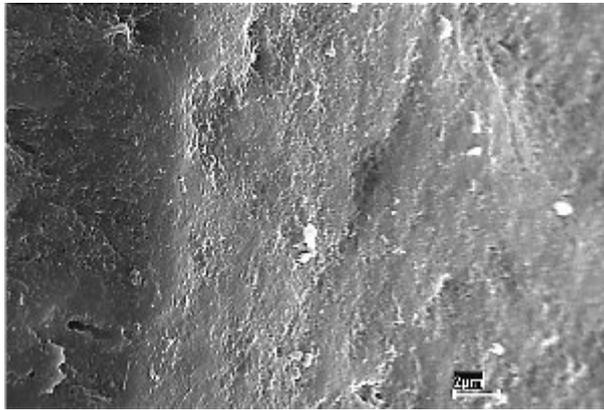


Рис.1 Смазанный слой на поверхности дентина. Фасетка стирания на окклюзионной поверхности. Ув. 4700.

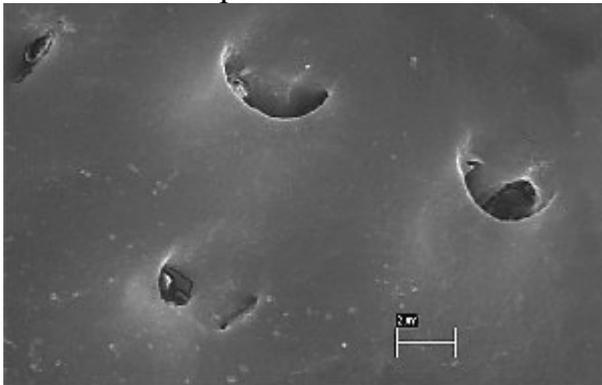


Рис.2. Отверстия дентинных трубочек на поверхности дентина. Фасетка стирания на окклюзионной поверхности. Ув. 6000.

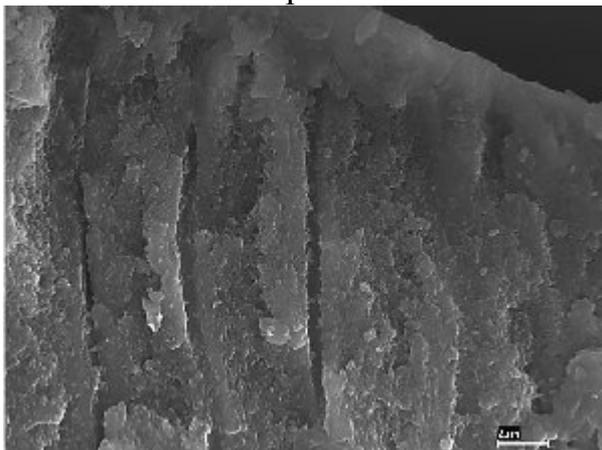


Рис. 3. Толщина поверхностного слоя дентина около трех микрометров. Ув. 5200.

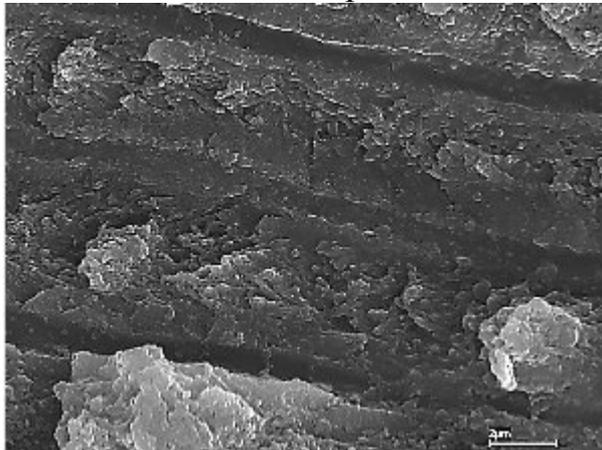


Рис. 4. Линия скола проходит около стенок дентинных трубочек и они выглядят почти пустыми. Ув. 7000.

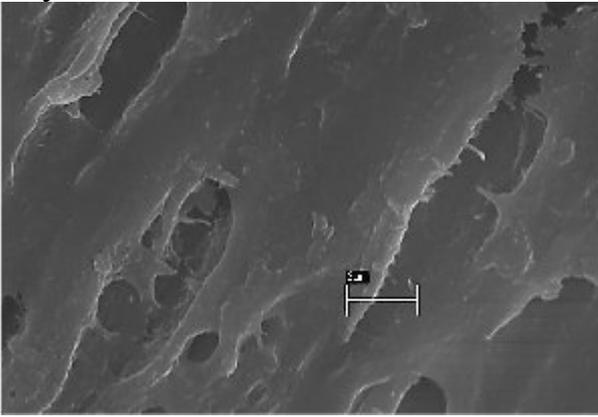


Рис. 5. Включения внутри дентинных трубочек. Ув. 4600.

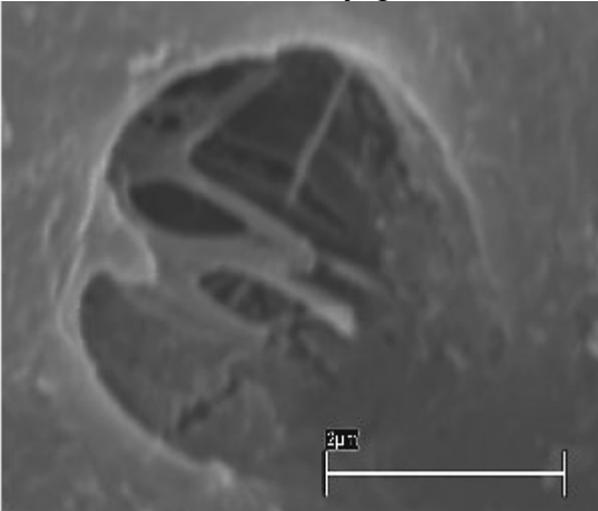


Рис. 6. Включения внутри дентинных трубочек. Ув. 24000.

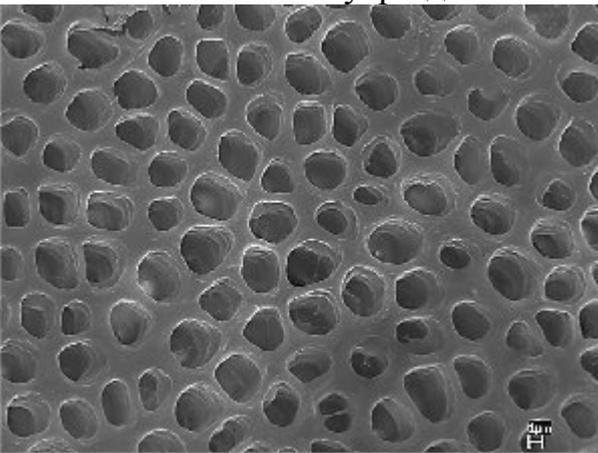


Рис. 7. Поверхность дентина после удаления поверхностного слоя бором и последующего протравливания зуба с повышенным стиранием. Ув. 3000.

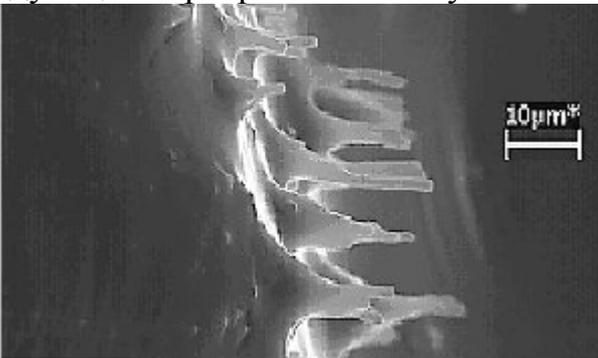


Рис.8 Пенетрация адгезива в дентинные каналцы здорового зуба. Ув.1500.

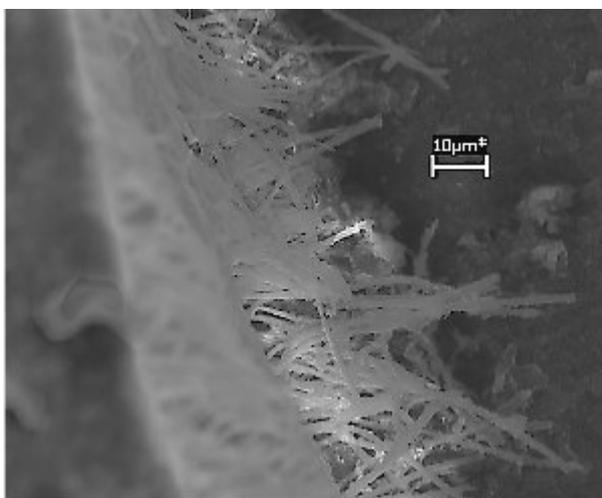


Рис. 9. Пенетрация адгезива в дентинные каналцы зуба с повышенным стиранием. Ув.1200

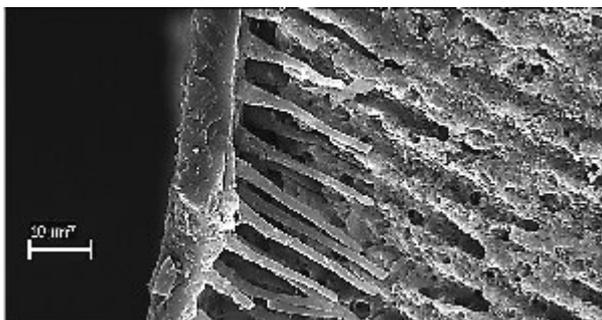


Рис. 10. Гибридный слой в здоровом зубе. Ув. 1400.

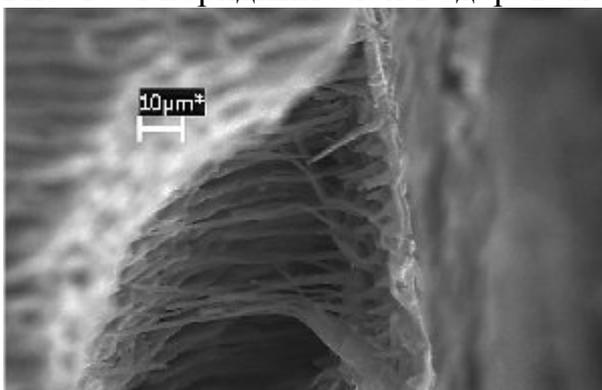


Рис. 11. Гибридный слой в зубе с повышенным стиранием. Ув. 1000.

Средняя толщина гибридного слоя составила  $4,74 \pm 0,33 \mu\text{m}$  ( $\pm\text{SE}$ ) в здоровых зубах (первая группа) и  $4,25 \pm 0,32 \mu\text{m}$  в зубах с повышенным стиранием (вторая группа). Статистически достоверных различий между группами не обнаружено,  $p > 0,05$ .

Средняя глубина пенетрации адгезива в дентинные каналцы составила  $21,7 \pm 1,56 \mu\text{m}$  ( $\pm\text{SE}$ ) в здоровых зубах (первая группа) и  $34,0 \pm 2,6 \mu\text{m}$  ( $\pm\text{SE}$ ) в зубах со стиранием (вторая группа), различия статистически достоверны,  $p < 0,01$ . Таким образом, обнаружено формирование тяжей адгезива внутри дентинных трубочек зубов с повышенным стиранием.

Выявленные различия в величине пенетрации адгезива в дентинные каналцы можно считать несущественными, поскольку во-первых, в обеих группах глубина проникновения адгезива составила более пятнадцати микрометров. Во-вторых, при измерении величины адгезии после проведения эксперимента обычно анализируют тип разрыва образцов. Как правило, выявляются разрывы на границе с твердыми тканями зуба, в поверхностном слое дентина под гибридным слоем или в гибридном

слое. Экспериментально установлено влияние наличия проникновения адгезива в дентинные каналы на величину адгезии. В-третьих, имеются данные о сходной величине адгезии, получаемой при использовании адгезивов с техникой тотального протравливания и самопротравливающих адгезивов, несмотря на то, что самопротравливающие системы характеризуются меньшей глубиной пенетрации адгезива в дентинные каналы [7].

Таким образом, в результате данного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Различий в толщине гибридного слоя в здоровых зубах и зубах с повышенным стиранием не выявлено.

2. Пенетрация адгезива в дентинные каналы наблюдается как в здоровых зубах, так и в зубах с повышенным стиранием. Выявленные различия в величине проникновения адгезива в дентинные каналы можно считать несущественными.

### **Литература**

1. Бушан, М. Г. Патологическая стертость зубов и ее осложнения. Кишинев: Штиинца, 1979. 183 с.
2. Гаража, И. С. Лечение патологической стираемости зубов с использованием гидроксипатит-и фторсодержащих препаратов: автореф. дис. ... канд. мед. наук:14.00.21. 2004. 22 с.
3. Каламкар, Х. А. Ортопедическое лечение патологической стираемости твердых тканей зубов. М.: Медицина, 1984. 176 с.
4. Курякина, Н. В., Морозова, С. И. Кариес и некариозные поражения твердых тканей зубов. М.: МЕДИ, 2005. 112 с.
5. Лопатников, В. Г. Особенности ортопедического лечения больных с патологической стираемостью зубов. Алта-Аты: Алма-Атинский гос. мед. ун-т, 1991. 53 с.
6. Луцкая, И. К. Практическая стоматология. Минск: Беларуская навука, 1999. 368 с.
7. Николаенко, С. А., Франкенбергер, Р. Оценка эффективности современных самопротравливающих адгезивов // Стоматология, 2006. № 3. С. 4 – 7.
8. Орехова, Л. Ю. Клиника, диагностика и лечение кариозных, некариозных заболеваний: Указ. к практ. зан. студ. III курса стоматолог. ф-та, М., 2002. 66 с.
9. Погабало, И. В., Атаева, А. В., Почивалин, П. В. // Новое в стоматологии. 2004. № 5. С. 68 – 69.
10. Федоров, Ю. А. Некариозные поражения, развившиеся после прорезывания зубов // Новое в стоматологии. Спецвып. / Федоров Ю. А., Дрожжина В. А., Рубежова Н. В., Рыбальченко О. В. 1997. № 10. С. 67 – 89.
11. Федоров, Ю. А. Распространенность некариозных поражений зубов // Новое в стоматологии. Спецвып. / Федоров Ю. А., Дрожжина В. А., Рубежова Н. В., Шустова Е. Н. 1997. № 10. С. 7 – 41.
12. Цимбалистов, А. В. Повышенная стираемость твердых тканей зубов. Клиническая картина, морфологическое и кристаллохимическое строение // Клиническая стоматология. 2005. № 2. С. 12 – 14.
13. Bardsley, PF, Taylor, S, Milosevic, A. Epidemiological studies of tooth wear and dental erosion in 14-year-old children in North West England. Part 1: The relationship with water fluoridation and social deprivation // Br Dent J. 2004. V. 197. № 7. P. 413 – 416.

14. Kinney, J.H., Marshall, S.J., Marshall, G.W. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature // *Crit. Rev. Oral. Biol. Med.* 2003. V. 14. № 1. P. 13 – 29.
15. Kwong, SM, Tay, FR, Yip. HK, Kei. LH, Pashley, DH. An ultrastructural study of the application of dentine adhesives to acid-conditioned sclerotic dentine // *J Dent.* 2000 Sep;28(7):515-28.
16. Lopes, GC, Vieira, LC, Monteiro, S Jr, Caldeira de Andrada, MA, Baratieri, CM. Dentin bonding: effect of degree of mineralization and acid etching time // *Oper Dent.* 2003 Jul-Aug;28(4):429-39.
17. Milosevic, A, Young, PJ, Lennon, MA The prevalence of tooth wear in 14-year-old school children in Liverpool // *Community Dent Health.* 1994 V. 11. № 2. P. 83 – 86.
18. Nour El-din, A.K, Miller, B.H., Griggs, A. Resin bonding to sclerotic, noncarious, cervical lesions // *Quintess Int.* 2004. V. 35. № 7. P. 529 – 538.
19. Perdigo, J. et al. In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates // *J. Dent. Res.* 1994. V. 73. № 1. P. 44 – 55.
20. Sundaram, G, Bartlett, D, Watson, T. // Bonding to and protecting worn palatal surfaces of teeth with dentine bonding agents. *J Oral Rehabil.* 2004. V. 31. № 5. P. 505 – 509.
21. Tay, F.R. et al Bonding of a self-etching primer to non-carious cervical sclerotic dentin: interfacial ultrastructure and microtensile bond strength evaluation // *J. Adhes. Dent.* 2000. V. 2. № 2. P. 9 – 28.
22. Yoshiyama, M. et al. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin // *J Dent Res.* 1996. V. 75. № 6. P. 1404 – 1413.
23. Yoshiyama, M. et al. Scanning electron microscopic characterization of sensitive vs. insensitive human radicular dentin // *J Dent Res.* 1989. V. 68. № 3. P. 1498 – 1502