**Влияние кислотных протравливающих агентов на процесс реминерализации белых кариозных пятен**

**Введение**

Декальцификация поверхности эмали и образование белых пятен является распространенной проблемой у подростков, особенно у тех, кто находится в процессе ортодонтического лечения и плохо соблюдает рекомендации по гигиене полости рта [1,2\*]. При отсутствии лечения кариозных поражений на ранней стадии декальцификация прогрессирует и приводит к образованию кариозных полостей, создавая эстетические дефекты [3\*]. Таким образом, профилактика, диагностика и лечение начальных форм кариеса имеют первостепенное значение для достижения удовлетворительных эстетических результатов в конце ортодонтического лечения [4\*].

Одним из методов лечения для предотвращения и снижения частоты появления белых кариозных пятен у всех пациентов, и, в частности, находящихся в процессе ортодонтического лечения, является применение фторида в его различных формах [1,4,5\*]. Другим эффективным средством в профилактике возникновения белых кариозных пятен является применение казеин фосфопептида-аморфного кальция фосфата (СРР-АСР) [6-10\*].

Помимо этого, предотвращению образования белых кариозных пятен помогает употребление пробиотиков и жевательной резинки с сорбитом/ксилитом, вызывающее значительное снижение уровня S.mutans в зубном налете [11,12\*]. Однако данные исследований относительно эффекта этих продуктов разноречивы [13,14\*].

В большинстве исследований реминерализация белых кариозных пятен была неполной [3\*]. Одной из причин неполной реминерализации является отложение минералов на поверхностном слое эмали, снижающее его пористость и препятствующее попаданию минералов в более глубокие слои поражения [15-17\*].

Одним из методов повышения степени реминерализации является кислотное протравливание поверхностного слоя эмали, помогающее удалить богатый фторидом слой и обнажить реакционноспособные кристаллы гидроксиапатита [18,19\*]. По данным нескольких исследований после процедуры кислотного протравливания белых кариозных пятен с последующей реминерализацией наблюдалось выраженное уменьшение глубины поражения [16,17,20\*]. Использование фосфорной кислоты в высокой концентрации (38%), применяемой на отсроченной стадии реминерализации для инициации процесса реминерализации после достижения плато, вызвало чрезмерную потерю минералов на поверхности эмали [21\*].

**Цель**

Целью исследования in vitro было изучение влияния различных типов кислотных протравливающих агентов и их концентраций на процесс реминерализации белых кариозных пятен после достижения плато. Изменения содержания минералов оценивалось с помощью количественной световой флуоресценции.

**Материалы и методы**

Исследование in vitro состояло из фазы деминерализации и двух фаз реминерализации, проведенных до и после процедуры кислотного протравливания.

Были изготовлены 100 пластин интактной щечной эмали из премоляров, удаленных по ортодонтическим показаниям. Поверхность эмали покрыли кислотостойким лаком для ногтей, оставив окно размером ~ 3×3 мм2.

Во время I фазы реминерализации образцы хранились в инкубаторе в стеклянном поддоне, заполненном реминерализующим раствором (CaCl2, KH2PO4, KCl и HEPES), при pH=7,0 с поддерживаемой температурой 37°C. Суспензия фторида наносилась дважды в день с экспозицией 5 минут. Реминерализующий раствор обновлялся еженедельно.

После 6 недель реминерализации, когда наблюдались минимальные изменения яркости флуоресценции белых кариозных пятен, образцы были произвольно разделены на четыре группы по 22 образца в каждой (минимум).

Затем образцы подвергали кислотному протравливанию одной из следующих кислот в течение 15 секунд, после чего образцы промывали водой в течение 10 секунд и сушили в течение 10 секунд:

* поверхности, протравленные 10% фосфорной кислотой,
* поверхности, протравленные 5% фосфорной кислотой,
* поверхности, протравленные 10% полиакриловой кислотой,
* поверхности, протравленные 5% полиакриловой кислотой.

СЭМ – изображения образцов представлены на Рисунке 2.

Протокол реминерализации во время II фазы был аналогичен протоколу, применяемому во время I фазы.

Количественную оценку потери минералов после деминерализации эмали проводили с помощью количественной световой флуоресценции (QLF). Изображения QLF были получены до и после процедуры протравливания белых пятен. Также количественные изображения световой флуоресценции фиксировались один раз в неделю для всех образцов на протяжении второй фазы исследования.

После I фазы реминерализации срезы 4-х выбранных случайным образом образцов из каждой группы и одного контрольного образца, не подвергавшегося процедуре протравливания, были изучены и проанализированы с помощью поперечной микрорентгенографии (TMR) – Рисунок 1.

Также после I фазы реминерализации 4 выбранных случайным образом образца из каждой группы были отправлены на исследование с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) – Рисунок 2.

Для расчета средних значений и стандартных отклонений флуоресценции белого кариозного пятна в каждой временной точке использованием SPSS. Для сравнения еженедельных изменений в каждой группе и между группами использовали анализ ANOVA с повторными измерениями.

**Результаты**

В конце I фазы реминерализации на 6-й неделе наблюдалось значительное восстановление яркости флуоресценции по сравнению с исходным уровнем. С течением времени отмечалось устойчивое нарастание скорости флуоресценции.

Между 5 и 6 неделями, когда были достигнуты минимальные изменения яркости флуоресценции после проведения процедуры протравливания, начиналась фаза II реминерализации.

После нанесения кислотных протравливающих агентов образцы эмали демонстрировали потерю яркости флуоресценции во всех экспериментальных группах по сравнению с изображениями, полученными до протравливания. Все кислотные протравливающие агенты продемонстрировали схожий эффект по потере яркости флуоресценции в разных группах.

Все группы показали устойчивое увеличение яркости флуоресценции во время II фазы реминерализации со значительной разницей между 6-й неделей (после проведения процедуры протравливания) и 16-й неделей (конец исследования). Наибольшее усиление флуоресценции наблюдалось в группах 5% фосфорной кислоты и 10% полиакриловой кислоты.

Рисунок 1. Изображения поперечной микрорентгенографии образцов разных групп

2а - типичное подповерхностное поражение с неповрежденными гладкими белыми пятнами и полосой просветления под эмалью до протравливания.

2b - образец после нанесения 10% фосфорной кислоты. Визуализируется утрата поверхностной части высокоминерализованной эмалевой поверхности и оставшийся тонкий слой эмали.

2c - образец после нанесения 5% фосфорной кислоты. Воздействие 5% фосфорной кислоты аналогично воздействию 10% фосфорной кислоты, но с меньшей толщиной утраченного слоя эмали.

2d - образец после нанесения 10% полиакриловой кислоты. В месте нанесения при меньшем содержании минералов и более высокой рентгенопрозрачности сохранялись выпуклость и толщина наружного слоя эмали.

2e - образец после нанесения 5% полиакриловой кислоты. Воздействие 5% полиакриловой кислоты аналогично воздействию 10% полиакриловой кислоты, но изменение рентгенопрозрачности поверхности эмали наблюдалось не по всей толщине эмали. Сохранено более половины толщины эмали.

Рисунок 2. СЭМ-изображения образцов из четырех групп протравливания при разном увеличении



**Вывод**

Результаты данного исследования показывают возможность эффективной реминерализации белых кариозных пятен с использованием метода протравливания эмали кислотными агентами. Данный метод позволяет растворить внешний минеральный слой эмали, блокирующий прохождение ионов кальция и фосфатов в более глубокие слои эмали, повышая ее минеральную плотность. По сравнению с 5% и 10% растворами фосфорной кислоты раствор 10% полиакриловой кислоты показал лучшие результаты в качестве протравливающего агента.

\*Указатели ссылок в квадратных скобках соответствуют списку литературы в первоисточнике.