**Сравнение воздействия гибридных наночастиц кальция и мезопористого диоксида кремния и продуктов на основе кальция и/или фторида на эрозию зубов**

**Введение**

Эрозия зубов характеризуется необратимой, хронической, патологической, локализованной и безболезненной потерей эмали зубов [1\*]. Возникновение эрозии зубов связано с поступлением кислоты извне в результате изменения пищевых привычек населения, значительного увеличения потребления продуктов и напитков с высокой степенью кислотности [2,3\*]. Воздействие кислот вызывает размягчение поверхности зубов и поэтапное растворение эмали [4\*]. Таким образом, коррекция привычек питания, наряду с качественной гигиеной полости рта и использованием фторидов является профилактикой образования эрозий зубов [5,7\*].

Регулярное использование фторидов вызывает образование на поверхности эмали фторида кальция, который имеет более низкую степень растворения по сравнению с гидроксиапатитом эмали зуба [6\*]. Также с целью уменьшить потерю минералов из тканей зуба предлагается использовать новые соединения на основе кальция, как в сочетании с фторидом, так и без него [8\*].

Наноразмерные соединения, такие как мезопористый диоксид кремния, показывают более высокие химические и физические показатели при обработке деминерализованной эмали или дентина по сравнению с микрометрическими соединениями, включая более высокую механическую стабильность, термостойкость и устойчивость к растворению [9\*]. Кроме того, комбинация двух или более веществ в форме наночастиц, как правило, приводит к созданию продукта со свойствами, превосходящими свойства, наблюдаемые в исходных отдельных веществах [10\*].

**Цель**

Целью этого исследования было сравнение эффекта однократного применения новой гибридной наночастицы кальция и мезопористого диоксида кремния (Ca2+-MSN) и других средств на основе кальция и/или фторида при эрозии зубов.

**Материалы и методы**

Предварительно подготовленные из резцов коров эмалевые блоки были наполовину покрыты защитным слоем лака и разделены на шесть групп, по десять образцов в каждой. Эмалевые блоки были однократно обработаны Ca2+-MSN; муссом с казеин фосфопептидом-аморфного кальция фосфата (CPP-ACP); муссом CPP-ACP/F (900 ppm фторидов); тетрафторидом титана (TiF4 1%); фторидом натрия (NaF 1,36%); и водой Milli-Q® (группа отрицательного контроля).

Для имитации условий возникновения эрозии эмалевые блоки погружали в раствор с низким уровнем pH=2.58 (Sprite Zero, Cocа-Cola). Для имитации слюны использовался раствор с нейтральным уровнем pH=7.0.

Была проведена электронная микроскопия образцов (СЭМ). Оценка различий объемной шероховатости и потери структуры зуба проводилась с использованием трехмерной бесконтактной оптической профилометрии. Также для оценки различий в объемной шероховатости были выполнены дисперсионный анализ и тест Тьюки. Для оценки измерения потери структуры зуба были выполнены тесты Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни.

**Результаты**

Данные значений объемной шероховатости (различие между необработанными и обработанными областями), а также данные значений потери структуры зубов среди групп представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Среднее ± стандартное отклонение/медиана (минимум-максимум) разницы в объемной шероховатости и потере структуры зуба эмали для каждого продукта после аппликации и эрозивного воздействия

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Группы** | **Объемная шероховатость** | **Потеря структуры твердых тканей зуба** |
| **Среднее значение**  **(± стандартное отклонение)** | **Медиана (мин. - макс.)** |
| **Ca2+-MSN** | -0.20 (± 0.29) | 12.03 (8.28-14.78) |
| **CPP-ACP** | -0.50 (± 0.66) | 20.48 (9.39-21.67) |
| **CPP-ACP/F** | -0.07 (± 0.53) | 15.61 (8.55-54.12) |
| **TiF4** | -0.13 (±0.42) | 12.17 (6.65-20.43) |
| **NaF** | -0.08 (±0.22) | 10.15 (4.74-19.28) |
| **Вода**  **(группа отрицательного контроля)** | -2.26 (±1.74) | 37.96 (18.88-49.45) |

Контрольная группа продемонстрировала более выраженные значения объемной шероховатости, которые статистически отличались от других групп. Наименее выраженная потеря структуры твердых тканей со статистически схожими результатами наблюдалась в группах NaF, Ca2+-MSN и TiF4.

Наиболее выраженная потеря структуры твердых тканей зуба наблюдалась в группе отрицательного контроля (при использовании воды Milli-Q®). Схожие результаты получены для групп СРР-АСР и СРР-АСР/F.

Анализ СЭМ-изображения образцов эмали до и после воздействия, приводящего к появлению эрозии, при увеличении 500× и 2000× также показал, что использование воды Milli-Q® (группа отрицательного контроля) привело к наиболее выраженной потере структуры твердых тканей зуба, о чем также свидетельствует повышенная пористость эмали в данной группе по сравнению с другими группами (Рисунок 1).

Самая высокая эффективность с минимальными показателями пористости и потери минералов наблюдалась в группах NaF, Ca2+- MSN и TiF4.

Рисунок 1. СЭМ-изображения поверхности образцов эмали

A picture containing photo, sitting, computer, old

Description automatically generated

Изображение границы раздела обработанной и необработанной областей при 500-кратном увеличении:

1. - поверхности образцов эмали до обработки и эрозивного воздействия (необработанная область),
2. - поверхности образцов эмали после обработки и эрозивного воздействия (обработанная область).

А - Ca2+-MSN,

B - CPP-ACP,

C - CPP-ACP/F,

D - TiF4,

E - NaF,

F - группа отрицательного контроля (вода).

Вверху справа изображение обработанной области при 2000-кратном увеличении.

**Вывод**

В данном исследовании смоделирована возможная клиническая ситуация возникновения эрозии зубов у пациентов в результате приема кислых лекарственных средств или употребления кислых напитков. Эффективность предотвращения потери эмали зуба при эрозии была значительно выше при однократном применения соединений фторида и/или кальция (Ca2+-MSN, NaF и TiF4) по сравнению с контрольной группой.

Эффективность предотвращения потери эмали зуба с использованием нового соединения (Ca2+-MSN) соответствовала эффективности применения TiF4 и NaF.

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