Формула 2 в 1

Преодолевает боль и причины её возникновения

- Эффективно закрывает канальцы в дентине и способствует образованию зубной эмали, аналогичной природной *(гидроксиапатит кальция 30%)*
- Продолжительное успокаивающее воздействие на пульпу *(цитрат калия)*
- Самая низкая степень абразивности *(RDA: 20)*
- Профилактика кариеса *(фторид 1.450 ppm)*
- Эффект „Анти-налёт“ *(ксилит)*
- Не содержит диоксид титана
- Применение: ежедневно или по необходимости

miradent
professional prophylaxis

miradent – от стоматолога для стоматолога

www.miradent.de

МІЖНАРОДНА ВИСТАВКА ЦИФРОВОЇ СТОМАТОЛОГІЇ ТА CAD/CAM КОНГРЕС

2014

22–23 травня

Виставка цифрової стоматології:

- дентальні томографи 3D
- 3D принтери
- інтраоральні сканери
- лабораторні сканери
- фрезерні установки. Рішення для клінік
- комплексні рішення для зуботехнічних лабораторій та фрезерних центрів
- CAD/CAM рішення в ортодонтії
- програми та обладнання для планування імплантації
- розхідні матеріали для CAD/CAM систем.

Програма CAD/CAM конгресу:

- лекції за участю міжнародних фахівців у галузі CAD/CAM протягом 2 днів
- практичні курси від майстрів CAD/CAM із Німеччини, Швейцарії, Італії, Бельгії, Росії, України
- семінари з питань реалізації CAD/CAM технологій в життя
- гала-вечір та насичена розважальна програма.

Детальну програму конгресу шукайте на сайті **www.cadcam-ua.com**

Україна, Дніпропетровськ
Діловий центр "Менора"
Вул. Шолом-Алейхема, 4/26

Упорядник:
ТОВ "Еко-Стайл”
Вул. Московська, 12
Дніпропетровськ
Україна

+38 056 767 25 53
office@cadcam-ua.com
www.cadcam-ua.com

CAD CAM

За підтримки:

Асоціація стоматологів України

Асоціація імплантологів України

Асоціація стоматологів-ортопедів і зубних техніків України

Элизабет Гджоргиевска, Мария Стеванович,
стоматологический факультет Университета Святого Кирилла и Мефодия (г. Скопье, Республика Македония),
Джон Николсон, *колледж Университета святой Марии (Твикенгем, Лондон, Великобритания),*
Ян Дж. Слиппер, *научная школа Гринвичского университета (Чатем, Кент, Великобритания)*

Elizabeta Gjorgievska, Marija Stevanovic, John Nicholson, Ian J. Slipper

Реминерализация деминерализованной эмали зубными пастами

Сканирующая электронная микроскопия, энергодиспергированное рентгеновское исследование и трехмерное стереомикрографическое изучение

REMINERALIZATION OF DEMINERALIZED ENAMEL BY TOOTHPASTES

A SCANNING ELECTRON MICROSCOPY, ENERGY DISPERSIVE X-RAY ANALYSIS, AND THREE-DIMENSIONAL STEREO-MICROGRAPHIC STUDY

Резюме

Реминерализация твердых тканей зуба может послужить возможностью для восполнения разрыва между профилактикой и инвазивным вмешательством в клинической стоматологии. Целью этого исследования является изучение реминерализирующего потенциала различных формул зубных паст: паст, содержащих биоактивное стекло, гидроксиаппатит, ацетат стронция с фтором — при их нанесении на деминерализованные участки эмали. Результаты, полученные с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и энергодиспергированного рентгеновского исследования, доказали, что пасты, содержащие гидроксиаппатит и биоактивное стекло, значительно содействовали реминерализации посредством образования депо и защитного слоя на поверхности деминерализованной эмали, в то время как пасты с содержанием 8% ацетата стронция и 1040 ед/м фтора в виде NaF имели значительно меньший потенциал. В результате воздействие паст с содержанием гидроксиаппатитов или биоактивного стекла на деминерализованные зубы привело к восстановлению пораженных тканей.

Ключевые слова

реминерализация, деминерализация, биоактивное стекло, гидроксиаппатит, ацетат стронция, фтор.

Abstract

Remineralization of hard dental tissues is thought to be a tool that could close the gap between prevention and surgical procedures in clinical dentistry. The purpose of this study was to examine the remineralizing potential of different toothpaste formulations: toothpastes containing bioactive glass, hydroxyapatite, or strontium acetate with fluoride, when applied to demineralized enamel. Results obtained by scanning electron microscopy (SEM) and SEM/energy dispersive X-ray analyses proved that the hydroxyapatite and bioactive glass-containing toothpastes were highly efficient in promoting enamel remineralization by formation of deposits and a protective layer on the surface of the demineralized enamel, whereas the toothpaste containing 8% strontium acetate and 1040 ppm fluoride as NaF had little, if any, remineralization potential. In conclusion, the treatment of demineralized teeth with toothpastes containing hydroxyapatite or bioactive glass resulted in repair of the damaged tissue.

Key words

remineralization, demineralization, bioactive glass, hydroxyapatite, strontium acetate, fluoride

Введение

Минеральная фаза дентина и эмали представляет собой смесь составляющих, включая разное количество углеродистых аппатитов с их большим разнообразием в составе дентина, нежели в эмали (Эллиот, 1997). Снижение минерализации (деминерализация) и ее усиление (реминерализация) в эмали является динамическим физико-химическим процессом, который сбалансирован в здоровой полости рта при большинстве обстоятельств. Тем не менее, когда бактерии полости рта формируют биопленку на поверхности эмали (налет), эта пленка подвергается брожению под воздействием углеводов пищи (Паес Леме и соавт., 2004), вследствие чего происходит резкое снижение pH из-за выработки органических кислот, в основном молочной кислоты, в результате метаболической активности биопленки. Если низкий уровень pH поддерживается в течение некоторого времени, минеральная фаза растворяется до такой степени, что это приводит к преобладанию деминерализации. При прекращении воздействия углеводов pH постепенно возрастает, при этом восстанавливаются перенасыщенные условия, что приводит к определенному изменению минеральной фазы (Шейхэм, 2006).

В физиологических условиях жидкости полости рта (слюна, жидкость бипленки) содержат кальций Ca и фосфаты P в перенасыщенных концентрациях по сравнению с минеральной фазой эмали, и как результат ионы кальция и фтора постепенно накапливаются на поверхности эмали, в частности на участках с их меньшей концентрацией. Это может расцениваться как природный защитный механизм, выполняемый слюной для сохранения минерального состава эмали во рту (Рейнолдс, 2008). Вследствие химической однородности эмали процесс реминерализации эмали достаточно сложный. Доступность кальция остается главным сдерживающим фактором в реминерализации эмали (Волш, 2009). Реминерализация эмали изучалась на протяжении более чем 100 лет, в процессе чего было установлено, что «неинвазивное лечение начального кариеса путем реминерализации имеет все шансы быть более предпочтительным клиническим методом лечения этого заболевания» (Рейнолдс, 2008). Реминерализация твердых тканей зуба может восполнить пробел между профилактикой и инвазивными процедурами в клинической стоматологии (Прадиип и Прасанна, 2011).

Фтор остается лучшим агентом с доказанной способностью к реминерализации. Небольшое количество фторидов в слюне оказывает влияние на сдвиг баланса от деминерализации к реминерализации. Это связано с повышением осаждения фосфатов кальция под воздействием фтора и формированием фторгидроксиаппатита в тканях зубов (Кейт и Фезерстоун, 1991, Кейт, 1999). Фтораппатит менее растворим в кислой среде, чем гидроксиаппатит, который, в свою очередь, менее растворим, чем углеродистые аппатиты (Шеллис и соавт., 1993; Шеллис и Вилсон, 2004). Кроме фторидов, для обеспечения реминерализации могут использоваться некоторые другие вещества. Клиническая эффективность этих агентов зависит от нескольких признаков, показанных в табл. 1 (Зеро, 2006).

Таблица 1. Свойства новых реминерализационных средств (по Нулю, 2006; модифицированный)
1. Имеют ряд преимуществ над фторидом
2. Повышают собственные реминерализующие свойства слюны (в составе содержатся минеральные компоненты для пациентов с ксеростомическим синдромом)
3. Доставляют кальций и фосфат в поверхностную эмаль
4. Работают в кислой pH-среде
5. Не способствуют образованию камней

Один из этих реминерализационных материалов — биоактивное стекло, разработанное Генчем во второй половине 1960-х (Генч и соавт., 1972). Благодаря своей высокой биоактивности оно имеет несколько вариантов применения в стоматологии, например в реабилитации дентоальвеолярного комплекса (Вилсон и соавт., 1994) и регенерации периодонтальной кости (Ловелас и соавт., 1998). Биоактивное стекло недавно было введено в состав зубных паст как минерализирующий агент для предотвращения кариеса зубов, а также в роли десенситайзера в лечении гиперчувствительности зубов (Венг и соавт., 2011). Также биоактивное стекло может использоваться после отбеливания зубов, поскольку оно создает защитный слой на поверхности эмали и увеличивает количество кальция и фтора в ней (Гджоргиевска и Николсон, 2011). Наконец, недавние лабораторные исследования обнаружили, что биостекло S53P4 может быть использовано для стимуляции минерализации в живой соединительной ткани в декальцинированной дентинной матрице, а также в натуральном дентине с открытыми дентинными канальцами (Салонен и соавт., 2009).

Зубные пасты, содержащие гидроксиаппатит (зубные пасты ГА), были эффективны в профилактике кариеса, лечении гиперчувствительности и заболеваний пародонта (Нива и соавт., 2001, Парк и соавт., 2005). В условиях *in vitro*

зубные пасты, содержащие гидроксиаппатит, показали более высокий реминерализирующий эффект по сравнению с аминофторидными пастами на коровьем дентине, и такие же результаты были получены для эмали (Тщоппе и соавт., 2011). В другом исследовании было показано, что пасты, содержащие медицинский гидроксиаппатит, способствовали рекристализации декальцинированной поверхности эмали (Нишимура и соавт., 1999).

Хлорид стронция был разработан как первый тубулярный блокирующий агент, используемый в зубных пастах, и был представлен под названием бренда «Сенсодин» около 50 лет назад (Маркович, 2009). Из-за несовместимости с фтором этот продукт не содержал фторидов. Тем не менее, оригинальная формула была модифицирована путем введения фторидов и замещения хлорида стронция ацетатом стронция, который, в свою очередь, был совместим с фтором. Использование этой пасты привело к запечатыванию дентинных канальцев и отложению в них стронция (Эрл и соавт., 2010). Данный факт наводит на предположение, что помимо снижения чувствительности, это может сыграть немалую роль в защите зубов от кариеса.

Цель этого исследования — изучить реминерализирующий потенциал различных составов зубных паст — паст, содержащих биоактивное стекло, гидроксиаппатит или ацетат стронция с фтором, — при нанесении на деминерализированную эмаль. Отправной точкой исследования было отсутствие разницы в реминерализационной способности всех исследуемых паст.

Материалы и методы

Исследование проводилось на постоянных молярах, которые были удалены по ортодонтическим показаниям. Все процедуры выполнялись исключительно с согласия и с пониманием субъектов.

Подготовка образца

Корни были срезаны до цементно-эмалевого соединения с помощью алмазного бора в высокоскоростном наконечнике, остатки пульпы удалены. Коронковые части тщательно обработаны ультразвуком и отполированы с помощью полировочных паст и головок. Остатки пасты смывались струей воды в течение 3-х минут. После этого зубы были в случайном порядке разделены на 3 группы. Все группы были подвергнуты пяти последовательным циклам деминерализации и реминерализации. Деминерализация проводилась с помощью искусственного кислотного кариесного геля, который был приготовлен согласно методу, описанному Арендсом и соавт. (1990).

Гель состоит из 6% гидроксиэтилцеллюлозы, молочной кислоты в концентрации 1 моль/л и гидроксида натрия в концентрации 1 моль/л, установленный уровень pH = 4,5. После каждого 24-часового цикла деминерализации образцы промывались под струей воды для удаления остатков кислотного кариес-геля и обрабатывались следующими пастами в течение одной минуты: первая группа — пастой Мирасенситив Гэп+, Мирадент, Хагер унд Веркен ГмбХ и К° КГ (Дуйсбург, Германия); вторая – Миравайт Ти Си, Мирадент, Хагер унд Веркен ГмбХ и К° КГ; третья группа обрабатывалась пастой Сенсодин Рэпид Релиф, ГлаксоСмитКляйн (Суррей, Великобритания). Действующие вещества паст представлены в табл. 2. Далее пасты смывались с помощью зубной щетки под струей воды в течение 5 минут для удаления возможных остатков.

Сканирующая электронная микроскопия, трехмерная стереофотография (анаглиф)

После экспериментальных процедур зубы были разрезаны пополам вдоль продольной оси в щечно-язычном направлении. Половина всех образцов исследовалась без покрытия с применением холодной катодной автоэмиссионной сканирующей электронной микроскопии (FEG-SEM Хитачи СУ 8030, Токио, Япония). Предварительно образцы были помещены в вакуумный осушитель — для достижения достаточного вакуума, чтобы получить изображение с помощью FEG-SEM.

Трехмерная (3Д) стереофотография (анаглиф) создавалась с помощью двух стереофотографий под углом 0 и 7 градусов. Для первой фотографии использовался зеленый фильтр, для

Таблица 2. Зубные пасты, используемые в исследовании

Зубная паста	Компания-производитель	Активный компонент
Мирасенситив Гэп +	Мирадент, Нагер Веркен	30% гидроксиапатита, ксилит, 1450 ppm фторида
Миравайт	Мирадент, Нагер Веркен	5,5% кальций-натрий-фосфо-силикат (биостекло 45S5, размер частиц <90 / μm)
Сенсодин Рэпид Релиф	ГлаксоСмитКляйн	8% ацетата стронция и 1040ppm NaF

второй – красный. Микрофотографии были наложены друг на друга и просматривались в анаглифных 3Д очках.

Сканирующая электронная микроскопия/ энергодиспрегированное рентгенисследование

Вторая половина всех образцов была помещена в пластиковые формы с наружным диаметром 32 мм, при этом поверхность со срезом обращена ко дну формы. После этого формы были заполнены пластмассой ЭпоСин (Буеллер, Лейк Блафф, ИЛ, США, партия № 20-8140-032). Впоследствии подготовленные образцы полимеризовались в вакуумном осушителе в течение 24 часов. Поверхность каждого блока была срезана плоскими карборундовыми дисками с водным охлаждением (320, 600, 1200 зернистости; Буеллер) и отполирована алмазной полировочной бумагой (3М ТМ Полировочная бумага 1 микрон 8000 зернистости светло-зеленого цвета; 3М Дентал Продьюктс, Ст. Пол. МН, США), после чего на них было нанесено углеродное покрытие (модель С105, Эдвардс К°, Великобритания).

Подготовленные образцы анализировались холоднокатодной FEG-SEM (Хитачи СУ 8030) в обратно рассеяном электронном режиме (SEM-BEI). Эксперимент проводился с номинальным увеличением в 1000 крат и 15 кВ ускоряющим напряжением.

Качественный энергодисперсионный рентгеноспектральный микроанализ (ЭРСМА) проводился при помощи системы Термо Норан (Термо Саинтифик, Рокфорд, ИЛ, США) НСС 7 с ультрасухим детектором (с полем площадью 30 кв. мм), путем сбора рентгеновских лучей, проходящих по срезу линии, которая идет от пластмассы к эмали, для определения распространения элементов, а также их отложений на поверхности эмали в случае их наличия.

После этого проводился полуколичественный анализ точки ЭРСМА на искусственно деминерализированной поверхности эмали для определения элементарного количества (%) натрия (Na), магния (Mg), алюминия (Al), фосфора (P) и кальция (Ca). Для каждого образца в случайном порядке были выбраны десять точек и подсчитаны средние значения.

Статистическое исследование проводилось путем одностороннего дисперсионного анализа (ANOVA – analysis of variations). При обнаружении значительных статистических отличий (уровень значимости $p < 0,05$) проводился тест Тьюки аддитивности.

Результаты

Микрофотографии FEG SEM, собранные из всех тестируемых групп (фото 1-3), показали различные уровни деминерализации эмали с убылью межпризматического вещества и порами как вид эмали после протравки. Искусственно деминерализированная эмаль после обработки пастой Мирасенситив Гэп+ (фото 1) выглядела пористой, с наличием отложений на

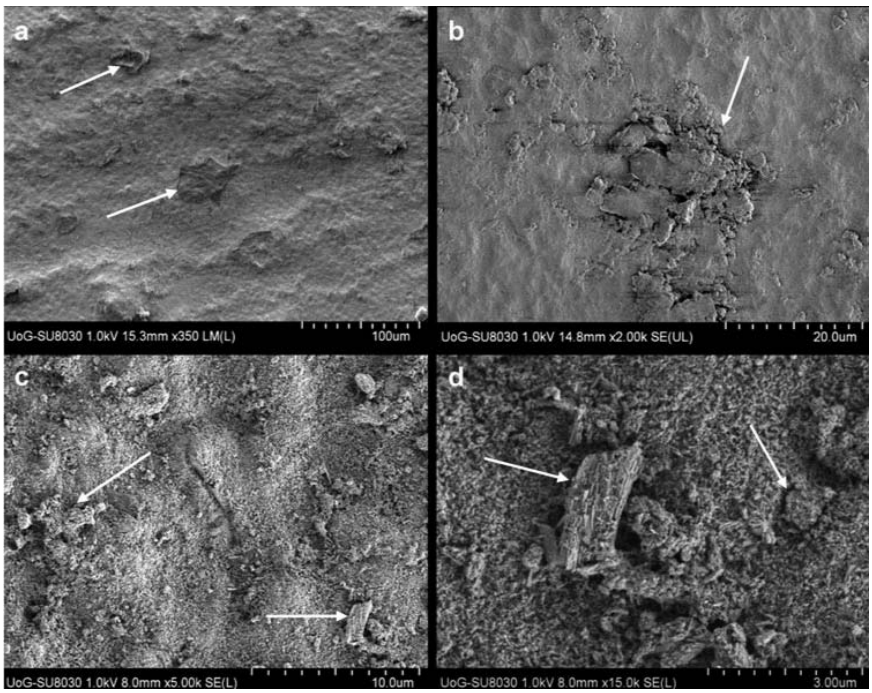


Фото 1. Искусственно деминерализированная эмаль после воздействия на нее пастой Мирасенситив Гэп+: пористая эмаль, отложения на поверхности заполняют ее неровности, убыль межпризматического вещества (стрелками показаны поверхностные отложения).

поверхности эмали, которые заполняли ее неровности. Также наблюдалась убыль межпризматического вещества. После воздействия пасты Миравайт ТиСи (фото 2) на искусственно деминерализированную эмаль на ее поверхности появились отложения биоактивного стекла, прочно прикрепленного к ней. Эти отложения также заполняли видимые неровности на поверхности эмали. После использования пасты Сенсодин Рэпид Релиф (фото 3) искусственно деминерализированная эмаль в большей степени осталась деминерализированной без признаков реминерализации и с незначительными отложениями.

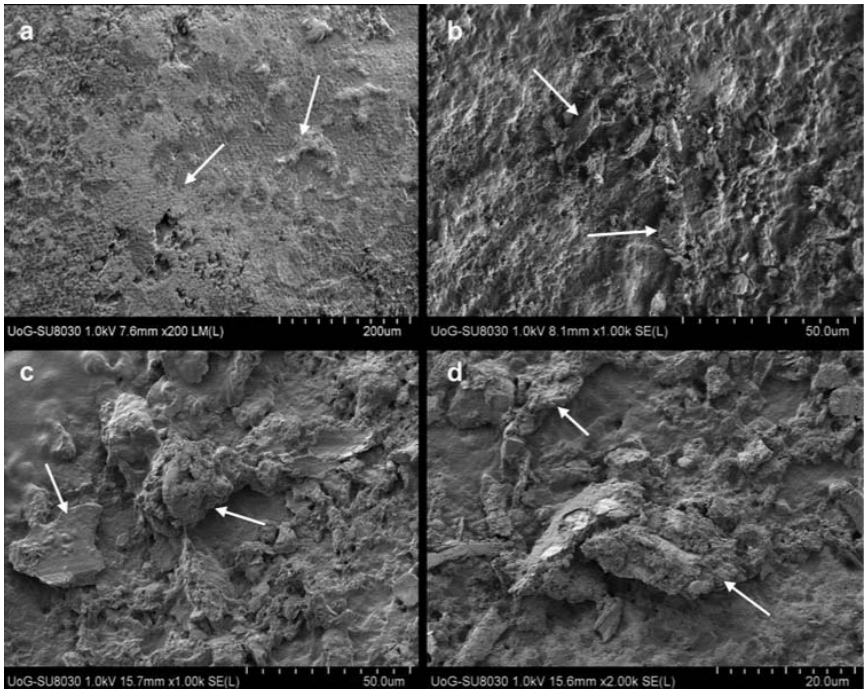


Фото 2. Искусственно деминерализированная эмаль после воздействия на нее пастой Миравайт ТиСи: отложения биоактивного стекла, заполняющие неровности поверхности эмали, и отдельные частицы стекла, прочно прикрепленные к поверхности эмали (стрелками показаны поверхностные отложения).

Трехмерная стереофотография (анаглиф) искусственно деминерализированной эмали (фото 4) дает более понятное отображение поверхности эмали после использования реминерализирующих зубных паст. На фото 4 а показан эффект использования пасты Мирасенситив Гэп+. Четко заметно одиночное отложение на поверхности деминерализированной эмали. Фото 4 б отображает эффект пасты Миравайт ТиСи, где нет признаков деминерализации эмали, но вся ее поверхность покрыта отложениями биоактивного стекла. Наконец, фото 4 в показывает результат воздействия пасты Сенсодин Рэпид Релиф, при котором поверхность эмали осталась деминерализированной без каких-либо признаков реминерализации.

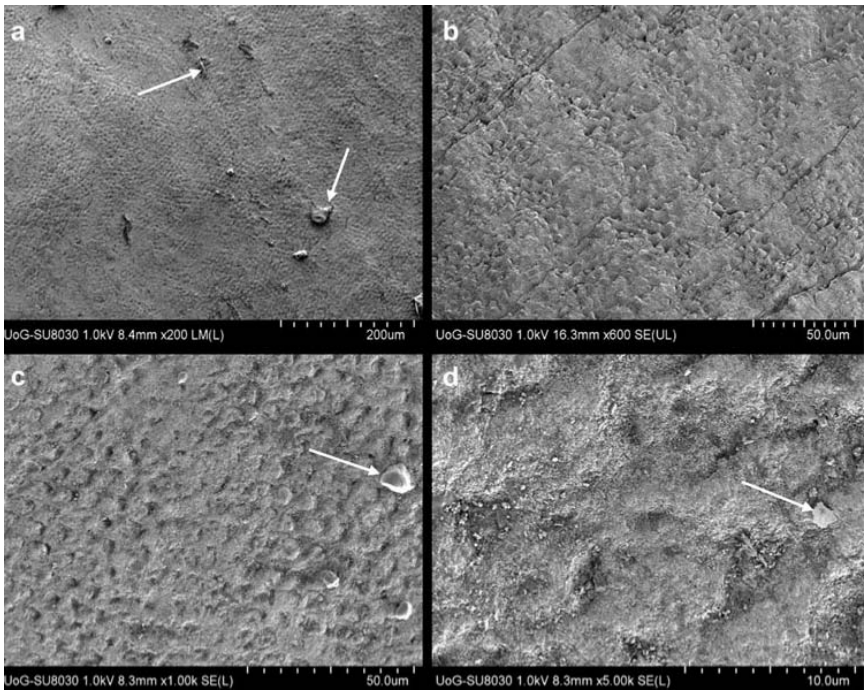


Фото 3. Искусственно деминерализированная эмаль после обработки пастой Сенсодин Рэпид Релиф: в большей степени деминерализированная эмаль без признаков реминерализации и только несколько небольших отложений (стрелками показаны поверхностные отложения).

СЭМ микрофотографии полированных продольных срезов отображают защитный слой на поверхности образцов, обработанных пастами Мирасенситив Гэп+ и Миравайт ТиСи (рис. 5 а, 6 а), образовавшийся за счет поверхностных отложений. Защитный слой отсутствует в образце, который подвергался воздействию пасты Сенсодин Рэпид Релиф (рис. 7 а).

Качественный анализ сбора рентгеновских лучей показал, что различные зубные пасты имеют разное воздействие на составляющие деминерализированной эмали. Мирасенситив Гэп+ (рис. 5) показал незначительное снижение уровня Ca и P в поверхности эмали, в связи с чем отложения состояли из Ca и P. Миравайт ТиСи показала небольшое снижение уровня Ca и P в поверхности эмали, а отложения являлись сложными структурами, состоящими из Ca, P, F (фтор),

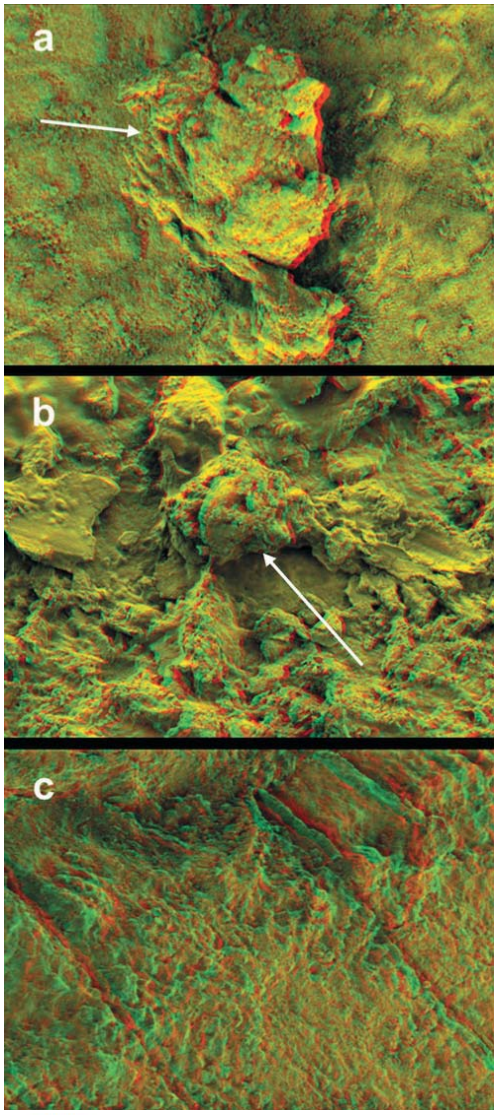


Фото 4. 3D стереомикрофотография (анаглиф) искусственно деминерализированной эмали после воздействия на нее пастой:
A) Мирасенситив Гэп+ – отдельное отложение на поверхности деминерализированной эмали, глубина поля 42 нм.
B) Миравайт ТиСи – отсутствие деминерализации эмали, вся эмаль покрыта отложениями биоактивного стекла, глубина поля 127 нм.
C) Сенсодин Рэпид Релиф – деминерализированная эмаль без реминерализации, глубина поля 160 нм (стрелками показаны поверхностные отложения).

Mg, Al, Si (силиций), P, Cl (хлор), Ca, Cu (медь) и Zn (цинк). Вдобавок также было отмечено увеличение уровня Cu, Zn и F в поверхности эмали. И наконец, Сенсодин Рэпид Релиф (рис. 6) показал снижение уровня Ca и P в поверхности эмали. Отложения также не были обнаружены.

Полуколичественный точечный анализ ЭРСМА (табл. 3) подтвердил результаты предыдущих исследований. А именно, было определено значительное статистическое повышение уровней Na и Mg в образцах, обработанных пастой Сенсодин Рэпид Релиф, и значительное повышение уровня Ca после воздействия пасты Миравайт ТиСи. Уровень фосфатов был более высокий при использовании пасты Мирасенситив Гэп+ по сравнению с пастой Миравайт ТиСи.

Реминерализация — это процесс медленной преципитации минеральных компонентов к твердым тканям зуба (Воленвейдер и соавт., 2007). Было доказано, что несколько индивидуальных факторов могут оказывать влияние на реминерализацию, среди них активность и глубина поражения, особенности питания, активность слюны, стратегии удаления налета и использование фтора. Эти факторы формируют натуральный процесс борьбы с развитием поражения, что в свою очередь может направить баланс в сторону реминерализации (Хью и соавт., 2009, Петерс, 2010). Морфологическое строение деминерализированной эмали было охарактеризовано ранее (Гджоргиевска и соавт., 2009), она состоит из тонких неровных эмалевых стержней без четких границ и широких межстержневых зон. Настоящее исследование направлено на использование потенциально реминерализирующих зубных паст.

Различные зубные пасты с гидроксиаппатитами оказывают похожее влияние на реминерализационные возможности эмалевых и дентинных подповерхностных поражений (Тщоппе и соавт., 2011). Наблюдения за эмалью после использования паст с гидроксиаппатитом показали, что частицы гидроксиаппатита вступают в реакцию с поверхностью эмали, повышая концентрацию ионов Ca и P, в результате чего

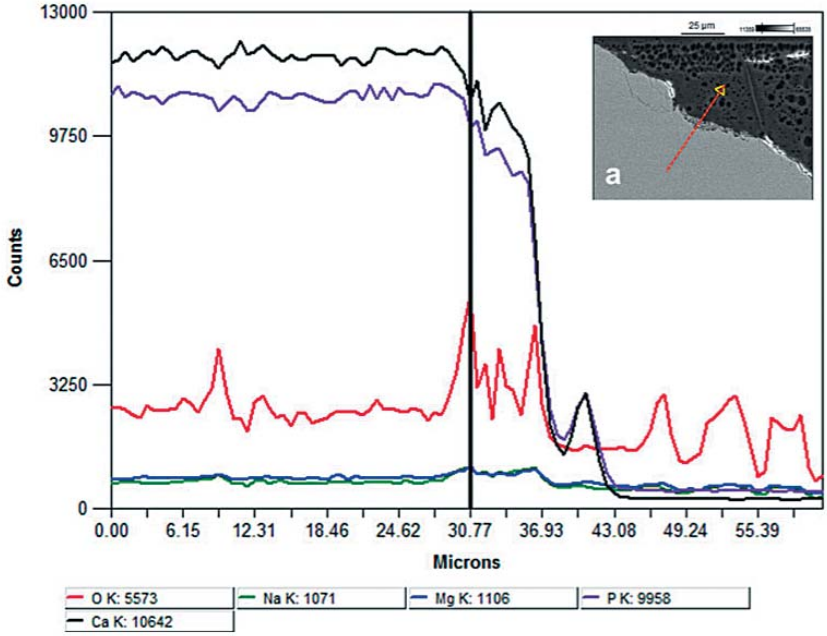


Рис. 5. Рентгенисследование искусственно деминерализированной эмали после воздействия на нее пастой Мирасенситив Гэп+ (через деминерализированную эмаль и отложения, до пластмассы, использованной для моделей): небольшое повышение уровня Ca и P на поверхности эмали, наличие отложений, состоящих из Ca и P.

деминерализованная поверхность восстанавливается. Вдобавок остатки в форме отложений на поверхности могут использоваться как депо Ca и P в случае кислотных воздействий в будущем. Также следует подчеркнуть, что пасты с гидроксиаппатитами могут оказывать приличный реминерализационный эффект на начальный кариес зубов благодаря наличию частиц гидроксиаппатита, которые могут заполнить мелкие поры на деминерализированных поверхностях эмали (Джеон и соавт., 2006). В этом же исследовании (Джеон и соавт., 2006) было доказано, что добавление фтора не оказывает синергического эффекта на реминерализацию, и это согласно результатам данного исследования подтвердилось тем, что на поверхности эмали фтор обнаружен не был.

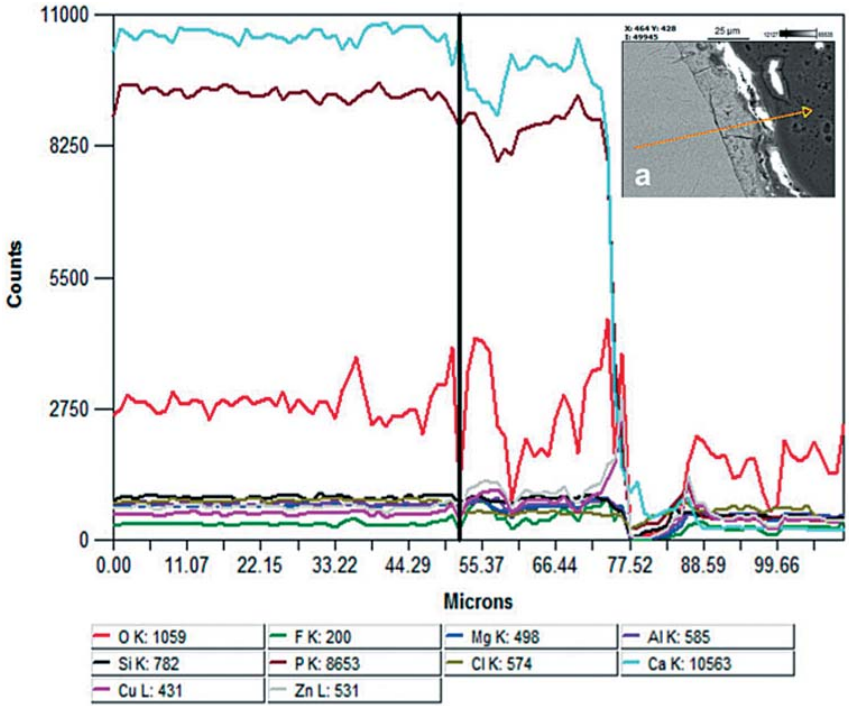


Рис. 6. Рентгенисследование искусственно деминерализированной эмали после воздействия на нее пастой Миравайт ТиСи + (через деминерализированную эмаль и отложения, до пластмассы, использованной для моделей): небольшое повышение уровня Ca и P на поверхности эмали, наличие отложений, состоящих из Ca, P, F, Mg, Al, Si, P, Cl, Ca, Cu, Zn.

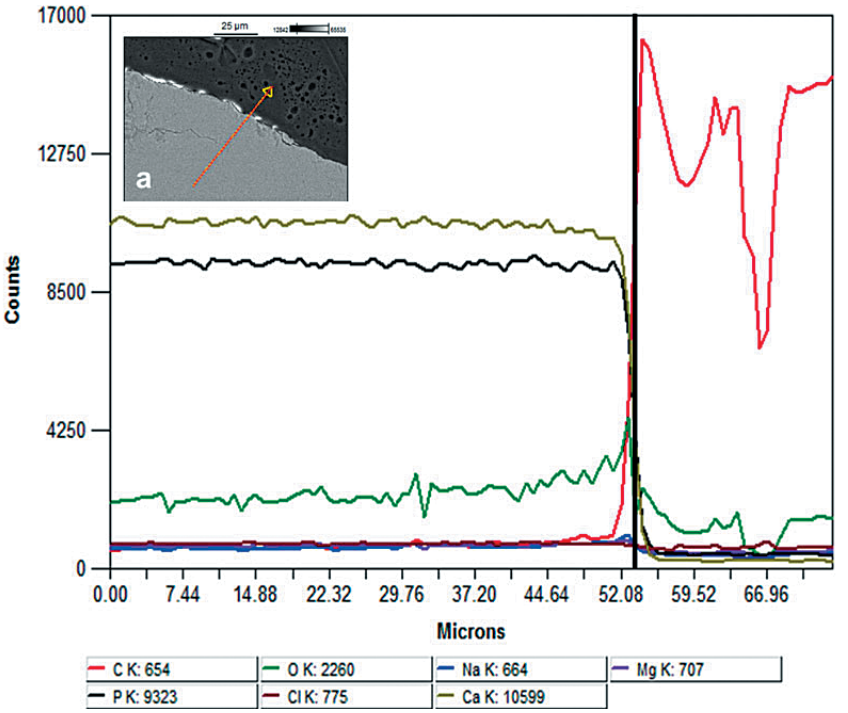


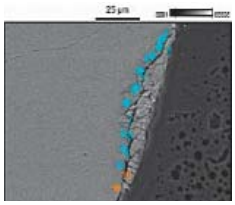
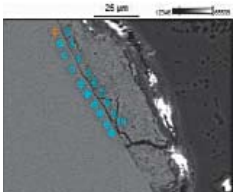
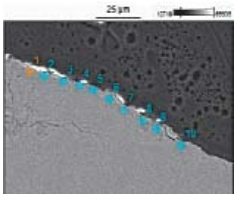
Рис. 7. Рентгенисследование искусственно деминерализированной эмали после воздействия на нее пастой Сенсодин Рэпид Релиф (через деминерализированную эмаль и отложения, до пластмассы, использованной для моделей): снижение уровня Ca и P на поверхности эмали, отсутствие поверхностных отложений.

Пасты с содержанием биоактивного стекла способны реминерализировать поврежденные поверхности эмали, что было доказано в предыдущих исследованиях (Гджоргиевска и Николсон, 2010). Биоактивность биостекла заключается в его способности вступать в реакцию с тканевыми жидкостями, вследствие чего формируется слой гидроксикарбонат аппатита (ГКА) на поверхности стекла. Когда биостекло вступает в контакт с тканевой жидкостью, происходит быстрое ощелачивание Na^+ и растворение Ca^{2+}, PO_4^{3-}, а также других видов гидратированных силикатов с поверхности стекла. На стеклянной поверхности формируется поликонденсированный слой, богатый кремнием, который формирует места кристализации для преципитации фосфата кальция, который в дальнейшем кристаллизируется в гидроксикарбонат аппатита (Генч и Андерсон, 1993).

Реминерализация эмали с помощью зубных паст, содержащих биоактивное стекло, возможна благодаря внедрению различных компонентов в структуру эмали, как показывает рентгеновское исследование. Полуколичественный анализ демонстрирует возможность всех этих паст пополнять концентрацию Ca и P в поврежденной эмали.

Также было обнаружено, что после использования паст с биоактивным стеклом эмаль

Таблица 3. Анализ растровым электронным микроскопом\электродиагностический полуколичественный точечный анализ*

Использованные зубные пасты (SEM/EDX-BE1)		Элементы (стандартное отклонение в скобках)				
		Na	Mg	Al	P	Ca
Мирасенситив Гэп +		0.256[b] (0.049)	0.055[b] (0.013)	0.037 (0.009)	28.188[a] (1.739)	54.482[b] (2.719)
Миравайт		0.213[a] (0.121)	0.042[a] (0.018)	0.0825 (0.085)	25.833[a] (3.949)	58.68[ab] (6.916)
Сенсодин Рэпид Релиф		0.332[ab] (0.094)	0.085[ab] (0.019)	0.0425 (0.005)	27.104 (2.957)	52.244[ab] (3.237)

* *Односторонний дисперсионный анализ (за которым следует тест по критерию Тьюки на проверку достоверности): статистически значимые различия отмечены одинаковыми индексами.*

выглядит, как «цветочная поляна» — благодаря преципитации новых минеральных фаз, не имеющих межпризматического вещества, в то время как эмалевые стержни остаются неизменными (Гджоргиевска и Николсон, 2011). Второй этап реминерализации — это формирование депо, которые могут выступать в качестве резервуаров для ионов для реминерализации на поврежденных участках поверхности эмали (Гджоргиевска и Николсон, 2011).

Зубные пасты с 8% содержанием ацетата стронция и 1040 ppm фтора в виде NaF с кремниевой основой обычно используются для лечения гиперчувствительности. Лабораторное исследование показало, что воздействие на образцы дентина пасты, содержащей 8% ацетата стронция, способствует закрытию дентинных канальцев и отложению в них стронция (Эрл и соавт., 2010). Однако хотя и была показана возможность пасты закупоривать дентинные канальцы, следов восстановления повреждений поверхности эмали обнаружено не было. Результаты показали, что на поверхности эмали не формировались ни депо, ни защитный слой. Вдобавок, уровни Ca и P не увеличились (тем не менее, наблюдалось небольшое повышение уровня Na и Mg).

Таким образом, ни одна гипотеза не была отвергнута из-за различий реминерализирующих потенциалов между разными зубными пастами. Пасты, содержащие гидроксиаппатит и биоактивное стекло, очень эффективны для реминерализации, в то время как пасты с 8% содержанием ацетата стронция и 1040 ppm фтора в виде NaF менее эффективны, если вообще имеют реминерализационный потенциал.

Выводы

Использование зубных паст, содержащих гидроксиаппатит или биоактивное стекло, ведет к восстановлению поврежденных тканей. На поверхности эмали формируется защитный слой с депо. Пасты, содержащие гидроксиаппатит, повышают уровень Ca и P в эмали, в то время как пасты, содержащие биоактивное стекло, повышают уровень как этих ионов, так и нескольких других (F, Mg, Al, Si, P, Cl, Ca, Cu и Zn). И напротив, использование зубных паст с 8% содержанием ацетата стронция и 1040 ppm фтора в виде NaF не приводит ни к какой видимой реминерализации.

В рамках ограничений этого лабораторного исследования можно сделать вывод, что деминерализированную эмаль можно реминерализировать при помощи зубных паст, содержащих такие реминерализирующие агенты, как биоактивное стекло или гидроксиаппатит. Дальнейшие исследования должны проводиться в условия *in vivo* с целью оценки влияния на процесс реминерализации ротовых факторов, таких как наличие слюны и зубного налета.

Список литературы в редакции