

Клиническая и экспериментальная оценка эффективности применения нового реминерализирующего геля в комплексном лечении кариеса и некариозных поражений зубов пациентов старших возрастных групп

Ю.В. Мандра¹, Е.А. Семенцова¹, С.С. Григорьев¹, В.В. Базарный¹, Л.Г. Полушина¹, С.Л. Вотяков², Д.А. Замятин², Н.С. Чебыкин², Н.М. Жегалина¹, В.С. Ларионова¹, М.Д. Маврицкая¹

¹Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Российская Федерация

²Институт геологии и геохимии имени академика А. Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Реминерализирующая терапия и фторирование – эффективный способ профилактики заболеваний твердых тканей зубов у пациентов различных возрастных групп. Состав и структура зубов пожилых людей имеют ряд особенностей, а значит, для них необходимы специальные средства для реминерализации и фторирования.

Материалы и методы. Для профилактики и лечения заболевания твердых тканей зубов у пациентов пожилого возраста разработан новый реминерализирующий гель на основе смеси тетра- и диметилглицеролатов кремния. Клиническая оценка его эффективности проводилась путем определения значений теста эмалевой резистентности (ТЭР) и электроодонтодиагностики (ЭОД) до и после курса применения. Лабораторное исследование включало оценку уровня фосфора, кальция и индекса Са/Р в ротовой жидкости при помощи реагентов Mindray. Экспериментальное исследование шлифов зубов, обработанных различными реминерализирующими средствами, было проведено на сканирующем электронном микроскопе Tescan MIRA LMS, оснащенном ЭДС приставкой Oxford Instruments EDS X-max80 с целью оценки химического состава и характера поверхности.

Результаты. Клиническая эффективность нового геля подтверждена уменьшением показателей ТЭР и ЭОД после курса его применения. Повышение кальций-фосфорного коэффициента в ротовой жидкости свидетельствует о реминерализирующих свойствах геля. В экспериментальном исследовании отмечалось максимальное содержание фтора в шлифах зубов после применения нового геля, что подтверждает его проникновение в твердые ткани зубов.

Заключение. Новый гель на основе смеси глицеролатов кремния обладает большей эффективностью у пожилых пациентов в сравнении с иными средствами, что связано с высокими проводящими свойствами его основы.

Ключевые слова: реминерализация, фторирование зубов, пожилой возраст.

Для цитирования: Мандра ЮВ, Семенцова ЕА, Григорьев СС, Базарный ВВ, Полушина ЛГ, Вотяков СЛ, Замятин ДА, Чебыкин НС, Жегалина НМ, Ларионова ВС, Маврицкая МД. Клиническая и экспериментальная оценка эффективности применения нового реминерализирующего геля в комплексном лечении кариеса и некариозных поражений зубов пациентов старших возрастных групп. *Стоматология детского возраста и профилактика*. 2024;24(3):220-229. DOI: 10.33925/1683-3031-2024-818.

Clinical and experimental evaluation of the efficacy of a new remineralizing gel in the comprehensive treatment of caries and non-carious lesions in elderly patients

J.V. Mandra¹, E.A. Sementsova¹, S.S. Grigoriev¹, V.V. Bazarnyi¹, L.G. Polushina¹, S.L. Votyakov², D.A. Zamyatin², N.S. Chebykin², N.M. Zhegalina¹, V.S. Larionova¹, M.D. Mavritskaya¹

¹Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

²Institute of Geology and Geochemistry named after Academician A.N. Zavaritsky, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

ABSTRACT

Relevance. Remineralization therapy and fluoridation are well-established methods for preventing hard tissue diseases of the teeth across various age groups. Given the unique composition and structure of teeth in the elderly, there is a need for specialized remineralization and fluoridation agents tailored to this demographic.

Materials and methods. A new remineralizing gel, formulated from a mixture of tetra- and dimethylglycerolates of silicon, was developed specifically for the prevention and treatment of hard tissue diseases in elderly patients. The clinical efficacy of this gel was assessed using enamel resistance test (ERT) values and electroodontodiagnos-tics (EOD) both before and after treatment. Laboratory analyses included the evaluation of phosphorus, calcium, and the Ca/P ratio in saliva using Mindray reagents. An experimental study on tooth sections treated with various remineralizing agents was conducted using a Tescan MIRA LMS scanning electron microscope, equipped with an Oxford Instruments EDS X-max80 attachment, to determine the chemical composition and surface characteristics.

Results. The clinical application of the new gel resulted in significant reductions in ERT and EOD values, indicating its effectiveness. An increase in the calcium-phosphorus ratio in saliva further demonstrated the gel's remineralizing properties. The experimental study revealed the highest fluoride uptake in tooth sections treated with the new gel, confirming its penetration into the hard tissues of the teeth.

Conclusion. The new gel, based on a silicon glycerolate mixture, demonstrated superior efficacy in elderly patients compared to other remineralizing agents, which is attributed to the high conductive properties of its base.

Keywords: remineralization, tooth fluoridation, elderly patients

For citation: Mandra JV, Sementsova EA, Grigoriev SS, Bazarnyi VV, Polushina LG, Votyakov SL, Zamyatin DA, Chebykin NS, Zhegalina NM, Larionova VS, Mavritskaya MD. Clinical and experimental evaluation of the efficacy of a new remineralizing gel in the comprehensive treatment of caries and non-carious lesions in elderly patients. *Pediatric dentistry and dental prophylaxis*. 2024;24(3):220-229 (In Russ.). DOI: 10.33925/1683-3031-2024-818.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Вопросы профилактики и лечения различных заболеваний твердых тканей зубов не утрачивают свою актуальность и в настоящее время. Традиционно наибольшее внимание уделяется проблеме кариеса зубов у детей, пациентов молодого и среднего возраста (dental caries, DA08.0, ICD-11, 2019). Вместе с этим клинические наблюдения показывают, что кариес зубов развивается не только у данных возрастных групп. Риск развития кариеса зубов сохраняется и у пациентов пожилого и старческого возраста. Важно отметить, что кариес зубов у пожилых пациентов протекает на фоне воспалительных заболеваний пародонта и приобретает свои специфические черты. Появляются такие его формы, как кариес корня и др.

С увеличением возраста у пациентов стоматологического профиля развиваются некариозные возраст-ассоциированные поражения твердых тканей зубов: повышенная стираемость (attrition of teeth, DA08.10), клиновидные дефекты (abrasion of teeth, DA08.11), абфракционные дефекты (abfraction, DA08.13) и др. Зачастую они также ассоциированы с хроническим генерализованным пародонтитом легкой и средней степени, сопряженным с окклюзионной травмой.

Описанные клинические особенности течения заболеваний твердых тканей зубов обусловлены морфоструктурными особенностями эмали и дентина, формирующимися с возрастом. В научной литературе описан ряд таких признаков, касающихся химического состава и морфологической структуры эмали и дентина [1, 2].

По данным литературы, с увеличением возраста изменяется ионный состав кристаллической ре-

шетки гидроксиапатита эмали. Поверхность эмали становится аморфной, утрачивается организация эмалевых призм. С одной стороны, повышенная минерализация эмали приводит к устойчивости к кариесу в поверхностном слое, повышению микротвердости эмали. С другой стороны, эмаль становится более хрупкой, с уплощенным рельефом, снижается ее износостойкость. Эмаль тускнеет, темнеет, появляются трещины, стирание [1, 2]. Описанные морфоструктурные возрастные особенности эмали приводят к тому, что при стоматологических манипуляциях эмаль становится менее восприимчивой к кислотному травлению, а значит, уменьшается и ее способность к микроретенции и адгезии [3].

Дентин зубов также приобретает ряд особенностей с увеличением возраста человека. Изменяется его химический состав: повышается доля микропримесных элементов (B, Ba, Co, K, Mg, S, Sr, V, Zn), увеличивается коэффициент Ca/P, появляются дефекты кристаллической решетки гидроксиапатита кальция. Уменьшается доля белкового матрикса и органики. В структуре дентина наблюдается сужение просвета и обтурация дентинных канальцев за счет отложения минеральных веществ в них. Уменьшается количество дентинных канальцев от центра к периферии. Происходит образование вторичного и третичного дентина. Все эти изменения клинически выражаются в снижении устойчивости дентина к переломам. Дентин становится хрупким, с низкой эластичностью и прочностью, а цвет его – более темным [1, 2]. С одной стороны, дентин пожилых пациентов становится менее чувствительным. С другой стороны, сила адгезии композиционных материалов к дентину уменьшается в связи с облитерацией дентинных канальцев [3].

Известно, что ряд заболеваний твердых тканей зубов можно эффективно профилактировать на ранних стадиях путем нанесения реминерализующих гелей, фтористых лаков и пр. [4-7]. Вероятность исчезновения микродефекта в эмали определяется сохранностью белковой матрицы, размером и степенью де- и дисминерализации, составом и свойствами ротовой жидкости. При профилактике и лечении ранних форм заболеваний твердых тканей зубов у пожилых пациентов важно учитывать отмеченные выше особенности их эмали и дентина, наличие симптомов сопутствующих заболеваний пародонта (обнажение шеек зубов, гиперестезия зубов и др.). Исходя из этого, грамотное проведение реминерализующей терапии и фторирования могут быть эффективными для лечения ранних форм кариеса зубов и некариозных поражений у пациентов старших возрастных групп.

На рынке средств гигиены полости рта доступен ряд препаратов для реминерализующей терапии и фторирования. Все они предназначены преимущественно для детей и пациентов молодого возраста. Таким образом, актуальной задачей являлась разработка состава стоматологического геля для реминерализации и фторирования твердых тканей зубов, обеспечивающего более высокий проникающий эффект в дисминерализованные твердые ткани зубов пациентов пожилого возраста.

В опубликованных ранее работах было установлено, что повышение проникающего и лечебного эффекта реминерализующих средств может быть достигнуто при использовании в качестве гидрофильной основы тетраглицеролата кремния в глицерине состава $\text{Si}(\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3)_4 \cdot 6\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ (патент RU 2255939). Дальнейшие исследования показали, что добавление диметилдиглицеролата кремния в глицерине состава $(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3)_2 \cdot 0,25\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ (патент RU 2470640), обладающего повышенной проникающей способностью в ткани, способствует еще более эффективно проникновению биологически активных веществ. Указанные компоненты основы нетоксичны [8, 9].

Поставленная задача по созданию реминерализующего средства для пациентов старших возрастных групп решена в предлагаемом составе стоматологического геля, содержащего в качестве проводящей гидрофильной основы смесь тетра- и диметилглицеролатов кремния, в качестве действующих компонентов – гидроксипатит кальция, фторид натрия, а также ксанта-



Рис. 1. Пациентка Г., 72 года. КПУ = 21. Индекс Смита Найта = 2. Повышенная стираемость зубов. Хронический генерализованный пародонтит. Частичная потеря зубов

Fig. 1. Patient G., 72 years old. DMFT = 21. Smith-Knight Index = 2. Increased tooth wear. Chronic periodontitis. Partial tooth loss

новую камедь (патент RU 2799030). Реминерализующий гель изготовлен в ФГБУН Институт органического синтеза УрО РАН имени И. Я. Постовского (академик РАН О. Н. Чупахин, д.х.н., с.н.с. Т. Г. Хонина).

Цель исследования – клиническая и экспериментальная оценка эффективности применения нового реминерализующего геля для лечения заболеваний твердых тканей зубов у пациентов пожилого возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Клиническое исследование эффективности нового реминерализующего геля проведено в Стоматологической клинике ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России в период с 2022 по 2023 гг. Перед исследованием было получено разрешение Локального этического комитета ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России от 19 марта 2021 г. Исследование было открытым рандомизированным (метод случайной выборки) сравнительным клинико-экспериментальным одноцентровым проспективным. В исследовании приняло участие 50 пациентов пожилого (60-74 года) возраста (классификация возраста ВОЗ, 2002). Соотношение по полу мужчины/женщины составило 1:1,5. Пациенты, включенные в исследование, имели следующие заболевания твердых тканей зубов: кариес зубов, повышенная стираемость зубов, клиновидные дефекты, абфракционные дефекты. У всех обследованных пациентов пожилого возраста был выявлен хронический генерализованный пародонтит легкой и средней степени в стадии ремиссии (рис. 1, 2).



Рис. 2. Пациентка Д., 62 года. КПУ = 20. Индекс Смита-Найта = 2. Повышенная стираемость зубов. Кариес зубов. Хронический генерализованный пародонтит. Частичная потеря зубов

Fig. 2. Patient D., 62 years old. DMFT = 20. Smith-Knight index = 2. Increased tooth wear. Dental caries. Chronic periodontitis. Partial tooth loss

Таблица 1. Индекс стираемости Смита – Найта

Table 1. Smith – Knight tooth wear index

Балл / Score	Поверхность / Surface	Критерий / Criteria
0	B/L/O/I	Нет стирания эмали ни с одной поверхности зуба No loss of enamel surface characteristics
	C	Изменений анатомической формы нет No loss of contour
1	B/L/O/I	Стирание эмали с любой поверхности, обнажения дентина нет Loss of enamel surface characteristics
	C	Минимальное изменение анатомической формы Minimal loss of contour
2	B/L/O	Стирание эмали до дентина с обнажением 1/3 поверхности Loss of enamel exposing dentine for less than one third of surface
	I	Стирание эмали, начальное поражение дентина Loss of enamel just exposing dentine
	C	Дефект до 1 мм глубиной Defect less than 1 mm deep
3	B/L/O	Стирание эмали с повреждением более 1/3 поверхности дентина Loss of enamel exposing dentine for more than one third of surface
	I	Стирание эмали, существенное поражение дентина Loss of enamel and substantial loss of dentine
	C	Дефект 1-2 мм глубиной Defect less than 1 – 2 mm deep
4	B/L/O	Прогрессирующая потеря эмали, обнажение заместительного дентина и пульпы Complete enamel loss–pulp exposure–secondary dentine exposure
	I	Обнажение заместительного дентина и пульпы Pulp exposure or exposure of secondary dentine
	C	Дефект более 2 мм глубиной Defect more than 2 mm deep–pulp exposure–secondary dentine exposure

Для проведения клинического исследования пациенты были разделены на четыре группы:

- исследуемая группа 1 – с применением нового реминерализующего геля (на основе тетра- и диметилглицеролата кремния в глицерине) – 15 пациентов (6 мужчин и 9 женщин);
- исследуемая группа 2 – с применением ранее известного реминерализующего геля (на основе тетраглицеролата кремния в глицерине) – 15 пациентов (5 мужчин и 10 женщин);
- исследуемая группа 3 – с применением геля R.O.C.S. Medical Minerals – 10 пациентов (4 мужчины и 6 женщин);
- группа сравнения – без применения каких-либо реминерализующих средств – 10 пациентов (4 мужчины и 6 женщин).

Для объективной оценки состояния твердых тканей зубов использовались индекс интенсивности кариеса зубов (КПУ(з)), индекс стираемости Смита – Найта, для оценки кислотоустойчивости эмали – ТЭР-тест, для оценки проводящих свойств твердых тканей зубов и реактивности пульпы – ЭОД.

Индекс интенсивности кариеса зубов (КПУ (з)) оценивался как сумма кариозных, пломбированных и удаленных зубов у одного пациента.

Индекс стираемости Смита – Найта (1984) определяли в соответствии со следующими критериями (табл. 1).

Тест эмалевой резистентности

Для определения кислотоустойчивости эмали зубов использовали ТЭР-тест. Предварительно очищали вестибулярную поверхность одного из центральных резцов, затем зуб высушивали и изолировали от ротовой жидкости. В центр вестибулярной поверхности зуба наносили каплю 1% раствора HCl диаметром 1,5-2 мм, через 5 секунд смывали, поверхность зуба высушивали. Затем на участок протравленной эмали наносили одну каплю раствора 1% метиленового синего, краситель сразу удаляли сухим ватным тампоном.

Оценку кислотоустойчивости эмали проводили путем сопоставления цвета тканей зуба со шкалой по интенсивности окраски в баллах от 1 до 10 (от бледно-голубого до темно-синего).

Интерпретацию результатов проводили в соответствии со следующими критериями:

- 1-3 балла – высокая кислотоустойчивость эмали,
- 4-5 баллов – умеренная кислотоустойчивость эмали,
- 6-7 баллов – низкая кислотоустойчивость эмали,
- более 7 баллов – очень низкая кислотоустойчивость эмали.

Электроодонтодиагностика проводилась с помощью аппарата ЭОТ 1.1 (НПК «Аверон», Россия). Исследуемый зуб изолировали от ротовой жидкости, высушивали. Активный электрод располагали на чувствительных точках зуба (места наименьшего сопротивления твердых тканей зуба электрическому току на пути к пульповой камере: середина режущего края у резцов, щечные бугры премоляров, медиальные щечные бугры моляров). Пассивный электрод фиксировали за губу или щеку с противоположной стороны. Полученные результаты сравнивали как с абсолютными величинами, так и с относительными (на интактных зубах, зубах с противоположной стороны). При измерениях ориентировались на показания, получаемые с интактных зубов, в 2–6 мкА.

Пациентам, включенным в исследование, была проведена профессиональная гигиена полости рта, назначены одинаковые средства и методы индивидуальной гигиены полости рта. После этого пациентам исследуемых групп 1–3 были даны рекомендации по ежедневному домашнему использованию реминерализующих средств два раза в день после чистки зубов в течение одного месяца.

Лабораторное исследование проведено в Центральной научно-исследовательской лаборатории ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России (д.м.н., проф.

Базарный В. В., к.м.н. Полушина Л. Г.). Оно включало оценку параметров ротовой жидкости пациентов до и после курсового использования различных реминерализующих средств [10, 11].

Для исследования ротовой жидкости у пациентов получали нестимулированную ротовую жидкость в течение 5 минут не ранее, чем через 2 часа после приема пищи и полоскания полости рта. Ротовую жидкость собирали в пробирки Эппендорф, оценивали ее объем и хранили при температуре минус 40 °С. Перед лабораторным исследованием биологический материал размораживали и центрифугировали в течение 10 минут при скорости 1500 об/мин на лабораторной центрифуге ЦЛМН-Р10-01 «Электрон». В ротовой жидкости исследовали биохимические показатели, отражающие кальций-фосфорный обмен (фосфор, кальций, индекс Ca/P), при помощи реагентов Mindray.

Экспериментальное исследование эффективности реминерализующих средств проведено в ФГБУН Институт геологии и геохимии имени академика А. Н. Заварицкого УрО РАН в 2024 г. (к.г.-м.н. Замятин Д. А., Чебыкин Н. С.). Материалом для проведения экспериментального исследования послужили зубы, удаленные у пациентов молодого, среднего и пожилого возраста. У пациентов молодого и среднего возраста зубы были удалены по ортодонтическим по-

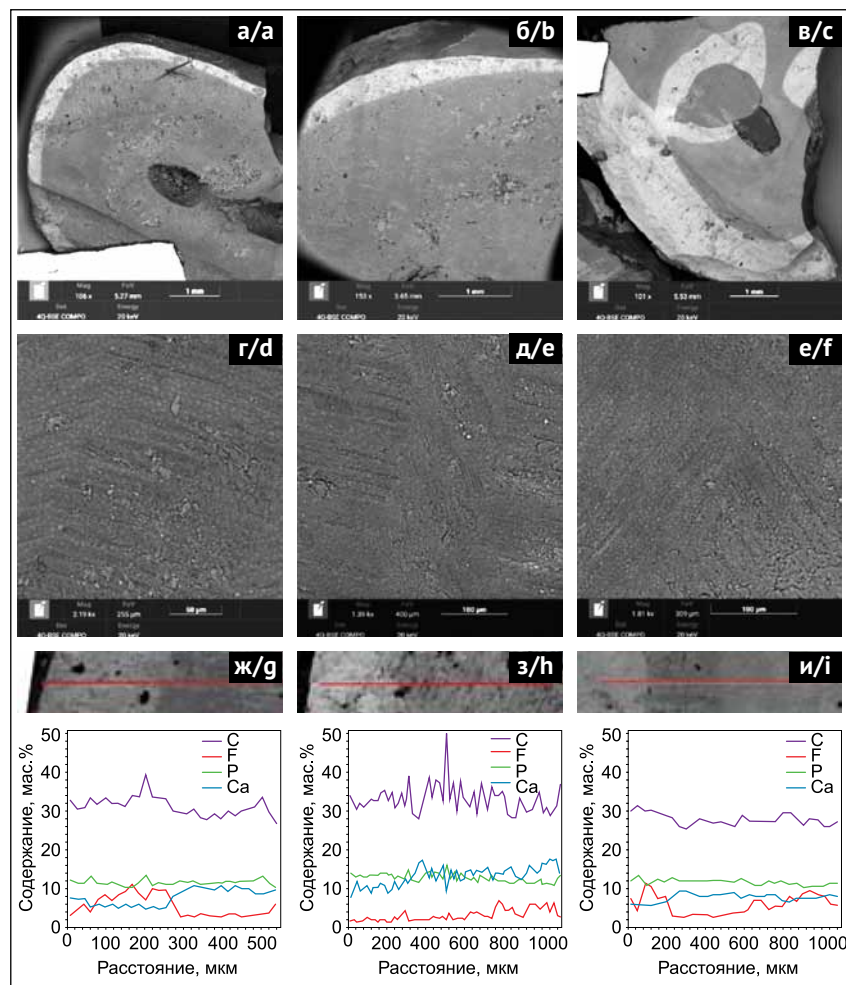


Рис. 3.

Фрагменты шлифов (а-в), внутреннее строение (г-е) и профили распределения элементов (ж-и) в зубах пациентов разных возрастных групп: молодых (а, г, ж), средних (б, д, з) и пожилых (в, е, и) после применения нового реминерализующего геля

Fig. 3.

Fragments of slides (a-c), internal structure (d-f) element distribution profiles (g-i) in teeth of patients of different age groups: young (a, d, g), middle-aged (b, e, h) and elderly (c, f, i) after application of a new remineralizing gel

казаниям, у пациентов пожилого возраста – в связи с заболеванием пародонта. Групповая принадлежность зубов – моляры и премоляры верхней и нижней челюсти. Из данных зубов механической пилой были изготовлены срезы зубов – шлифы (рис. 3). Шлифы зубов были погружены на один месяц в исследуемые составы, после чего были извлечены, вымочены в спирте и механически вычищены мягкой щеткой. С целью оценки поверхности шлифов (наличие конгломератов исследуемых средств, трещин и пр.), а также определения химического состава было проведено исследование на сканирующем электронном микроскопе Tescan MIRA LMS, оснащенный ЭДС приставкой Oxford Instruments EDS X-max80 [12]. Проведены локальные измерения химического состава, а также выполнено профилирование с целью изучения распределения элементов. Условия измерения: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток пучка электронов 0,8 нА, рабочее расстояние WD 15 мм, время выдержки на точку 30 секунд (для локальных анализов) и 3 секунды (для профиля). Предварительно была проведена оптимизация калибровок на стандарте металлического кобальта. Погрешность измерения фтора составляет 0,5-0,9 мас.%. Содержания нормированы на 100%.

Статистическая обработка результатов

Статистическая обработка результатов исследования проводилась на основании принципов вариационной статистики. С помощью критерия Колмогорова – Смирнова установили, что выборки имеют неправильное распределение. По этой причине для статистической обработки использовались непараметрические критерии. Результаты проведенных исследований сравнивались при помощи критерия Манна – Уитни. Полученные данные были представлены как медиана (Me), 25-й; 75-й квартиль (Q1; Q3). Достоверность различий между группами оценивали по величине критерия Манна – Уитни.

Результаты клинического исследования

Результаты клинической оценки состояния твердых тканей зубов до и после применения реминерализующих средств представлены в таблице 2.

Индекс интенсивности кариеса зубов КПУ(з) и индекс Смита – Найта не изменялись после применения реминерализующих средств, так как подразумевают наличие необратимых повреждений твердых тканей зубов кариозного и некариозного происхождения.

Полученные результаты ТЭР и ЭОД свидетельствуют об увеличении кислотоустойчивости эмали зубов и об уменьшении электропроводности твердых тканей зубов после применения реминерализующих средств, что свидетельствует о повышении устойчивости к кариесу и некариозным поражениям. Наилучший результат был получен в исследуемой группе 1, что может быть объяснено наиболее высокими проводящими свойствами смеси диметил- и тетраглицеролатов кремния.

Результаты лабораторного исследования

Проведенное исследование показателей ротовой жидкости показало увеличение кальция-фосфорного коэффициента после курса применения всех реминерализующих средств, что подтверждает их способность восстанавливать минеральный состав твердых тканей зубов (табл. 3). Вместе с этим наибольшее увеличение коэффициента Ca/P наблюдалось после применения нового реминерализующего геля.

Результаты экспериментального исследования

Ранее известный реминерализующий гель

В результате экспериментального исследования было выявлено, что значения накопленного фтора при использовании ранее известного реминерализующего геля (на основе тетраглицеролатов кремния) выше в зубах, полученных от пациентов молодого и среднего возраста, нежели от пожилого. Данную закономерность можно объяснить более вы-

Таблица 2. Результаты клинической оценки эффективности реминерализующих средств

Table 2. Clinical evaluation of the efficacy of remineralizing agents

Показатели Me (Q1; Q3)	Исследуемая группа 1 Новый реминерализующий гель (тетра- и диметил- глицеролаты кремния) Group 1 New remineralizing gel (tetra- and dimethylglycerolates of silicon)		Исследуемая группа 2 Ранее известный реминерализующий гель (тетра-глицеролаты кремния) Group 2 Established remineralizing gel (tetra-glycerolates of silicon)		Исследуемая группа 3 R.O.C.S. Medical Minerals Group 3 R.O.C.S. Medical Minerals		Группа сравнения Без применения Control Group No treatment
	До Before	После After	До Before	После After	До Before	После After	
КПУ / DMFT	18 (15; 24)		17 (14; 23)		17 (15; 25)		18 (16; 22)
Индекс Смита – Найта Smith-Knight Index	2 (2; 3)		2 (2; 3)		2 (2; 3)		2 (2; 3)
ТЭР / ERT	5 (4; 7)	3 (2; 4)	5 (3; 7)	3 (3; 5)	5 (4; 7)	4 (3; 4)	5 (4; 7)
ЭОД, мкА / EOD, μ A	8 (6; 10)	2 (2; 5)	8 (6; 9)	3 (2; 6)	8 (5; 10)	3 (2; 7)	7 (5; 9)

Таблица 3. Результаты оценки показателей ротовой жидкости, отражающих кальций-фосфорный обмен, у пациентов до и после применения реминерализирующих средств

Table 3. Results of oral fluid analysis reflecting calcium-phosphorus metabolism, in patients before and after treatment with remineralizing agents

Показатели Me (Q1; Q3)	Исследуемая группа 1 Новый реминерализирующий гель (тетра- и диметил- глицеролаты кремния) Group 1 New remineralizing gel (tetra- and dimethylglycerolates of silicon)		Исследуемая группа 2 Ранее известный реминерализирующий гель (тетра-глицеролаты кремния) Group 2 Established remineralizing gel (tetra-glycerolates of silicon)		Исследуемая группа 3 R.O.C.S. Medical Minerals Group 3 R.O.C.S. Medical Minerals		Группа сравнения Без применения Control Group No treatment
	До / Before	После / After	До / Before	После / After	До / Before	После / After	
Ca	0,39 (0,35; 0,57)	0,94 (0,70; 1,48)	0,41 (0,33; 0,62)	0,86 (0,63; 1,24)	0,38 (0,32; 0,45)	0,84 (0,67; 1,32)	0,38 (0,34; 0,60)
P	4,55 (3,74; 7,25)	4,12 (4,05; 5,97)	5,70 (4,32; 8,15)	4,52 (3,95; 6,00)	4,75 (4,05; 6,15)	4,66 (3,84; 5,12)	4,22 (3,64; 5,89)
Индекс Ca/P	0,08 (0,05; 0,13)	0,22 (0,12; 0,37)	0,07 (0,05; 0,10)	0,19 (0,10; 0,41)	0,08 (0,06 0,14)	0,18 (0,12; 0,35)	0,09 (0,06; 0,15)

Таблица 4. Сопоставление вариаций содержания фтора и среднего значения (масс.%) в эмали и дентине зубов после обработки различными составами и без обработки в трех возрастных группах пациентов (молодой, средней и пожилой)

Table 4. Comparison of fluoride content variations and mean values (wt%) in enamel and dentin after treatment with various agents and without treatment across three age groups (young, middle-aged, elderly)

Группа пациентов Group of patients	Новый реминерализирующий гель (тетра- и диметил- глицеролаты кремния) New remineralizing gel (tetra- and dimethylglycerolates of silicon)		Ранее известный реминерализирующий гель (тетра-глицеролаты кремния) Established remineralizing gel (tetra-glycerolates of silicon)		R.O.C.S. Medical Minerals		Без обработки No treatment
	Эмаль Enamel	Дентин Dentin	Эмаль Enamel	Дентин Dentin	Эмаль Enamel	Дентин Dentin	
Молодой / Yong	1.5-4.7/2.8	3.0-9.3/6.0	4.5-10.8/8.6	9.4-19.0/14.4	н.о.	1.0-1.3/1.0	н.о.
Средний / Middle-aged	1.4-7.1/4.9	2.9-10.5/6.7	–	4.5-14.8/8.3	н.о.	>0.1-1.4/1.1	н.о.
Пожилой / Elderly	5.1-8.0/6.5	5.1-14.2/10.3	6.0-11.1/7.9	3.2-11.4/7.4	н.о.	1.0-2.7/1.9	н.о.

сокой степенью минерализации и дисминерализацией зубов пожилых пациентов, описанной в литературе, и более низкой способностью к поглощению компонентов реминерализирующих и фторирующих средств. Исходя из этого, эффективность применения ранее известного реминерализирующего геля (на основе тетраглицеролатов кремния) выше у пациентов молодого и среднего возраста, а для достижения эффекта от аппликаций реминерализирующих препаратов у пациентов пожилого возраста необходима более активная проводящая основа.

Новый реминерализирующий гель

Результаты экспериментального исследования шлифов зубов показали, что применение нового реминерализирующего геля (на основе тетра- и диметилглицеролатов кремния) имеет большую эффективность у пациентов пожилого возраста по сравнению с ранее разработанным гелем (содержа-

ния фтора от 5,1 до 14,2 мас.% при использовании нового геля; от 3.2 до 11.1 мас.% при использовании ранее известного геля) (рис. 3, табл. 4).

Реминерализирующий гель R.O.C.S. Medical Minerals

После применения реминерализирующего геля R.O.C.S. Medical Minerals накопления фтора в тканях зуба не происходит (содержание фтора в эмали ниже пределов обнаружения (предел обнаружения в эмали >0.1 мас.%, в дентине – до 2.7 мас.%)), что логично объясняется отсутствием фторидов в составе данного средства. Вероятно, присутствующий в небольшом количестве в дентине фтор – «собственный» фторопатит.

Важно отметить, что при измерениях наблюдается значительный разброс по содержанию фтора между различными аналитическими точками. Вероятно, данная особенность связана с неоднородным проникновением геля. Однако необходимо отметить, что существенная шероховатость, трещиноватость, пори-

стость поверхности образца, а также наличие органической компоненты могли привести к сдвигу содержаний, выходящему за пределы погрешности. Тем не менее, отношения в группах на качественном уровне сохраняются, что подтверждается результатами нескольких измерений в каждой группе (табл. 4).

Вместе с этим более значительным накоплением фтора было в дентине, менее выраженным – в эмали зубов. Данную закономерность можно объяснить исходной более высокой степенью минерализации эмали зубов (95-97%) по сравнению с дентином (60-70%), а также большей пористостью и емкостью дентина к растворам. Данная закономерность при профилировании подтверждается лишь для шлифа зуба пациента средней возрастной категории. Вероятно, это связано с индивидуальными особенностями строения дентина пациента или отличием степени изначальной минерализации (рис. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Ivancik J, Majd H, Bajaj D, Romberg E, Arola D. Contributions of aging to the fatigue crack growth resistance of human dentin. *Acta Biomater.* 2012;8(7):2737-46. doi: 10.1016/j.actbio.2012.03.046.
2. Xie Y, Chen S, Sheng L, Sun Y, Liu S. A New Landscape of Human Dental Aging: Causes, Consequences, and Intervention Avenues. *Aging Dis.* 2023;14(4):1123-1144. doi: 10.14336/AD.2022.1224
3. Nadig RR, Usha G, Kumar V, Rao R, Bugalia A. Geriatric restorative care - the need, the demand and the challenges. *J Conserv Dent.* 2011;14(3):208-14. doi: 10.4103/0972-0707.85788
4. Alhamed M, Almalki F, Alselami A, Alotaibi T, Elkatehy W. Effect of different remineralizing agents on the initial carious lesions – A comparative study. *Saudi Dent J.* 2020;32(8):390-395. doi: 10.1016/j.sdentj.2019.11.001
5. Nimbeni BS, Nimbeni SB, Divakar DD, Samiullah M. Carboxymethyl Chitosan-Fluoride-doped Amorphous Calcium Phosphate: A Novel Remineralizing Gel. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2023;16(5):734-739. doi: 10.5005/jp-journals-10005-2669
6. Mohammadipour HS, Maghrebi ZF, Ramezani N, Ahrari F, Daluyi RA. The effects of sodium hexametaphosphate combined with other remineralizing agents on the staining and microhardness of early enamel caries: An in vitro modified pH-cycling model. *Dent Res J (Isfahan).* 2019;16(6):398-406. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31803386/>
7. Juntavee A, Juntavee N, Sinagpulo AN. Nano-Hydroxyapatite Gel and Its Effects on Remineralization of Artificial Carious Lesions. *Int J Dent.* 2021;2021:7256056. doi: 10.1155/2021/7256056
8. Khonina TG, Chupakhin ON, Shur VY, Turygin AP, Sadovsky VV, Mandra YV, et al. Silicon-hydroxyapatite-glycerohydrogel as a promising biomaterial for dental applications. *Colloids Surf B Biointerfaces.* 2020;189:110851. doi: 10.1016/j.colsurfb.2020.110851

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новый реминерализующий гель на основе смеси глицеролатов кремния обладает реминерализующим потенциалом, клинически проявляющимся в уменьшении показателей ТЭР и ЭОД после курса его применения. Результаты исследования ротовой жидкости после применения нового реминерализующего геля показали повышение кальций-фосфорного коэффициента, что также свидетельствует о его реминерализующих свойствах. В экспериментальном исследовании отмечалось максимальное содержание фтора в шлифах зубов после применения нового реминерализующего геля, что подтверждает его проникновение в твердые ткани зубов. Новый реминерализующий гель обладает большей эффективностью для пожилых пациентов, по сравнению с более ранней разработкой.

9. Мандра ЮВ, Базарный ВВ, Чупахин ОН, Хонина ТТ, Семенцова ЕА, Светлакова ЕН, и др. Клинико-морфологическая оценка эффективности применения инновационной лечебно-профилактической зубной пасты в комплексном лечении пациентов молодого возраста с основными стоматологическими заболеваниями. *Проблемы стоматологии.* 2017;13(3): 29-35. doi: 10.18481/2077 7566 2017 13 3-29-35
- Mandra YV, Bazarnyi VV, Chupakhin ON, Khonina TG, Sementsova EA, Svetlakova EN, et al. Clinico-morphological estimation of efficiency of application of innovative treatment-and-prophylactic toothpaste in the complex treatment of young patients with basic dental diseases. *The problems of dentistry.* 2017;13(3):29-35 (In Russ). doi: 10.18481/2077 7566 2017 13 3-29-35
10. Melguizo-Rodríguez L, Costela-Ruiz VJ, Manzano-Moreno FJ, Ruiz C, Illescas-Montes R. Salivary Biomarkers and Their Application in the Diagnosis and Monitoring of the Most Common Oral Pathologies. *Int J Mol Sci.* 2020;21(14):5173. doi: 10.3390/ijms21145173
11. Копенкин МА, Полушина ЛГ, Семенцова ЕА, Мандра ЮВ, Базарный ВВ. Изменение химических параметров ротовой жидкости при возраст-ассоциированных стоматологических заболеваниях. *Уральский медицинский журнал.* 2024;23(3):46-58. doi:10.52420/umj.23.3.46
- Kopenkin MA, Polushina LG, Sementsova EA, Mandra YV, Bazarnyi VV Changes in chemical parameters of oral fluid in age-associated dental diseases. *Ural Medical Journal.* 2024;23(3):46-58 (In Russ). doi: 10.52420/umj.23.3.46
12. Vitiello F, Tosco V, Monterubbianesi R, Orilisi G, Gatto ML, Sparabombe S, et al. Remineralization Efficacy of Four Remineralizing Agents on Artificial Enamel Lesions: SEM-EDS Investigation. *Materials (Basel).* 2022;15(13):4398. doi: 10.3390/ma15134398

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Автор, ответственный за связь с редакцией:

Семенцова Елена Анатольевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний Уральского государственного медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: vanevs@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0296-8723>

Мандра Юлия Владимировна, доктор медицинских наук, профессор кафедры терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний Уральского государственного медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: jmandra@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8439-3272>

Григорьев Сергей Сергеевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний Уральского государственного медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: sergeygrig28@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8198-0615>

Базарный Владимир Викторович, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела общей патологии центральной научно-исследовательской лаборатории Уральского государственного медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: vlad-bazarny@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0966-9571>

Полушина Лариса Георгиевна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела общей патологии центральной научно-исследовательской лаборатории Уральского государственного медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: polushina-larisa@bk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4921-7222>

Вотяков Сергей Леонидович, академик Российской академии наук, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории

физико-химических методов исследований института геологии и геохимии имени академика А. Н. Заварицкого (УрО РАН), Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: votyakov@igg.uran.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7197-1443>

Замятин Дмитрий Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией физико-химических методов исследований института геологии и геохимии имени академика А. Н. Заварицкого (УрО РАН), Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: dzamyatin85@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2658-5129>

Чебыкин Николай Сергеевич, инженер лаборатории физико-химических методов исследований института геологии и геохимии имени академика А. Н. Заварицкого (УрО РАН), Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: tchebykinnikolai@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6331-1308>

Жегалина Наталья Максовна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний Уральского государственного медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: nzhegalina@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2376-0358>

Ларионова Виктория Сергеевна, ассистент кафедры терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний Уральского государственного медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: viktoriya415@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-6953-9896>

Маврицкая Мария Дмитриевна, ассистент кафедры терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний Уральского государственного медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: tsokur.maria@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4449-0177>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Corresponding author:

Elena A. Sementsova, DMD, PhD, Associate Professor, Department of the Restorative and Preclinic Dentistry, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: vanevs@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0296-8723>

Julia V. Mandra, DMD, PhD, DSc, Professor, Department of the Restorative and Preclinic Dentistry, Ural State

Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: jmandra@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8439-3272>

Sergey S. Grigoriev, DMD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Restorative and Preclinic Dentistry, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: sergeygrig28@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8198-0615>

Vladimir V. Bazarnyi, PhD, DSc, Professor, Chief Researcher, Department of General Pathology, Central Research Laboratory, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: vlad-bazarnyi@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0966-9571>

Larisa G. Polushina, PhD, Senior Researcher, Department of General Pathology, Central Research Laboratory, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: polushina-larisa@bk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4921-7222>

Sergey L. Votyakov, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), PhD, DSc, Professor, Chief Researcher of Laboratory of Physical and Chemical Research, Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: votyakov@igg.uran.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7197-1443>

Dmitry A. Zamyatin, PhD, Head of Laboratory of Physical and Chemical Research, Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: dzamyatin85@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2658-5129>

Nikolay S. Chebykin, engineer, Laboratory Physical and Chemical Research, Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: tchebykinnikolai@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6331-1308>

Natalia M. Zhegalina, DMD, PhD, Associate Professor, Department of the Restorative and Preclinic Dentistry, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: nzhegalina@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2376-0358>

Viktoriya S. Larionova, DMD, Assistant Professor, Department of the Restorative and Preclinic Dentistry, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: viktoriya415@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-6953-9896>

Maria D. Mavritskaya, DMD, Assistant Professor, Department of the Restorative and Preclinic Dentistry, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: tsokur.maria@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4449-0177>

Конфликт интересов:

Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов/

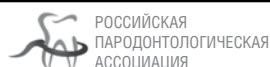
Conflict of interests:

The authors declare no conflict of interests

Поступила / Article received 17.07.2024

Поступила после рецензирования / Revised 04.08.2024

Принята к публикации / Accepted 19.08.2024



ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ГРУППЫ РПА

Журнал «Стоматология детского возраста и профилактика»

Стоимость годовой подписки в печатном виде на 2024 год по России – 5000 рублей

Подписной индекс в каталоге «Урал-Пресс» – ВН002232

Электронная версия в открытом доступе

www.detstom.ru

PubMed NLM ID:101516363

Импакт-фактор: 1.3