

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-3-170-177

УДК 616.314-089.23

РАЗРАБОТКА ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ КАПЫ ДЛЯ РЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ, ВЫПОЛНЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: АПРОБАЦИЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Григоренко М. П.¹, Кравченко П. С.², Вакушина Е. А.³, Лапина Н. В.⁴, Брагин А. Е.³, Арзуманян Л. В.³,
Мрикаева М. Р.⁵

¹ ООО «Ортодонтическая практика профессора Вакушиной», г. Ставрополь, Россия

² ГБУ РО «Стоматологическая поликлиника №1», г. Ростов-на-Дону, Россия

³ Ставропольский государственный медицинский университет, г. Ставрополь, Россия

⁴ Кубанский государственный медицинский университет, г. Краснодар, Россия

⁵ Северо-Осетинская государственная медицинская академия, г. Владикавказ, Россия

Аннотация

Цель. Разработать и клинически апробировать оригинальную конструкцию персонализированной капы для реминерализации, выполненную с использованием аддитивных технологий, у пациентов, проходящих активное ортодонтическое лечение несъемной брекет-системой.

Методология. В исследование были включены 32 пациента в возрасте 18–35 лет обоих полов, проходящих активное ортодонтическое лечение несъемной брекет-системой и имеющих признаки начальной деминерализации эмали. Персонализированная капа собственной конструкции создавалась с использованием CAD/CAM технологий и 3D-печати биосовместимым фотополимером по индивидуальным цифровым моделям челюстей с установленной на зубах несъемной ортодонтической аппаратурой. Клиническую эффективность оригинальной конструкции персонализированной капы оценивали по индексам реминерализации (ИР), гигиене полости рта (ИГР-У).

Результаты. По завершении курса реминерализующей терапии, длительностью не более 14 дней, у 93,5 % пациентов зоны начальной деминерализации исчезли полностью, у 6,5 % пациентов значительно сократились. Проводимый курс реминерализующей терапии, предлагаемой оригинальной конструкцией персонализированной капы, не приостанавливал активное ортодонтическое лечение несъемной брекет-системой, так как во время снятия цифрового оттиска интраоральным сканером врачом и ношения предлагаемой капы пациентом, основной силовой элемент несъемной ортодонтической техники — металлическая дуга — не находился в прямом контакте с интраоральным сканером и никогда не выводился из рабочих пазов брекетов. Отмечено статистически значимое улучшение всех показателей: индекс реминерализации снизился с $2,15 \pm 0,25$ до $1,03 \pm 0,18$ ($p < 0,001$), ИГР-У — с $2,35 \pm 0,41$ до $0,85 \pm 0,29$ ($p < 0,001$). Предлагаемая оригинальная конструкция персонализированной капы не нарушала целостность и фиксацию несъемной ортодонтической аппаратуры, пациенты сохраняли высокий уровень комплаентности.

Выводы. Разработанная и клинически апробированная оригинальная конструкция персонализированной капы является эффективным средством реминерализующей терапии у пациентов, проходящих активное ортодонтическое лечение несъемной брекет-системой на всех его этапах. Предлагаемая конструкция обеспечивает длительное и равномерное воздействие реминерализующего препарата на участки начальной деминерализации эмали. CAD/CAM индивидуальное 3D-проектирование, дальнейшее 3D-цифровое моделирование и завершающая фотополимерная 3D-печать обеспечивают прецизионную фиксацию и стабилизацию предлагаемой конструкции в полости рта.

Ключевые слова: реминерализация, оригинальная конструкция персонализированной капы для реминерализующей терапии, CAD/CAM, фотополимерная 3D-печать, несъемная брекет-система, деминерализация эмали, профилактика кариеса

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

Марк Павлович ГРИГОРЕНКО ORCID ID 0009-0005-2073-6562

к.м.н., врач-стоматолог-ортопед, ООО «Ортодонтическая практика профессора Вакушиной», г. Ставрополь, Россия
mark115@yandex.ru

Павел Сергеевич КРАВЧЕНКО ORCID ID 0009-0006-9215-2504

врач-ортодонт, ГБУ РО «СП №1», г. Ростов-на-Дону, Россия
p.k.s.1998@mail.ru

Елена Анатольевна ВАКУШИНА ORCID ID 0009-0006-3118-6559

д.м.н., профессор, заведующая кафедрой стоматологии детского возраста, Ставропольский государственный медицинский университет, г. Ставрополь, Россия
mark115@yandex.ru

Наталья Викторовна ЛАПИНА ORCID ID 0000-0003-1835-8898

д.м.н., профессор, заведующая кафедрой ортопедической стоматологии, Кубанский государственный медицинский университет, г. Краснодар, Россия
kgma74@yandex.ru

Александр Евгеньевич БРАГИН ORCID ID 0009-0008-5449-6386

к.м.н., доцент, доцент кафедры информационных и цифровых технологий, Ставропольский государственный медицинский университет, г. Ставрополь, Россия
zagedan@mail.ru

Лолита Витальевна АРЗУМАНЯН ORCID ID 0009-0006-0259-326X

ассистент кафедры стоматологии детского возраста, Ставропольский государственный медицинский университет, г. Ставрополь, Россия
geox225553@mail.ru

Мадина Руслановна МРИКАЕВА ORCID ID 0009-0003-0994-5924

к.м.н., доцент кафедры стоматологии № 1, Северо-Осетинская государственная медицинская академия, г. Владикавказ, Россия
m.mrikaeva86@mail.ru

Адрес для переписки: Марк Павлович ГРИГОРЕНКО

355017, г. Ставрополь, ул. Мира 355/38, кв. 92
+7 (962) 454-10-18
mark115@yandex.ru

Образец цитирования:

Григоренко М. П., Кравченко П. С., Вакушина Е. А., Лапина Н. В., Брагин А. Е., Арзуманян Л. В., Мрикаева М. Р.

РАЗРАБОТКА ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ КАПЫ ДЛЯ РЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ, ВЫПОЛНЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: АПРОБАЦИЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ. Проблемы стоматологии. 2025; 3: 170-177.

© Григоренко М. П. и др., 2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-3-170-177

Поступила 09.09.2025. Принята к печати 07.10.2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-3-170-177

DEVELOPMENT OF A NOVEL DESIGN FOR A CUSTOM REMINERALIZATION TRAY MANUFACTURED BY ADDITIVE MANUFACTURING: VALIDATION AND CLINICAL EFFICACY

Grigorenko M.P.¹, Kravchenko P.S.², Vakushina E.A.³, Lapina N.V.⁴, Bragin A.E.³,
Arzumanyan L.V.³, Mrikaeva M.R.⁵

¹ Orthodontic practice of professor Vakushina, Stavropol, Russia

² Dental Polyclinic No. 1, Rostov-on-Don, Russia

³ Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia

⁴ Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

⁵ North-Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz, Russia

Annotation

Objective: To develop and clinically evaluate an original design of a personalized remineralization tray fabricated using additive manufacturing in patients undergoing active orthodontic treatment with fixed appliances.

Methodology: The study included 32 patients (aged 18–35 years, of both sexes) undergoing active orthodontic treatment with a fixed bracket system and exhibiting signs of initial enamel demineralization. The personalized dental tray was produced using CAD/CAM technologies and 3D-printed from a biocompatible photopolymer on individual digital jaw models with the fixed orthodontic appliance in place. Clinical efficacy of the original design of the personalized dental tray was assessed by the Remineralization Index (RI), oral hygiene (simplified oral hygiene index, OHI-S / Greene-Vermillion).

Results: After completion of the remineralization course, which lasted 14 days, areas of initial demineralization disappeared completely in 93.5% of patients and were markedly reduced in the remainder. Statistically significant improvements were observed in all measured parameters: the Remineralization Index decreased from 2.15 ± 0.25 to 1.03 ± 0.18 ($p < 0.001$); OHI-S decreased from 2.35 ± 0.41 to 0.85 ± 0.29 ($p < 0.001$). The proposed original design of the personalized dental tray did not compromise the integrity or bonding of the fixed orthodontic hardware, and patient compliance remained high.

Conclusions: The developed and clinically evaluated proposed original design of the personalized dental tray is an effective means of remineralization therapy for patients undergoing active orthodontic treatment with fixed bracket appliances at all stages of treatment. The proposed design ensures prolonged and uniform exposure of the remineralizing agent to sites of initial enamel demineralization. Individualized CAD/CAM 3D-design, subsequent 3D-digital modelling, and final photopolymer 3D-printing ensure precise retention and stabilization of the device intraorally.

Keywords: remineralization, original design of a personalized personalized dental tray for remineralizing therapy, CAD/CAM, photopolymer 3D-printing, fixed orthodontic appliances, enamel demineralization, caries prevention

The authors declare no conflict of interest

Mark P. GRIGORENKO ORCID ID 0009-0005-2073-6562

PhD in Medical Sciences, dentist-orthopedist, «Professor Vakushina orthodontic practice», Stavropol, Russia

mark115@yandex.ru

Pavel S. KRAVCHENKO ORCID ID 0009-0006-9215-2504

orthodontist, dental polyclinic No. 1, Rostov-on-Don, Russia

p.k.s.1998@mail.ru

Elena A. VAKUSHINA ORCID ID 0009-0006-3118-6559

Grand PhD in Medical Sciences, professor, head of the department of pediatric dentistry, Stavropol state medical university, Stavropol, Russia

mark115@yandex.ru

Natalia V. LAPINA ORCID ID 0000-0003-1835-8898

Grand PhD in Medical Sciences, professor, head of the department of orthopedic dentistry, Kuban state medical university, Krasnodar, Russia

kgma74@yandex.ru

Aleksandr E. BRAGIN ORCID ID 0009-0008-5449-6386

PhD in Medical Sciences, associate professor, department of information and digital technologies, Stavropol state medical university, Stavropol, Russia

zagedan@mail.ru

Lolita V. ARZUMANYAN ORCID ID 0009-0006-0259-326X

assistant at the department of pediatric dentistry, Stavropol state medical university, Stavropol, Russia

geox225553@mail.ru

Madina R. MRIKAEVA ORCID ID 0009-0003-0994-5924

PhD in Medical Sciences, associate professor, department of dentistry No. 1, North-Ossetian state medical academy, Vladikavkaz, Russia

m.mrikaeva86@mail.ru

Correspondence address: Mark P. GRIGORENKO

355017, Stavropol, Mira st., 355/38, flat 92

+7 (962) 454-10-18

mark115@yandex.ru

For citation:

Grigorenko M.P., Kravchenko P.S., Vakushina E.A., Lapina N.V., Bragin A.E., Arzumanyan L.V., Mrikaeva M.R.

DEVELOPMENT OF A NOVEL DESIGN FOR A CUSTOM REMINERALIZATION TRAY MANUFACTURED BY ADDITIVE MANUFACTURING:

VALIDATION AND CLINICAL EFFICACY. Actual problems in dentistry. 2025; 3: 170-177. (In Russ.)

© Grigorenko M.P. et al., 2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-3-170-177

Received 09.09.2025. Accepted 07.10.2025

Введение

Реминерализующая терапия занимает важнейшее место в системе профилактики и лечения кариозного процесса, поскольку позволяет восстановить минеральный состав эмали, повысить ее устойчивость к кислотным воздействиям и снизить чувствительность зубов [3, 11]. Динамическое равновесие между процессами деминерализации и реминерализации легко нарушается под влиянием различных факторов, прежде всего — недостаточной гигиены полости рта [1]. Особенно уязвимы в этом отношении пациенты, проходящие ортодонтическое лечение с использованием несъемных брекет-систем [4, 12, 15]. Конструкция брекетов создает дополнительные ретенционные зоны, затрудняющие доступ при чистке зубов, особенно в пришеечной и вестибулярной области, что повышает риск появления «белых пятен» — признаков начальной деминерализации эмали [6]. Использование традиционных средств реминерализации, таких как фторсодержащие гели, пасты или растворы, не всегда обеспечивает стабильный результат в силу ограниченного времени экспозиции и невозможности их длительной фиксации на участках, расположенных вокруг элементов брекет-системы [7, 10]. В связи с этим возникает необходимость в разработке съемной конструкции выполненной с учетом индивидуальных особенностей анатомо-топографического строения зубочелюстной системы пациента, позволяющей проводить эффективную реминерализующую терапию, не прерывая активного ортодонтического лечения несъемной брекет-системой на любой из его фаз (нивелирования, перемещения зубов по дуге и юстировки) [2, 5, 14].

Цель работы — разработка и клиническая апробация оригинальной конструкции персонализированной капы для реминерализации, выполненной с использованием аддитивных технологий, у пациентов, проходящих активное ортодонтическое лечение несъемной брекет-системой.

Материалы и методы: оригинальная конструкция персонализированной капы для реминерализации представляет собой индивидуально изготовленную методом фотополимерной 3D-печати конструкцию из прозрачного биосовместимого материала. Предварительно спроектированная в программе EXOCAD внутренняя поверхность прецизионно повторяет контуры зубных дуг с установленной на зубах несъемной ортодонтической аппаратурой, имеет толщину 0,5–0,75 мм и охватывает коронковые части всех зубов с вестибулярной, окклюзионной и оральной поверхностями, край контура предлагаемой конструкции капы при этом был приближен к десневому контуру ортодонтической аппаратуры, что обеспечивало комфортное использование капы. В предлагаемой оригинальной конструкции капы в обязательном порядке предусмотрен проектируемый на этапе CAD индивидуализированный и равноудаленный зазор 0,2–0,3 мм между внутренней поверхностью предлагаемой конструкции и вестибулярными, оральными и окклюзионными поверхностями зубов, включая области вокруг установленных несъемных брекетов для равномерного удержания реминерализующего препарата в виде геля, тиксотропность которого предотвращает его вытекание

из капы и контакт с ротовой жидкостью пациента. Также в программе EXOCAD дополнительно проектируются функциональные углубления на внутренней поверхности предлагаемой конструкции в области вестибулярной поверхности зубов для пролонгации удержания реминерализующего агента.

Результаты. В процессе проведенных исследований нами была разработана, с помощью CAD/CAM-систем реализована и внедрена в практику оригинальная конструкция персонализированной капы для реминерализации. Так как основной целью разработанной нами конструкции являлась реминерализующая терапия пациентов, проходящих активное ортодонтическое лечение несъемной брекет-системой, в качестве образца была нами взята каппа для реминерализации, изготовленная методом термомоформования, описанная в патенте РФ № 2761719 (опубл. 13.12.2021) [9]. Недостатками конструкции являются следующие факторы: невозможность совместного применения с несъемной брекет-системой, отсутствие применения аддитивных технологий на этапе проектирования, моделирования и изготовления, приводящие к ограничению прецизионности прилегания конструкции к зубным рядам и низкой адаптивности к динамичным клиническим условиям активного ортодонтического лечения. Протокол изготовления оригинальной конструкции персонализированной капы для реминерализации представлен апробированными клинико-лабораторными этапами.

У пациента получают цифровые оттиски челюстей, зубных дуг и зубов, с установленной на них несъемной брекет-системой методом интраорального сканирования, используя 3D-сканер Medit i500 (рис. 1).

Полученные STL файлы импортируют в программное обеспечение EXOCAD CAD-систем, для проведения дальнейшего цифрового проектирования и моделирования будущей оригинальной конструкции персонализированной капы для реминерализации. Толщина капы задается в диапазоне 0,5–0,75 мм, контур при этом приближается к гингивальному краю ортодонтической аппаратуры, для обеспечения комфортного прилегания, минимизации рисков повреждения брекет-системы и удобства использования предлагаемой оригинальной конструкции капы пациентом. При проектировании учитывают топографию всех ортодонтических элементов несъемной брекет-системы, что позволяет точно воспроизвести форму зубной дуги с зафиксированной на зубах несъемной ортодонтической аппаратурой, обеспечивает надежную фиксацию предлагаемой конструкции на зубах, предотвращает повреждение несъемных элементов брекет-системы. Дополнительно в программе EXOCAD CAD-систем в цифровом формате проектируют углубления в области вестибулярной поверхности зубов, куда в дальнейшем в клинике будет вноситься реминерализующий препарат (рис. 2). Такая конструкция позволяет препарату оставаться в области контакта с эмалью в течение всего времени ношения предлагаемой оригинальной конструкции для реминерализации, обеспечивая пролонгированное действие реминерализующего препарата.



Рис. 1. Этапы клинического протокола изготовления аппарата: а — пациент в процессе ортодонтического лечения с использованием несъемной брекет-системы (клиническая картина на этапе лечения); б — получение цифровых оттисков зубных дуг с установленной брекет-системой методом интраорального сканирования (сканер Medit i500)

Fig. 1. Stages of the clinical protocol for appliance fabrication: a — patient undergoing orthodontic treatment with a fixed bracket system (clinical situation during treatment); b — acquisition of digital impressions of the dental arches with the fixed bracket system using intraoral scanning (Medit i500 scanner)

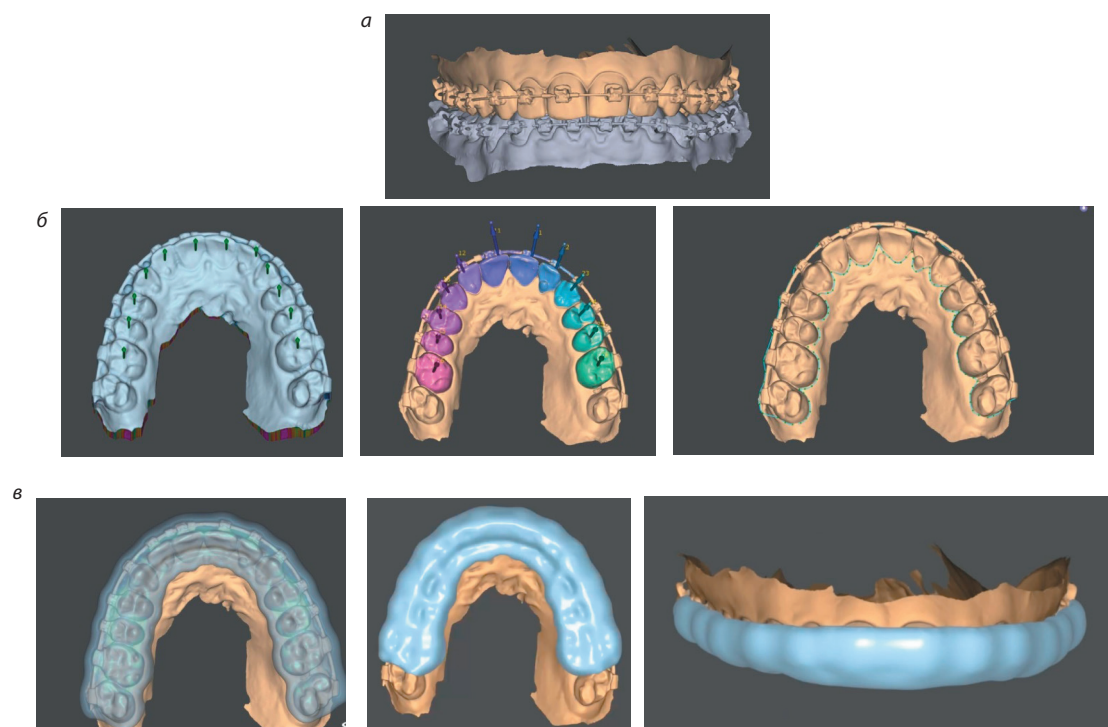


Рис. 2. Этапы лабораторного протокола изготовления аппарата в программном обеспечении EXOCAD: а — импорт полученных STL-файлов в программу EXOCAD; б — подготовка виртуальных моделей к цифровому проектированию аппарата; в — индивидуальное моделирование будущего аппарата с толщиной 0,5 мм, контур которого максимально приближен к десневому краю для обеспечения комфортного прилегания

Fig. 2. Stages of the laboratory protocol for fabrication of the appliance in EXOCAD software: a — import of the obtained STL files into EXOCAD; b — preparation of the virtual models for the digital design of the appliance; c — individual/custom modelling of the future appliance with a thickness of 0.5 mm, the contour of which is as close as possible to the gingival margin to ensure comfortable fit

Изготавливают оригинальный персонализированный съемный каповый аппарат из прозрачной полиметилметакрилат-подобной смолы Dental Splint Soft (HARZ Labs) методом стереолитографии (SLA) на фотополимерном 3D-принтере *Crealiti HALOT* (рис. 3 а, б).

Завершают изготовление постобработкой: проводят промывку, окончательную полимеризацию, используя промывочную станцию и полимеризационную камеру

Crealiti (рис. 3 в, г), а также шлифовку, полировку и антисептическую обработку аппарата.

Готовое изделие передают в клинику, где его припасовывают в полости рта пациента и дают рекомендации по применению, фиксации и снятию. Затем оригинальный персонализированный съемный каповый аппарат заполняют реминерализующим средством и надевают на зубной ряд пациента в качестве демонстрации (рис. 4).

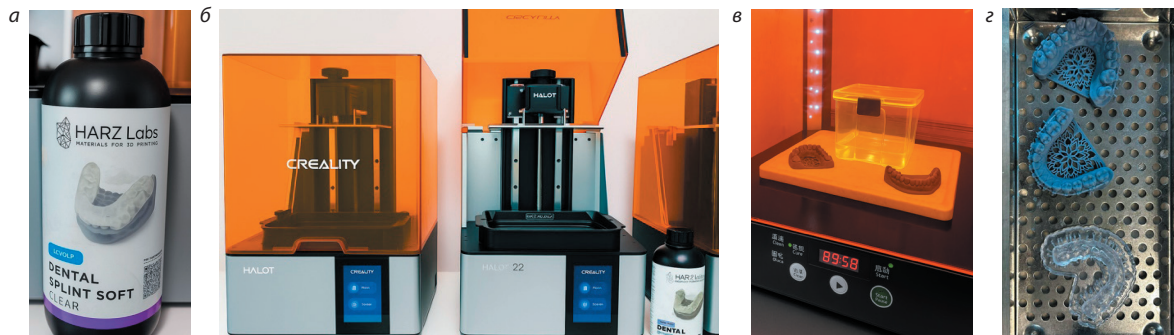


Рис. 3. Этапы лабораторного протокола изготовления аппарата: а — прозрачная ПММА-подобная смола Dental Splint Soft; б — 3D-принтер Crealiti HALOT; в — промывочная станция и полимеризационная камера Crealiti; г — готовые модели и аппарат после очистки и полимеризации

Fig. 3. Stages of the laboratory protocol for appliance fabrication: a — transparent PMMA-like resin Dental Splint Soft; b — 3D printer Crealiti HALOT; c — washing station and polymerization chamber Crealiti; d — finished models and appliance after cleaning and polymerization



Рис. 4. Этапы лабораторного и клинического протокола изготовления аппарата: а — вид готового аппарата на аналоговой напечатанной рабочей модели и припасованного аппарата в полости рта пациента; б — вид аппарата на зубных рядах пациента

Fig. 4. Stages of the laboratory and clinical protocol for appliance fabrication: a — appearance of the finished appliance on the physical (analog) 3D-printed working model and of the appliance fitted intraorally in the patient; b — view of the appliance on the patient's dental arches

Пациенту рекомендуют использовать оригинальный персонализированный съемный каповый аппарат для проведения реминерализующей терапии в вечернее время после чистки зубов. Время ношения составляет 30–60 минут ежедневно, курс лечения составляет 14 дней. Отдельно врач акцентирует внимание пациента на правилах ухода и приемах хранения.

В рабочую группу нашего клинического исследования были включены 32 пациента в возрасте 18–35 лет, согласно возрастной периодизации человека, соответствовавшие юношескому периоду и I периоду зрелого возраста, проходившие активное ортодонтическое лечение несъемной брекет-системой и имевшие признаки начальной деминерализации эмали (визуализация белых пятен, положи-

тельный тест метиленовым синим, изменения по данным электроодонтодиагностики). Препараты для проведения реминерализации подбирались в индивидуальном порядке. Эффективность терапии оценивалась по индексам реминерализации (ИР), гигиене полости рта (ИГР-У) (табл. 1).

По завершении курса терапии (14–30 дней) наблюдалось статистически значимое улучшение всех показателей. У 93,5 % пациентов зоны деминерализации исчезли полностью, у остальных — значительно сократились. Индексы гигиены и минерализации улучшились. Несъемные ортодонтические конструкции не повреждались, пациенты сохраняли приверженность к терапии.

Таблица 1

Дифференциация изучаемых показателей у пациентов рабочей группы
Table 1. Differentiation of the studied parameters in patients of the study group

Показатель	До лечения ($M \pm SD$)	После курса ($M \pm SD$)	P значение
Индекс реминерализации (ИР)	2,15 \pm 0,25	1,03 \pm 0,18	p < 0,001
Индекс гигиены рта (ИГР У)	2,35 \pm 0,41	0,85 \pm 0,29	p < 0,001

Для проведения статистической обработки полученных результатов применили заполненную матрицу исследования и пакет прикладных программ SPSS 23.0 for Windows. Для непрерывных числовых показателей был проведен анализ распределения и критериев его соответствия нормальному (критерий Колмогорова-Смирнова). Данные представляли в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm SD$), качественные показатели выражали в виде долей (%).

Заключение

Таким образом, разработанная нами оригинальная конструкция персонализированной капы для профилактики развития начальной деминерализации эмали, продемонстрировала высокую клиническую эффективность при проведении реминерализующей терапии у пациентов, проходящих активное ортодонтическое лечение несъемной брекет-системой. В условиях ограниченного доступа к вестибулярной поверхности зубов, обусловленного наличием несъемной брекет-системы, предлагаемая оригинальная конструкция персонализированной капы, обеспечивает равномерное и продолжительное воздействие препарата на участки деминерализации, что позволяет добиться клинически значимого снижения индекса реминерализации и индекса гигиены полости рта. Это достигается за счет прецизионного цифрового проектирования и моделирования формы зубных дуг с установленной на зубах несъемной ортодонтической аппаратурой, и изготовления предлагаемой конструкции методом аддитивных технологий.

Описанная конструкция защищена заявкой на полезную модель № 2025120044 с приоритетом от 17.07.2025

Выводы

Предлагаемая оригинальная конструкция персонализированной капы для реминерализации в реализации аддитивных технологий (CAD/CAM-систем) по сравнению с аналогами имеет перечень существенных преимуществ:

Прецизионное воспроизведение анатомо-топографических особенностей зубов и зубных дуг с установленной несъемной ортодонтической аппаратурой, что обеспечивает надежную фиксацию аппарата и комфорт во время проведения сеанса реминерализации, благодаря индивидуальному цифровому изготовлению на этапе CAM.

Персонализированное проектирование и моделирование равноудаленных микропространств для равномерного удержания реминерализующего препарата, создающего пролонгированный терапевтический эффект, благодаря индивидуальному цифровому проекту на этапе CAD.

Возможность проведения реминерализующей терапии без нарушения целостности элементов несъемной брекет-системы в виде их снятия и без прерывания активного ортодонтического лечения на любой из его фаз (нивелирования, перемещения зубов по дуге и юстировки).

Высокая клиническая эффективность в виде значимого снижения зон деминерализации эмали, улучшения показателей индекса реминерализации и гигиены полости рта.

Гибкость и универсальность предлагаемой конструкции, позволяющие персонализировать лечение в зависимости от клинической ситуации и выбранного реминерализующего средства.

Особое внимание заслуживает интеграция аддитивных технологий в процесс изготовления оригинальной конструкции персонализированной капы для реминерализации. Подход на основе виртуального проектирования, моделирования и 3D-прототипирования становится все более востребованным в стоматологии.

В условиях растущего спроса на эффективную профилактику осложнений ортодонтического лечения в виде зон начальной деминерализации эмали, предупреждения развития конфликтных ситуаций, предлагаемая конструкция оригинальной персонализированной капы, может рассматриваться не только как эффективный инструмент реминерализации, но и как перспективный технологический стандарт будущих клинических протоколов.

Литература/References

1. Даурова А.З., Лапина Н.В., Ижнина Е.В., Кочурова Е.В., Сефeryн К.Г., Старченко Т.П. Гигиена полости рта у пациентов с несъемной ортодонтической техникой. Российский стоматологический журнал. 2020;24(2):104–108. [Daurova A.Z., Lapina N.V., Izhnina E.V., Kochurova E.V., Seferyan K.G., Starchenko T.P. Oral hygiene in patients with fixed orthodontic appliances. Russian Journal of Dentistry. 2020;24(2):104–108. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17816/1728-2802-2020-24-2-104-108>
2. Демьяненко С.А., Пенькова Я.Ю., Морозов А.Л. Цифровые технологии в ортодонтии на примере изготовления элайнеров: обзорная статья. Российский стоматологический журнал. 2025;29(1):79–88. [Demyanenko S.A., Penkova Y.Y., Morozov A.L. Aligner manufacturing as an example of digital technology in orthodontics: a review. Russian Journal of Dentistry. 2025;29(1):79–88. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17816/dent642024>
3. Федорова А.В., Солдатова Л.Н., Солдатов В.С., Иорданишвили А.К. Эффективность применения комплекса реминерализующих средств в период ортодонтического лечения. Клиническая стоматология. 2025;28(1):12–16. [Fedorova A.V., Soldatova L.N., Soldatov V.S., Jordaniashvili A.K. Effectiveness of using a complex of remineralizing agents during orthodontic treatment. Clinical dentistry. 2025;28(1):12–16. (In Russ.).] https://doi.org/10.37988/1811-153X_2025_1_12

4. Хабадзе З. С., Коровушкина Е. К., Филиппов К. Ю., Митюшкина Т. А., Фокина С. А., Зарян А. В. и др. Сравнительный анализ адгезии биопленки к брекет-систем различных поколений. *Институт стоматологии*. 2023;(4):102–105. [Khabadze Z. S., Korovushkina E. K., Filippov K. Y., Mityushkina T. A., Fokina S. A., Zoryan A. V. et al. Comparative analysis of biofilm adhesion to bracket systems of different generations. *Institut stomatologii*. 2023;(4):102–105. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=60022858>
5. Хорольский Е. В., Хижук А. В., Ломиашвили Л. М., Баркан И. Ю., Погадаев Д. В., Михайловский С. Г. и др. Использование современных технологий в оценке точности воспроизведения анатомических форм зубов. *Институт стоматологии*. 2024;(4):108–110. [Khorolsky E. V., Khizhuk A. V., Lomiashvili L. M., Barkan I. Yu., Pogadaev D. V., Mikhailovsky S. G. et al. The use of modern digital technologies in assessing the accuracy of reproducing the anatomical shapes of teeth in reconstructive dentistry. *Institut stomatologii*. 2024;(4):108–110. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=80256480>
6. Петрова А. П., Фирсова И. В., Лебедева С. Н., Нарыжная Е. В., Попкова О. В., Шершнева А. О. и др. Индивидуальный подход в назначении средств гигиены полости рта при ортодонтическом лечении. *Проблемы стоматологии*. 2021;17(3):94–100. [Petrova A. P., Firsova I. V., Lebedeva S. N., Naryzhnaya E. V., Popkova O. V., Shershneva A. O. et al. Current problems of the application of an individual approach in the prescription of personal oral hygiene means in orthodontic treatment. *Actual problems in dentistry*. 2021;17(3):94–100. (In Russ.).] <https://doi.org/10.18481/2077-7566-21-17-3-94-100>
7. Сатыго Е. А., Шалак О. В., Лимина А. П. Эффективность профессиональной фторпрофилактики и реминерализующей терапии при начальных формах кариеса зубов у детей после ортодонтического лечения. *Клиническая стоматология*. 2023;26(3):106–110. [Satygo E. A., Shalak O. V., Limina A. P. The effectiveness of professional fluoride prevention and remineralizing therapy for the initial forms of dental caries in children after orthodontic treatment. *Clinical dentistry*. 2023;26(3):106–110. (In Russ.).] https://doi.org/10.37988/1811-153X_2023_2_106
8. Соколович Н. А., Олейник Е. А., Петрова Н. П., Муравская С. В., Саунина А. А., Швецова М. Д. и др. Цифровые технологии в ортодонтии. *Институт стоматологии*. 2020;(2):91–93. [Sokolovich N. A., Oleynik E. A., Petrova N. P., Muravskaya S. V., Saunina A. A., Shvetsova M. D. et al. Digital technologies in orthodontics. *Institut stomatologii*. 2020;(2):91–93. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=44051481>
9. Гажва С. И., Горбатов Р. О., Якубова Е. Ю., Лобова А. Ю. авторы; ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России патентообладатель. Устройство для доставки лекарственного вещества в патологические очаги твердых тканей зубов и способ его изготовления. Российская Федерация патент RU 2761719. Опубликовано 13.12.2021. [Gazhva S. I., Gorbato R. O., Yakubova E. I. U., Lobova A. I. U. Device for delivering a medicinal substance to pathological foci of hard tooth tissues and a method for its manufacture. Russian Federation patent RU 2761719. Date of publication: 13.12.2021. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=47485550>
10. Anadioti E., Odaimi T., O'Toole S. Clinical Applications of 3D-Printed Polymers in Dentistry: A Scoping Review. *The International journal of prosthodontics*. 2024;37(7):209–219. <https://doi.org/10.11607/ijp.8829>
11. Caccianiga P., Nota A., Tecco S., Ceraulo S., Caccianiga G. Efficacy of Home Oral-Hygiene Protocols during Orthodontic Treatment with Multibrackets and Clear Aligners: Microbiological Analysis with Phase-Contrast Microscope. *Healthcare (Basel)*. 2022;10(11):2255. <https://doi.org/10.3390/healthcare10112255>
12. Chhibber A., Agarwal S., Yadav S., Kuo C. L., Upadhyay M. Which orthodontic appliance is best for oral hygiene? A randomized clinical trial. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2018;153(2):175–183. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.10.009>
13. Jeong M., Radomski K., Lopez, D., Liu J. T., Lee J. D., Lee S. J. Materials and Applications of 3D Printing Technology in Dentistry: An Overview. *Dentistry Journal*. 2024;12(1):1. <https://doi.org/10.3390/dj12010001>
14. Shokeen B., Vilorio E., Duong E., Rizvi M., Murillo G., Mullen J. et al. The impact of fixed orthodontic appliances and clear aligners on the oral microbiome and the association with clinical parameters: A longitudinal comparative study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2022;161(5): e475-e485. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2021.10.015>
15. Wang C., Zhang C., He S., Wang Q., Gao H. The microbiome alterations of supragingival plaque among adolescents using clear aligners: a metagenomic sequencing analysis. *Progress in orthodontics*. 2024;25(1):48. <https://doi.org/10.1186/s40510-024-00547-x>