

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ СМАЗАННОГО СЛОЯ, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ПРЕПАРИРОВАНИЯ

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Аннотация. В исследовании рассмотрены структурные особенности формирования смазанного слоя при различных способах препарирования дентина. Исследование проводилось с использованием алмазного и твердосплавного бора, а также ультразвуковой насадки. Проведен сравнительный анализ морфологии смазанного слоя, выявлены различия в его структуре и толщине в зависимости от метода обработки. Установлено, что наилучшие показатели получены при использовании твердосплавного бора. Дополнительно все исследуемые поверхности были подвергнуты протравливанию. Полученные данные позволяют более обоснованно выбирать метод препарирования и дальнейшей адгезивной подготовки.

Ключевые слова: смазанный слой, твердосплавный бор, алмазный бор, ультразвуковое препарирование, протравливание, сканирующая электронная микроскопия.

Введение. Препарирование зуба – процесс, направленный на удаление повреждённых или изменённых тканей и создание условий для последующей реставрации. В процессе механической обработки твердых тканей зуба происходят выраженные структурные изменения: нарушается целостность эмали и дентина, изменяется их микрорельеф, а на поверхности формируется смазанный слой [1]. Этот слой состоит из органоминеральных частиц разрушенного дентина, обломков коллагеновых волокон, микроорганизмов и продуктов их метаболизма. Его наличие препятствует проникновению адгезивных систем в дентин, снижает качество микромеханической фиксации и может негативно влиять на долговечность реставрации [2]. Поэтому удаление или модификация смазанного слоя является обязательным условием для эффективной адгезивной подготовки.

Цель исследования. Провести исследование особенностей структуры смазанного слоя при использовании разных способах препарирования и определение эффективности его устранения с применением 37%-го раствора ортофосфорной кислоты (H_3PO_4).

Материал и методы. В исследование были включены пятнадцать интактных зубов ($n=15$), экстрагированных по ортодонтическим показаниям. После удаления образцы подвергались антисептической обработке в 10%-м растворе формалина, после чего хранились в изотоническом растворе хлорида натрия. Критериями включения образцов в работу являлись: отсутствие кариозных и некариозных поражений, реставраций, следов предшествующего эндодонтического лечения, завершённая минерализация твёрдых тканей, а также полностью сформированные верхушки корней.

Далее были получены поперечные срезы посредством удаления коронковой части на уровне её средней трети с использованием бора, что обеспечивало обнажение дентинной поверхности. В дальнейшем образцы были распределены на три экспериментальные группы в зависимости от метода препарирования. В первой группе ($n=5$) обработка выполнялась твердосплавным бором, во второй ($n=5$) – алмазным бором, в третьей ($n=5$) – ультразвуковой насадкой. Препарирование осуществлялось с применением турбинного наконечника со скоростью вращения инструмента до 300 000 об./мин, углового наконечника со скоростью 30 000 об./мин, а также ультразвукового наконечника с частотой колебаний 28 кГц при постоянной ирригации дистиллированной водой.

Образцы каждой экспериментальной группы подвергались протравливанию 37%-й ортофосфорной кислотой (H_3PO_4) в течение 15 секунд для дентина. Продольные шлифы до и после протравливания фиксировались в формах с использованием эпоксидной смолы. Морфологический анализ проводился методом сканирующей электронной микроскопии

(СЭМ) Tescan «Mira 3» при увеличении $\times 1000$, $\times 5000$ и $\times 20000$ с последующей фотофиксацией полученных изображений. Обработка микрофотографий осуществлялась с применением программного обеспечения PhotoM v.1.21. Оценке подвергались структура и однородность смазанного слоя до и после протравливания.

Результаты исследования. При анализе микрофотографий дентина, препарирование которого осуществлялось твердосплавным бором, установлено наличие тонкого и равномерно распределённого смазанного слоя, при этом четко визуализируются закрытые дентинные каналы (рис. 1 А).

На микрофотографиях образцов, обработанных алмазным бором, определяется поверхность дентина, покрытая плотным аморфным слоем, равномерно распределённым по всей исследуемой области. Дентинные каналы не визуализируются, их устья отсутствуют, что свидетельствует о наличии выраженного смазанного слоя и феномена засаливания поверхности, ограничивающего проникновение компонентов адгезивной системы. Также четко прослеживаются продольные борозды, образовавшиеся в результате механического воздействия алмазного инструмента, что отражает характер препарирования (рис. 1 Б). Совокупность выявленных особенностей указывает на необходимость дополнительной обработки для обеспечения адекватного раскрытия дентинных каналов.

На микрофотографиях образцов третьей группы, дентин которых препарировался с применением ультразвуковой насадки, определяется наличие тонкого и равномерного слоя аморфной субстанции, соответствующей смазанному слою, формирующемуся при механической обработке твёрдых тканей. При этом дентинные каналы частично визуализируются, однако их устья остаются закупоренными (рис. 3 В). Полученные данные указывают на щадящий и контролируемый характер воздействия ультразвуковой обработки.

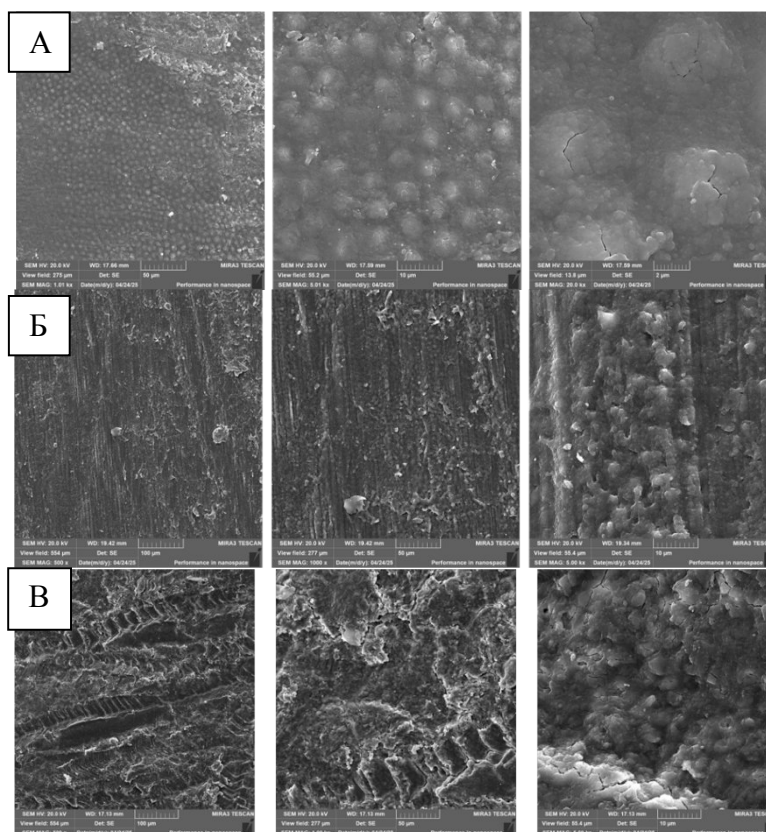


Рисунок 1. Микрофотографии образцов 1-ой, 2-ой и 3-ей групп после препарирования (А – поверхность дентина после препарирования твердосплавным бором; Б – поверхность дентина после препарирования алмазным бором; В – поверхность дентина после препарирования ультразвуковой насадкой)

В результате протравливания образцов, препарирование дентина которых осуществлялось твердосплавным бором, смазанный слой был полностью удалён. Поверхность образцов приобрела характерную шероховатость, типичную для протравленного дентина. Все дентинные каналы полностью открыты и отчетливо визуализируются по всей исследуемой области. Это свидетельствует о высокоэффективной деградации смазанного слоя и готовности поверхности к последующим этапам адгезивной обработки.

После протравливания ортофосфорной кислотой удаление смазанного слоя оказалось неполным и неравномерным на поверхности дентина, обрабатываемого алмазным бором. На поверхности дентина сохраняются отдельные скопления остатков смазанного слоя в виде конгломератов, которые локально перекрывают просветы дентинных каналов. Эти остаточные образования затрудняют визуализацию устьев каналов и свидетельствуют о недостаточной эффективности травления в отдельных зонах. Подобное неполное удаление может негативно сказаться на качестве адгезии, поскольку оставшийся смазанный слой препятствует проникновению компонентов адгезивной системы в дентинные трубочки и снижает прочность связи реставрационного материала с твёрдыми тканями зуба

После протравливания образцов третьей группы, препарирование которого осуществлялось с использованием ультразвука, смазанный слой был полностью устранён подобно образцам 1-ой группы. Поверхность образцов приобрела характерную шероховатость, присущую протравленному дентину. Все дентинные каналы открыты и четко визуализируются на всей исследуемой площади, что указывает на высокую эффективность удаления смазанного слоя и готовность поверхности к дальнейшей адгезивной обработке

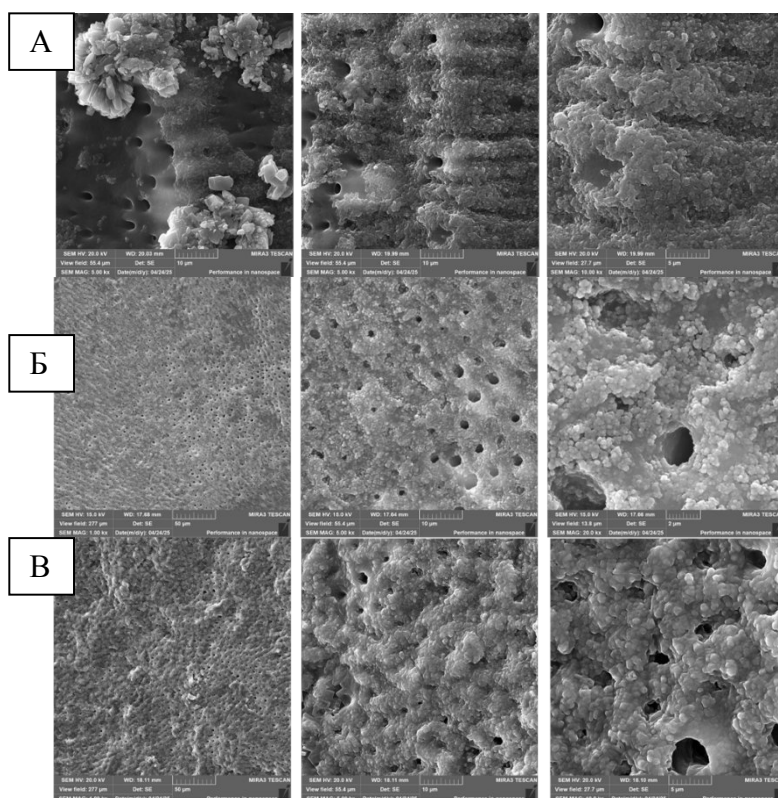


Рисунок 2. Микрофотографии образцов 1-ой, 2-ой и 3-ей групп после протравливания (А – поверхность дентина после препарирования твердосплавным бором и протравливания H_3PO_4 ; Б – поверхность дентина после препарирования алмазным бором и протравливания H_3PO_4 ; В – поверхность дентина после препарирования ультразвуковой насадкой и протравливания H_3PO_4)

Заключение. Способ препарирования оказывает существенное влияние на морфологические характеристики и объем формирующегося смазанного слоя. Наиболее рациональным методом считается применение твердосплавного бора с последующим удалением смазанного слоя посредством протравливания 37%-ной ортофосфорной кислотой, поскольку в данном случае формируется рыхлая структура, легко устранимая под действием кислоты. Использование алмазных боров для обработки дентина нецелесообразно. Ультразвуковая обработка обеспечивает менее качественную поверхность по сравнению с твердосплавным бором и в клинической практике применяется ограниченно. Протравливание поверхности дентина является эффективным методом элиминации смазанного слоя, способствующим раскрытию устьев дентинных канальцев и формированию оптимальной микроретенционной поверхности, необходимой для надежной адгезивной фиксации. Представленные данные подчеркивают ключевое значение выбора адекватной методики препарирования при подготовке поверхности дентина к применению адгезивных систем.

Список литературы:

1. Penetration of universal adhesive system after smear layer removal on dentin / H. Wiyono, E. Suryani, H. Suryadi [et al.] // The Open Dentistry Journal. – 2024. – Vol. 18. – P. 128–134.
2. Yerliyurt, K. The effect of different abrasives on the shear bond strength of adhesive resin cements to dentin / K. Yerliyurt, H. Hatirli // Journal of Advanced Oral Research. – 2022. – Vol. 13, № 1. – P. 143–150.