**Эффективность ортодонтического адгезива с включением биоактивного стекла для профилактики деминерализации эмали**

**Систематический обзор**

**Введение**

Несмотря на решение важных функциональных и эстетических проблем, при ортодонтическом лечении повышается риск развития начальных форм кариеса. Появление меловидных пятен на поверхности эмали является первым признаком кариозного поражения эмали и диагностируется у 45,8% пациентов, находящихся на ортодонтическом лечении [1,2,3\*]. Участки начальной деминерализации встречаются в области передней группы зубов верхней челюсти чаще, чем на нижней челюсти, что отрицательно сказывается на эстетике [4\*]. Несъемные ортодонтические конструкции создают многочисленные ретенционные участки, которые служат благоприятной средой для роста бактерий, а также затрудняют проведение ежедневной гигиены полости рта, что впоследствии снижает pH полости рта [5,6\*]. В некоторых случаях чрезмерное протравливание эмали в дополнение к падению pH полости рта делает поверхность зуба уязвимой для потери фосфат-ионов (PO43-) и кальция (Ca2+) и, таким образом, способствует формированию белых пятен эмали [7,8\*].

Применение фторида (F-) предотвращает образование меловидных пятен, прерывая метаболическую активность бактерий и, следовательно, производство ими кислот, вызывающих деминерализацию эмали [9\*]. Фторид также химически связывается с гидроксиапатитом с образованием фторапатита, который более устойчив к кислотному растворению. Более того, фторид снижает внутриклеточный pH бактерий, тем самым изменяя активность ферментов, необходимых для выживания бактерий [10\*]. Однако, несмотря на реминерализующий потенциал фторида, его эффективность во многом зависит от степени комплаентности пациента [10\*].

Известно, что включение фторида в стеклоиономерные соединения эффективно предотвращает образование меловидных пятен эмали, а также не требует сотрудничества с пациентом [11\*]. Однако сила сцепления у стеклоиномерных цементов ниже, чем у ортодонтических адгезивов [10\*].

Также для профилактики образования кариозных поражений эффективно использование продуктов, содержащих казеин фосфопептид-аморфный кальция фосфат (CPP-ACP) [9,12\*]. Принцип действия данных продуктов основан на высвобождении ионов кальция и фосфата при снижении уровня pH. Также, при распаде CPP-ACP образуется аммиак, способствующий повышению уровня pH слюны. Продукты, содержащие CPP-ACP, представлены в виде жевательных резинок, пастилок, крема, а следовательно, их эффективность, как и у фторидов, во многом зависит от степени сотрудничества пациента.

Одним из недавно предложенных методов профилактики кариеса, не требующего четкого выполнения пациентом назначений, является использование адгезивов с включением биоактивного стекла (BAG). Биоактивное стекло относится к стеклокерамическим биоматериалам и в основном состоит из диоксида кремния (SiO2) а также оксида кальция (CaO), оксида натрия (Na2O) и оксида фосфора (V) (P2O5) [13-16\*]. Первый состав BAG известен как Bioglass® 45S5 [17,18\*].

В начале 1970-х годов появился альтернативный способ синтеза BAG, исключающий высокую термическую обработку, которая негативно сказывалась на свойствах материала. В результате использования метода золь-гель-технологии конечным продуктом явилось высокопористое биоактивное стекло [19-22\*].

Применение BAG усиливает реминерализацию эмали в пять этапов [17,23\*]:

1. ионный обмен, при котором биоактивное стекло растворяется в водном растворе, и происходит высвобождение ионов натрия (Na+) и кальция (Ca2+);
2. гидролиз, при котором из-за разрыва связи кремний-кислород образуются силанольные группы (Si-OH);
3. конденсация силанолов, при которой за счет увеличения концентрации гидроксид-ионов повышается уровень pH и образуется отрицательно заряженный гелеобразный слой;
4. кристаллическое осаждение, где ранее сформированный гелеобразный слой функционирует как матрица, и в результате образовывается слой аморфного фосфата кальция;
5. минерализация, при которой из окружающего перенасыщенного раствора конденсируются дополнительные ионы кальция и фосфата.

Помимо реминерализации, BAG оказывает антибактериальный эффект, в первую очередь за счет повышения уровня pH, что создает неблагоприятную среду для роста бактерий [25,26,27\*]. Известно, что для усиления антибактериальных и реминерализирующих свойств в биоактивное стекло включают серебро, цинк, оксид графена и галлий [28-30\*].

Для реминерализации эмали в ортодонтические адгезивы включают и другие наполнители, например аморфный фосфат кальция (ACP). Однако, в отличие от BAG, аморфный фосфат кальция не образовывает слой наноразмерного биомиметического апатита (т. е. апатита, имитирующего природную эмаль), а также имеет неудовлетворительные механические свойства при фиксации ортодонтических брекетов [34-36\*].

**Цель**

Целью настоящего обзора являлась оценка эффективности ортодонтических адгезивов с биоактивным стеклом для профилактики деминерализации эмали вокруг брекетов.

**Материалы и методы**

Проводился поиск литературы в базах данных PubMed, MEDLINE, Web of Science и Scopus.

Эффективность реминерализации оценивалась с помощью данных микрокомпьютерной томографии, поляризованной световой микроскопии и определения микротвердости по Knoop и Berkovich.

**Результаты**

В обзор вошли 7 исследований. Во всех исследованиях доказана высокая эффективность использования ортодонтического адгезива с включением BAG для реминерализации эмали по сравнению с аналогами, не содержащими BAG. Усиление эффекта реминерализации прямо пропорционально концентрации BAG.

**Вывод**

В результате анализа данных исследований выявлено, что эффективность ортодонтических адгезивов с включением биоактивного стекла в отношении профилактики деминерализации эмали вокруг брекетов была значительно выше, чем у аналогов, не содержащих BAG.

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