клиническая практика 2025 Том 16 №2

Оценка эффективности действия витамина D и реминерализирующей пасты на структуру эмали зубов у лиц с гомозиготным полиморфизмом гена, кодирующего внутриклеточный рецептор витамина D

С.Н. Тихонова, М.В. Козлова, Е.А. Горбатова

Центральная государственная медицинская академия Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. *Единичные литературные данные указывают на связь полиморфизма гена внутриклеточного рецептора витамина D (VDR) с предрасположенностью к развитию кариеса. В связи с этим изучение структуры эмали зубов и изменений её резистентности под действием витамина D и реминерализирующей терапии у лиц с гомозиготным полиморфизмом гена VDR (A/A) является актуальным.* ***Цель исследования*** *— изучить действие витамина D и зубной пасты с реминерализирующим составом на структуру поверхности эмали удалённых ретенированных зубов у лиц с гомозиготным полиморфизмом гена VDR.* ***Методы.*** *В 2023–2025 годах на кафедре стоматологии ФГБУ ДПО ЦГМА обследовано 200 обучающихся в возрасте 22–25 лет, которым проведён генетический тест на определение полиморфизма гена VDR. Выявлено 18 человек с гомозиготным аллелем A/A, находившихся на ортодонтическом лечении и нуждающихся в экстракции ретенированных моляров. Изучали 24 удалённых зуба, которые помещали в искусственную слюну с добавлением различных сред. Образцы зубов распределены на четыре группы: только искусственная слюна (I, контроль); холекальциферол 1000 МЕ на 100 мл (II); обработка реминерализирующей пастой (III); витамин D и реминерализирующая паста (IV). Исследование структуры эмали зубов проводили методом конфокальной профилометрии с измерением показателей шероховатости Ra и Rp.* ***Результаты.*** *В группе II в присутствии холекальциферола выявлены изменения показателей (Ra, Rp) шероховатости поверхности эмали зубов, в группе III (обработка реминерализирующей пастой) показатели Ra и Rp имели аналогичные цифровые значения. У образцов зубов группы IV в сравнении с группой I отмечена сглаженность шероховатости поверхности эмали, что подтверждают параметры Ra и Rp (p >0,001). Данный эффект можно объяснить синергическим действием холекальциферола и реминерализирующего состава зубной пасты на структуру эмали.*

Заключение. *У лиц с гомозиготным полиморфизмом (A/A) гена VDR установлено достоверно значимое изменение параметров шероховатости эмали зуба (Ra и Rp) при комплексном использовании холекальциферола и реминерализирующей зубной пасты, что связано с выравниванием поверхности за счёт образования гомогенного слоя, состоящего из микрокристаллов.*

Ключевые слова: *полиморфизм; ген VDR; конфокальная профилометрия; реминерализирующая паста; витамин D; холекальциферол.*

Для цитирования:

Тихонова С.Н., Козлова М.В., Горбатова Е.А. Оценка эффективности действия витамина D и реминерализирующей пасты на структуру эмали зубов у лиц с гомозиготным полиморфизмом гена, кодирующего внутриклеточный рецептор витамина D. *Клиническая практика.* 2025;16(2):41–52. doi: 10.17816/clinpract678365 EDN: MJYCOQ

Поступила 10.04.2025 Принята 13.06.2025 Опубликована online 27.06.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Согласно результатам исследования стоматологического здоровья, распространённость и интенсивность кариеса зубов остаётся высокой, несмотря на предпринимаемые меры профилактики и современные методы лечения [1].

Предрасположенность эмали зубов к действию кариесогенных факторов во многом определяется её структурными особенностями, которые зависят в том числе от различных генетических вариаций [2].

В немногочисленных исследованиях доказано, что полиморфизм гена, кодирующего внутрикле-

© Eco-Vector, 2025
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4 license

The Evaluation of Efficiency of the Impact of Vitamin D and Remineralizing Toothpaste on the Structure of the Dental Enamel in the Individuals with Homozygous Polymorphism in the Gene, Encoding the Intracellular Vitamin D Receptor (VDR)

S.N. Tikhonova, M.V. Kozlova, E.A. Gorbatova
Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: *Only a few literature sources data show the relation of the VDR gene polymorphism and the susceptibility to developing dental caries. Within this context, investigating the structure of the dental enamel and the changes of its resistance under the effects of vitamin D and remineralizing therapy among the persons with the homozygous polymorphism of the VDR gene (A/A) is topical.* ***AIM:*** *to investigate the effects of vitamin D and the toothpaste with remineralizing contents on the structure of the enamel surface of the impacted teeth extracted from the individuals with homozygous polymorphism of the VDR gene.* ***METHODS:*** *In 2023–2025, within the premises of the Dentistry Department of the Federal State Budgetary Institution of Continuing Professional Education "Central State Medical Academy", a total of 200 students aged 22–25 years were screened with undergoing a genetic testing to reveal the polymorphism of the VDR gene. Out of the 36 assessed subjects, 18 individuals were detected with the homozygous A/A allele that are currently undergoing orthodontic therapy and requiring an extraction of the impacted molars. A total 24 of extracted teeth were tested with submerging them into the artificial saliva with an addition of various media. The dental samples were distributed into four groups: only artificial saliva (I, control); 1000 IU of cholecalciferol per 100 ml (II); processing with remineralizing toothpaste (III); vitamin D and remineralizing toothpaste (IV). The evaluation of the structure of the dental enamel was carried out using the method of confocal profilometry with measuring the Ra and Rp roughness parameters.* ***RESULTS:*** *In group II with the presence of cholecalciferol, changes were revealed in the roughness parameters (Ra, Rp) of dental enamel surface, in group III (processing with remineralizing toothpaste) the Ra and Rp parameters had similar digital values. As for the samples from the group IV, comparing to the group I, smoothness was revealed in the dental enamel surface, which is confirmed by the Ra and Rp (p >0.001) parameters. This effect can be explained by the synergic action of the cholecalciferol and the remineralizing components of the toothpaste on the structure of the enamel.* ***CONCLUSION:*** *In the individuals with homozygous polymorphism (A/A) of the VDR gene, significant changes were revealed in the parameters of dental enamel roughness (Ra and Rp) after the combined use of cholecalciferol and remineralizing toothpaste, which is related to the smoothening of surface due to the formation of the homogeneous layer consisting of the microRepair microcrystals.*

Keywords: *polymorphism; VDR gene; confocal profilometry; remineralizing toothpaste; vitamin D; cholecalciferol.*

For citation:
Tikhonova SN, Kozlova MV, Gorbatova EA. The Evaluation of Efficiency of the Impact of Vitamin D and Remineralizing Toothpaste on the Structure of the Dental Enamel in the Individuals with Homozygous Polymorphism in the Gene, Encoding the Intracellular Vitamin D Receptor (VDR). *Journal of Clinical Practice*. 2025;16(2):41–52. doi: 10.17816/clinpract678365 EDN: MJYCOQ

Submitted 10.04.2025 Accepted 13.06.2025 Published online 27.06.2025

точный рецептор витамина D (VDR Bsml rs1544410), является причиной дефицита витамина D [3, 4]. X. Qin и соавт. [5] отметили взаимосвязь между низким уровнем холекальциферола в крови и высокой интенсивностью кариеса зубов.

Ранее у лиц с гомозиготным полиморфизмом (A/A) гена *VDR* в эксперименте по изучению структуры эмали с помощью электронной сканирующей микроскопии установлены морфологические изменения её поверхности, обусловленные процес-

сом деминерализации. Результаты спектрометрического анализа подтвердили активацию фазы резорбции твёрдых тканей зуба, которая проявлялась нарушением микроэлементного состава [6]. Согласно современной концепции Всемирной организации здравоохранения, одной из самых эффективных стратегий профилактики кариеса является реминерализирующая терапия [7–9]. Профилактическое и лечебное действие минеральных элементов (фосфора, кальция, фтора) основано на их включении в кристаллическую решётку апатитов эмали зуба [10].

Имеются данные об эффективной эндогенной профилактике кариеса в виде дополнительного приёма витамина D, влияющего на кальций-фосфорный обмен [11].

У пациентов с гомозиготным генотипом A/A отмечается дефицит витамина D в крови, что является причиной нарушения метаболизма кальция и развития дисбаланса костного ремоделирования [12].

Одним из вариантов экспериментального исследования структуры эмали зуба является конфокальная оптическая профилометрия [13], позволяющая оценить поверхность эмали с применением цифровых методов и провести статистический анализ результатов.

Цель исследования — изучить действие витамина D и зубной пасты с реминерализирующим составом на структуру поверхности эмали удалённых ретенированных зубов у лиц с гомозиготным полиморфизмом (A/A) гена *VDR*.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Одноцентровое проспективное рандомизированное исследование (рис. 1).

ОБСЛЕДОВАНО
200 человек в возрасте 22–25 лет (68 мужчин, 132 женщины), обучающихся на кафедре стоматологии ФГБУ ДПО ЦГМА в 2023–2025 гг.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ
Изучение генотипов *VDR* (Bsml rs1544410)

Критерии включения	Критерии невключения
• пациенты с выявленным гомозиготным (A/A) полиморфизмом гена *VDR* и диагностированным дефицитом витамина D при ежедневном приёме холекальциферола в дозировке 1000 МЕ, имеющие ортодонтические показания к удалению третьих моляров нижней челюсти, с диагнозом «K07.35 Ретенированные или импактные зубы» • удалённые третьи моляры нижней челюсти со сформированной анатомической структурой вышеуказанных пациентов	• обследованные лица с болезнями желудочно-кишечного тракта, патологией почек, онкологическими, аутоиммунными, эндокринными заболеваниями • беременность, период лактации

36 обследованных (16 мужчин, 20 женщин) с гомозиготным полиморфизмом A/A гена *VDR* (Bsml rs1544410) и дефицитом витамина D в крови

24 удалённых (по ортодонтическим показаниям) ретенированных нижних моляра распределены в ёмкости с искусственной слюной (4 группы по 6 зубов)

I, контроль	II	III	IV
только искусственная слюна	+ холекальциферол 1000 МЕ на 100 мл раствора	+ обработка реминерализирующей пастой	+ холекальциферол 1000 МЕ на 100 мл раствора + обработка реминерализирующей пастой

КОНФОКАЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ПРОФИЛОМЕТРИЯ

Рис. 1. Дизайн исследования.

На кафедре стоматологии ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации (ФГБУ ДПО ЦГМА) обследовали 200 обучающихся в возрасте 22–25 лет (68 мужчин и 132 женщины), которым проводили тест на определение полиморфизма гена *VDR* (Bsml rs1544410).

Критерии соответствия

Критерии включения: пациенты с выявленным гомозиготным (A/A) полиморфизмом гена *VDR* и диагностированным дефицитом витамина D при ежедневном приёме холекальциферола в дозировке 1000 МЕ, имеющие ортодонтические показания к удалению третьих моляров нижней челюсти, с диагнозом «K07.35 Ретенированные или импактные зубы»; удалённые третьи моляры нижней челюсти со сформированной анатомической структурой.

Критерии невключения: лица с болезнями желудочно-кишечного тракта, патологией почек, онкологическими, аутоиммунными, эндокринными заболеваниями; беременность, период лактации.

Условия проведения

Клиническое исследование, сбор генетического материала, удаление ретенированных моляров нижней челюсти проводили на кафедре стоматологии ФГБУ ДПО ЦГМА.

Генетический тест на определение полиморфизма гена *VDR*, кодирующего внутриклеточный рецептор витамина D, выполняли в Национальном центре генетических исследований MyGenetics (Новосибирск).

Измерение параметров шероховатости эмали зубов осуществляли при помощи конфокального оптического профилометра S Neox (Sensofar, Испания) в ФГБНУ «Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (Москва, Троицк).

Продолжительность исследования

Исследование проведено в период с 2023 по 2025 год.

Описание медицинского вмешательства

Пациентам с гомозиготным полиморфизмом (A/A) гена *VDR* (*n*=18) под проводниковой и инфильтрационной анестезией Ультракаином Д-С форте (Sol. Ultracaini forte) 1,7 мл формировали и отслаивали слизисто-надкостничный лоскут на уровне проекции третьего моляра нижней челюсти, затем фиссурным бором снимали костный капюшон и элеватором удаляли ретенированные зубы. Далее слизисто-надкостничный лоскут укладывали на место и ушивали простыми узловыми швами. Всего удалено 24 зуба.

Удалённые зубы очищали от мягких тканей, помещали в колбы с искусственной слюной (структурированная вода; электролиты: Na^+ 0,3 г/л, K^+ 1 г/л, Ca^{2+} 0,05 г/л, Mg^{2+} 0,01 г/л, Cl^- 0,1 г/л, $(PO)_4^{3-}$ 0,1 г/л; органические вещества: 0,5% карбоксиметилцеллюлоза и альгиновая кислота, мочевина). Образцы зубов по шесть штук распределяли в четыре колбы соответственно группам: группа I содержала только раствор искусственной слюны (далее учитывается как контрольная группа); в группе II в раствор искусственной слюны добавляли холекальциферол в концентрации 1000 МЕ/100 мл; в группе III в эмаль удалённых зубов при помощи электрической зубной щётки в течение 2 минут втирали зубную пасту, в состав которой входят микрокристаллы microRepair, дважды в день, при соблюдении интервала 10 часов; в группе IV удалённые зубы, обработанные зубной пастой по протоколу группы III, помещали в колбу, содержащую искусственную слюну с холекальциферолом в концентрации 1000 МЕ/100 мл.

Колбы хранили в термостате при 37°C в течение 72 часов, после чего зубы извлекали и промывали водой в течение 60 секунд.

Методы регистрации исходов

Измерения параметров шероховатости эмали зуба выполняли на контактной поверхности моляров на уровне экватора в диагональном и горизонтальном профилях при помощи конфокального оптического профилометра S Neox (Sensofar, Испания). Трёхмерные изображения поверхности получали при использовании объектива ×50 (размер видимого поля 351×264 мкм, разрешение 0,13 мкм) с применением LED-источника света (от Light Emitting Diode — светоизлучающий диод) с разной длиной волны: красный (630 нм), зелёный (530 нм), голубой (460 нм) и белый.

Цифровую обработку сканов поверхности эмали зуба осуществляли при помощи программных обеспечений Senso SCAN и Gwyddion.

Исследования показателей шероховатости поверхности эмали выполняли в соответствии со

https://doi.org/10.17816/clinpract678365

клиническая практика 2025 Том 16 №2

стандартом ГОСТ Р ИСО 25178-2-2014[1], регламентируемым ГОСТ 2789-73. Автоматический расчёт данных производили при помощи программного обеспечения Sensofar (в соответствии с ISO 4287).

Рассматривали следующие параметры в пределах базовой длины, позволяющие интерпретировать изменение шероховатости поверхности эмали зубов на этапах эксперимента: Ra (roughness average) — среднее арифметическое отклонение оцениваемого профиля; Rp (maximum peak height) — максимальная высота пика профиля.

Статистический анализ

Для статистической обработки результатов и описания данных использовали программное обеспечение Statistica 13.3 (StatSoft Inc.), GraphPad Prism 9 версии 9.4.1. Средние значения показателей приводятся в виде M±m, где M — среднее, m — ошибка среднего. Статистически значимыми приняты различия по величине уровня значимости (*p*), не превышающие 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

На кафедре стоматологии ФГБУ ДПО ЦГМА обследовали 200 обучающихся в возрасте 22–25 лет (68 мужчин и 132 женщины), которым проводили тест на определение полиморфизма гена *VDR* (Bsml rs1544410).

По результатам генетического тестирования в группу с гомозиготным аллелем A/A гена *VDR* вошли 36 человек (16 мужчин, 20 женщин) с установленным дефицитом витамина D (концентрация в сыворотке крови составляла 9,04±2,02 нг/мл). Из данной группы отобрано 18 человек (7 мужчин, 11 женщин), которым по ортодонтическим показаниям провели экстракцию третьих моляров нижней челюсти (диагноз: «K07.35 Ретенированные или импактные зубы»).

Основные результаты исследования

У лиц с гомозиготным полиморфизмом (A/A) гена *VDR* микроструктура образцов эмали зубов, находившихся в растворе искусственной слюны (группа I, контрольная), имела изменённый структурный рельеф. Трёхмерное изображение поверхности образцов зубов, визуализированных на рис. 2, характеризовалось множеством пикообразных возвышений относительно базовой поверхности, представляющей собой неоднородную плоскость преимущественно красного цвета. На рис. 3 изображён графический профиль данной поверхности, имеющий высокую частоту чередования пиков и впадин. При цифровой обработке полученных данных определён показатель Ra, который составил в измерениях по диагонали 0,436±0,052, по горизонтали — 0,308±0,172 (рис. 4), показатель максимального перепада высот Rp — 1,421±0,16 и 1,440±0,46 соответственно (рис. 5).

[1] Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р ИСО 25178-2-2014. Геометрические характеристики изделий (GPS). Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200116349?ysclid=mc1xy4b8js53577141

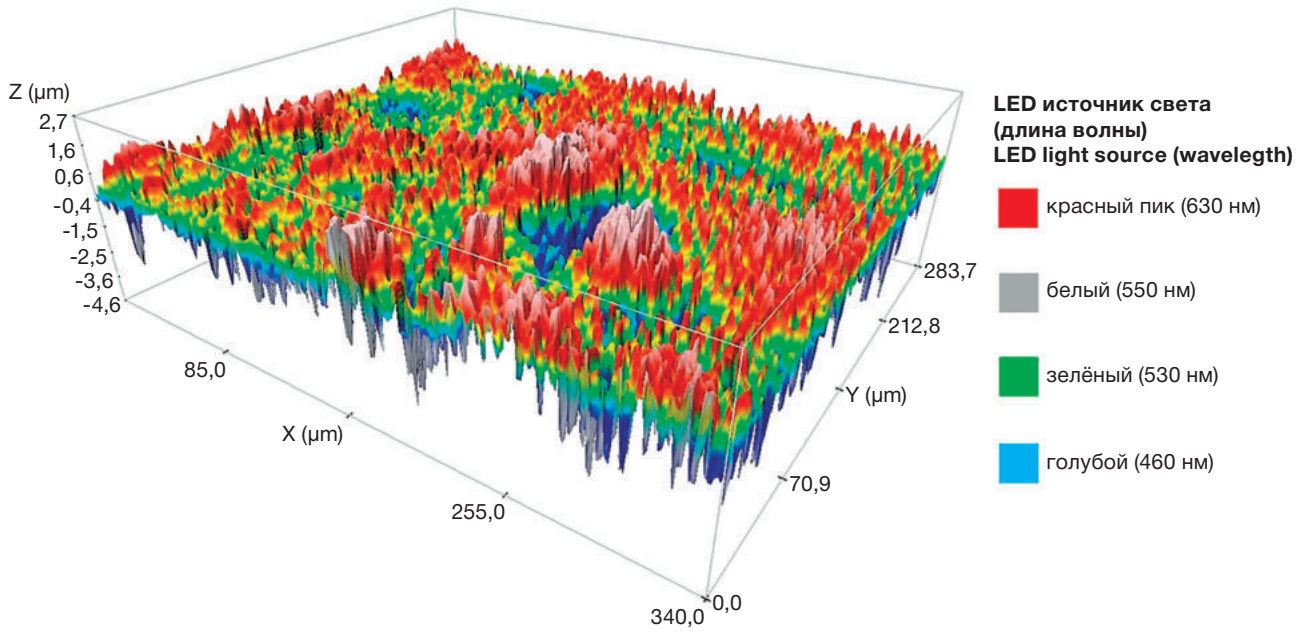

Рис. 2. Трёхмерное изображение поверхности эмали образца зуба (группа I).

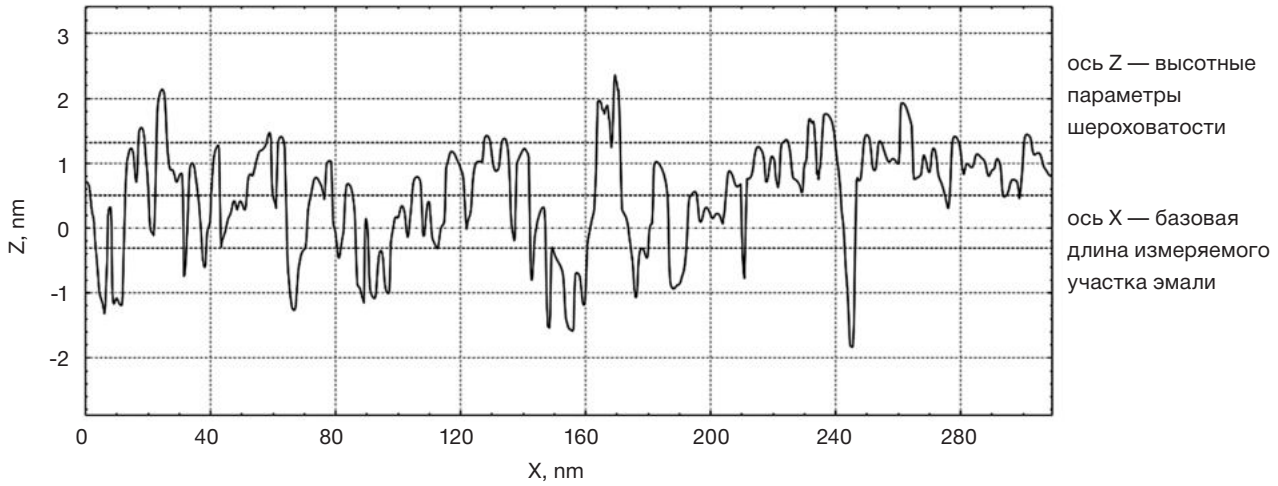

Рис. 3. Профиль поверхности эмали образца зуба (группа I).

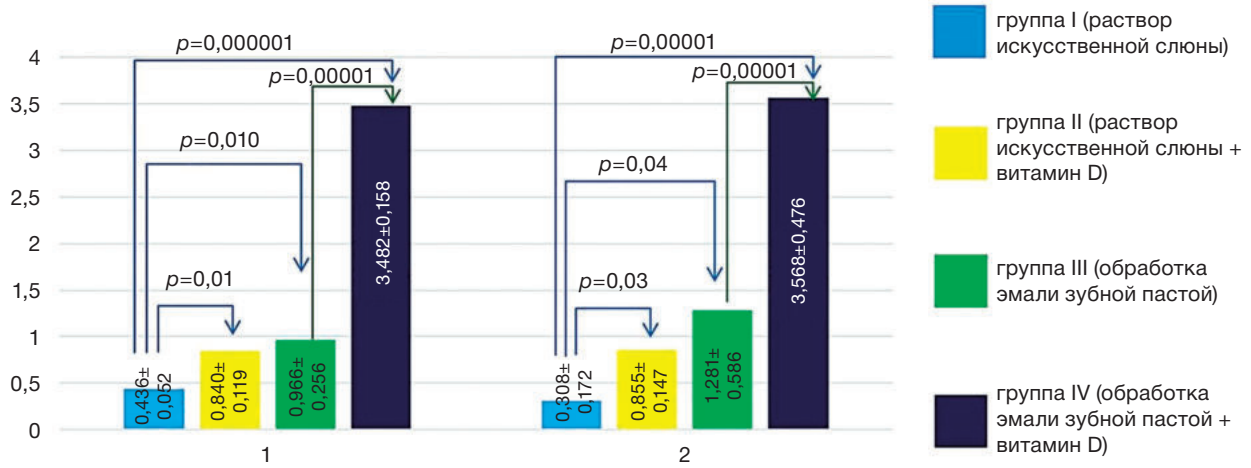

Рис. 4. Диаграмма параметра Ra (среднее арифметическое отклонение оцениваемого профиля: 1 — диагональное измерение; 2 — горизонтальное измерение).

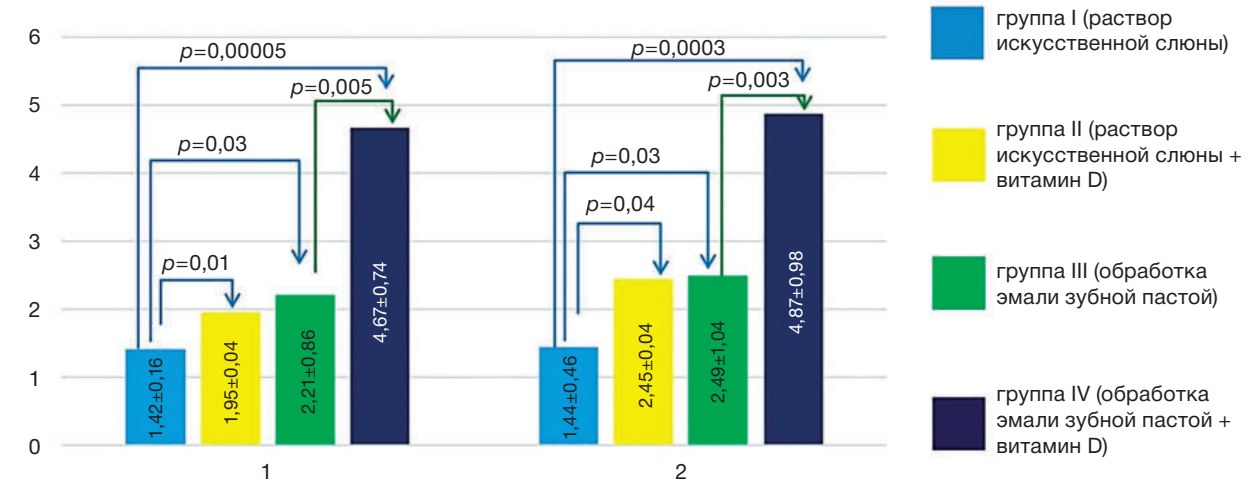

Рис. 5. Диаграмма параметра Rp (максимальная высота пика оцениваемого профиля: 1 — диагональное измерение; 2 — горизонтальное измерение).

https://doi.org/10.17816/clinpract678365

клиническая практика 2025 Том 16 №2

Поверхность эмали удалённых ретенированных зубов в группе II с добавлением к раствору искусственной слюны 1000 МЕ холекальциферола на трёхмерном изображении имела увеличенные площади участков зелёного и голубого цвета (рис. 6). Графическое отображение пиков высоты приобрело умеренный перепад между самой высокой и низкой точкой графика линии шероховатости (рис. 7). При цифровой оценке профиля поверхности параметр Ra по диагональному измерению составил 0,840±0,119, по горизонтальному измерению — 0,855±0,147 (см. рис. 4), критерий Rp соответствовал значениям 1,95±0,04 и 2,45±0,04 (см. рис. 5).

Рельеф поверхности образцов зубов после втирания зубной пасты с реминерализирующим комплексом в группе III визуализировали на трёхмерном изображении как преобладание цветовых полей зелёного и голубого спектра по отношению к умеренно выраженным участкам красного цвета (рис. 8). Распределение цветов имело выраженные оптические границы. Графическое отражение поверхности эмали, обработанной зубной пастой, наблюдали в виде волнообразной линии, на протяжении которой участки сглаженного вида высот чередовались с пикообразными (рис. 9). Значения шероховатости Ra составили 0,966±0,256 (диагональное измерение) и 1,281±0,586 (горизонтальное измерение) (см. рис. 4), перепад высот Rp — 2,21±0,86 и 2,49±0,41 соответственно (см. рис. 5).

В группе IV при обработке зубной пастой с реминерализирующим эффектом и добавлении витамина D (1000 МЕ на 100 мл) на трёхмерном изображе-

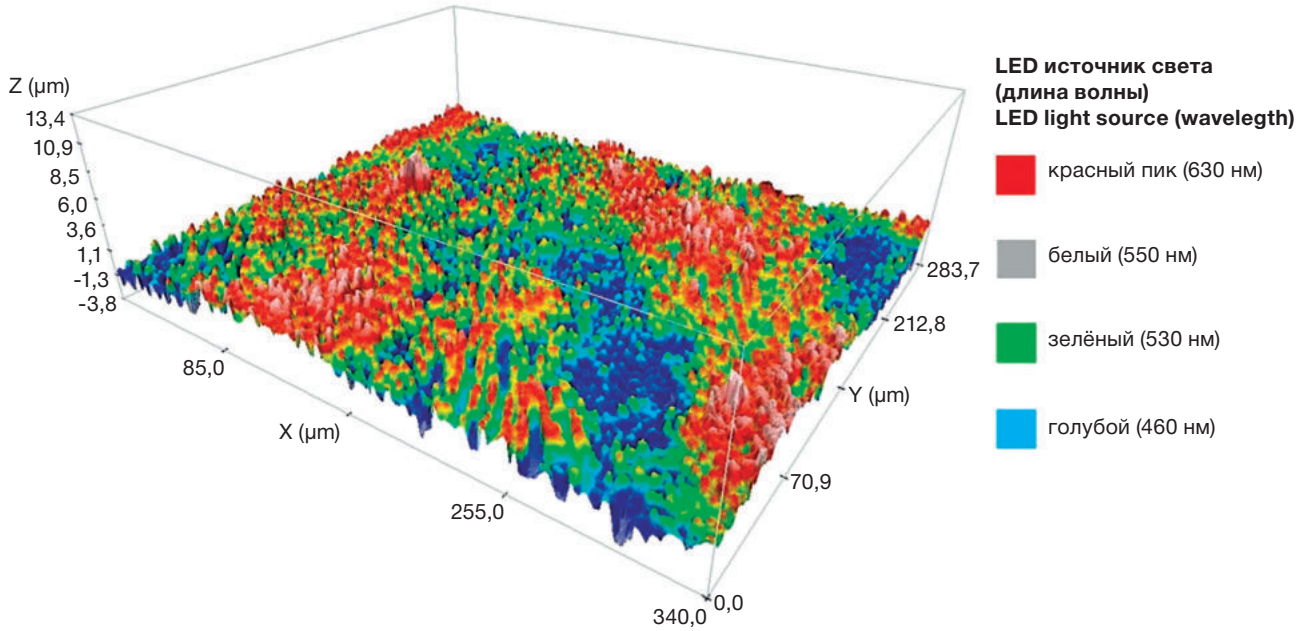

Рис. 6. Трёхмерное изображение поверхности эмали образца зуба (группа II).

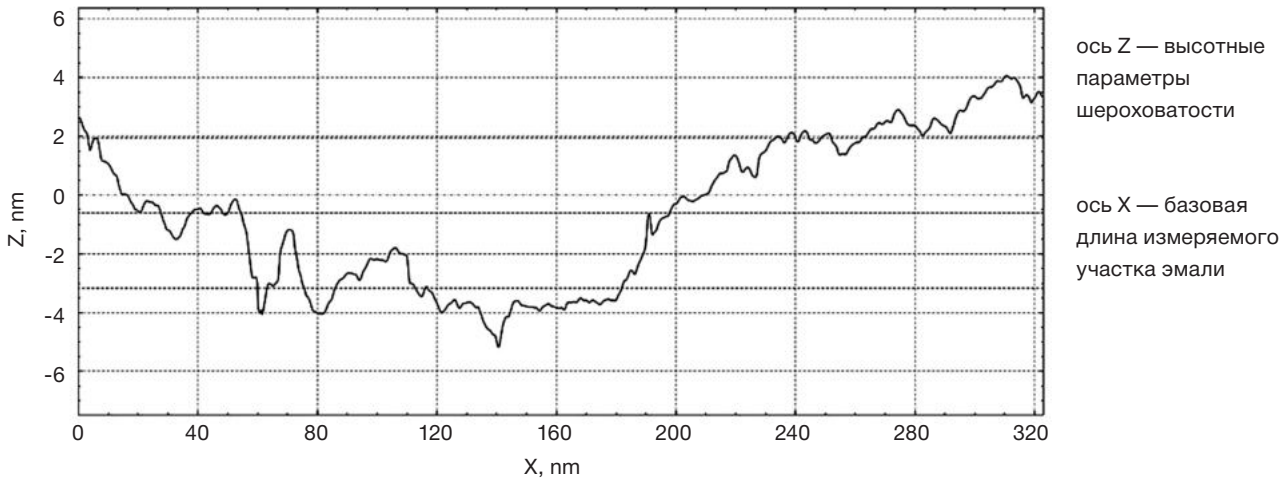

Рис. 7. Профиль поверхности эмали образца зуба (группа II).

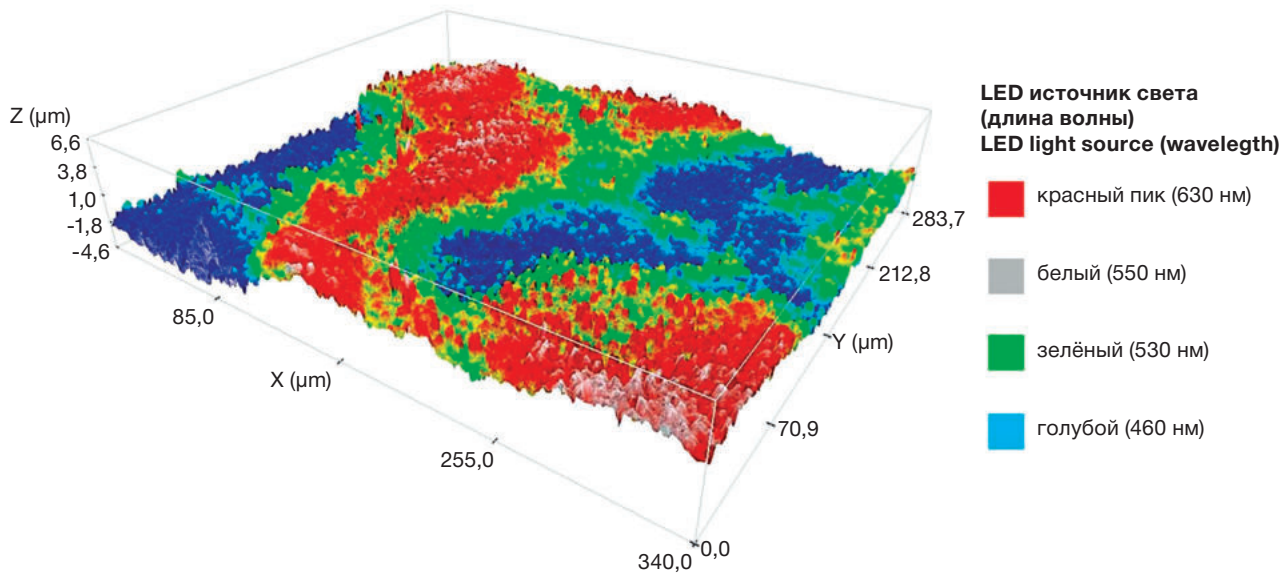

Рис. 8. Трёхмерное изображение поверхности эмали образца зуба (группа III).

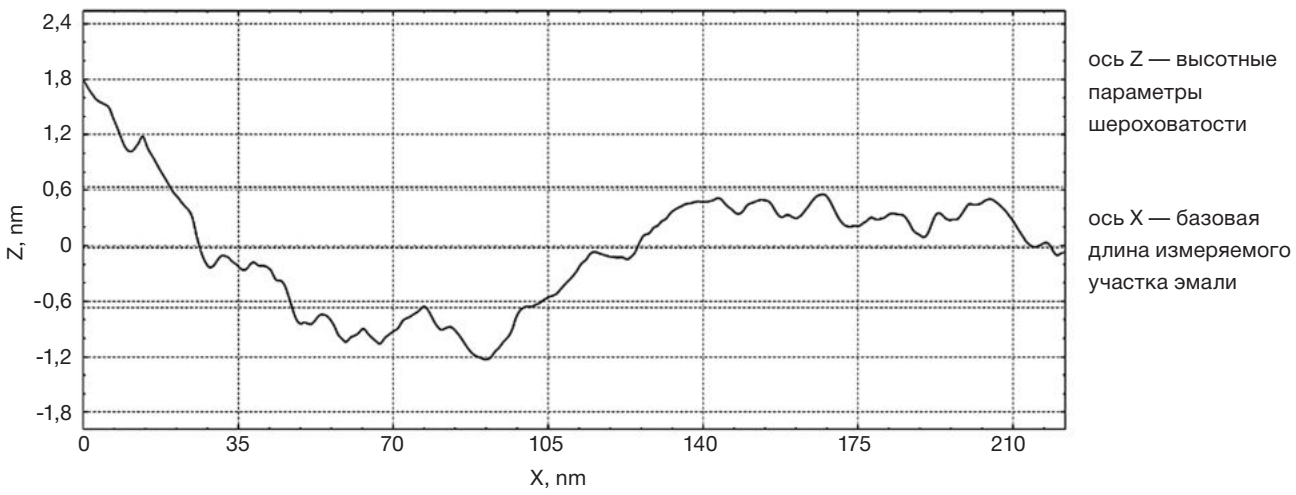

Рис. 9. Профиль поверхности эмали образца зуба (группа III).

нии поверхность выглядела структурированно, без резко выраженных пиков и впадин, имела чёткую геометрию цветовых зон (рис. 10). На графике профиля отсутствовал пикообразный перепад графической высоты, а поверхность эмали приобрела достаточно гладкий вид, без признаков пористой структуры (рис. 11). Показатель шероховатости Ra соответствовал значениям по диагональному измерению 3,482±0,158, по горизонтальному — 3,568±0,476, Rp — 4,67±0,74 и 4,87±0,98 соответственно (см. рис. 4, 5).

ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех группах при анализе результатов измерений в горизонтальном и диагональном направлениях нами получены показатели без значимой разницы, что свидетельствовало о достоверности данных, фиксированных с поверхности, имеющей объёмную нелинейную форму объекта — экватор контактной поверхности зуба.

У пациентов с гомозиготным полиморфизмом (A/A) гена *VDR*, оценивая результаты конфокальной профилометрии, отметили, что в группе II (зубы, находившиеся в растворе искусственной слюны и витамина D) произошло изменение шероховатости поверхности эмали удалённых зубов. Увеличение параметров Ra (в 1,4 раза; p=0,01) и Rp (в 2 раза; p=0,01) в сравнении с группой I (контрольной) свидетельствовало о сглаженности рельефа (см. рис. 4, 5). На трёхмерном изображении дополнительно визуали-

https://doi.org/10.17816/clinpract678365

клиническая практика 2025 Том 16 №2

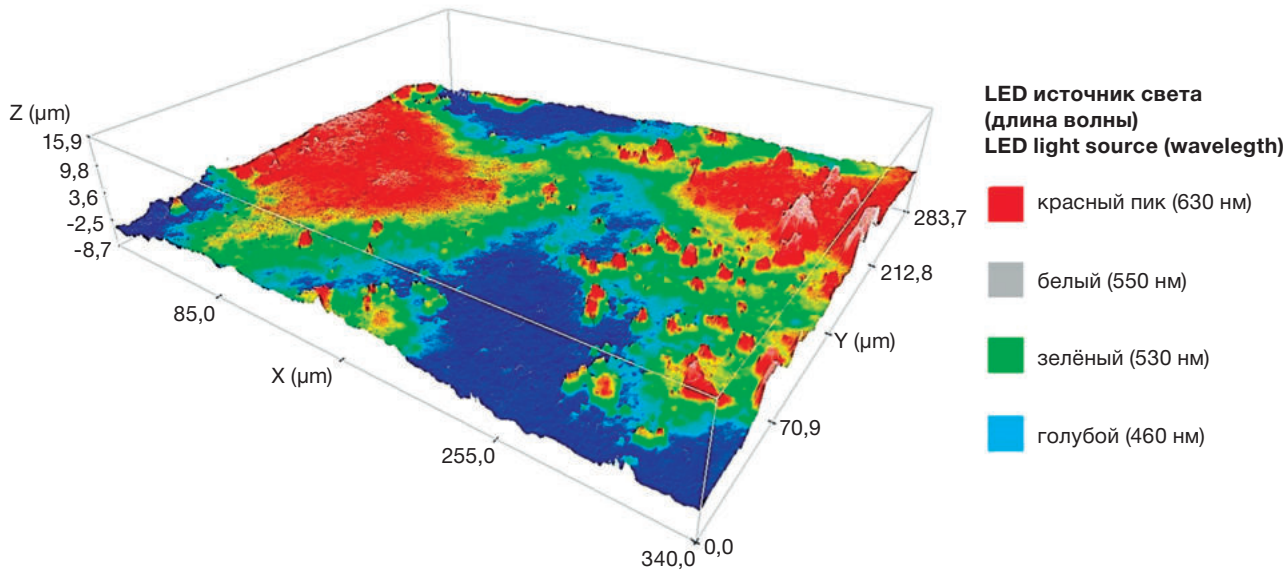

Рис. 10. Трёхмерное изображение поверхности эмали образца зуба (группа IV).

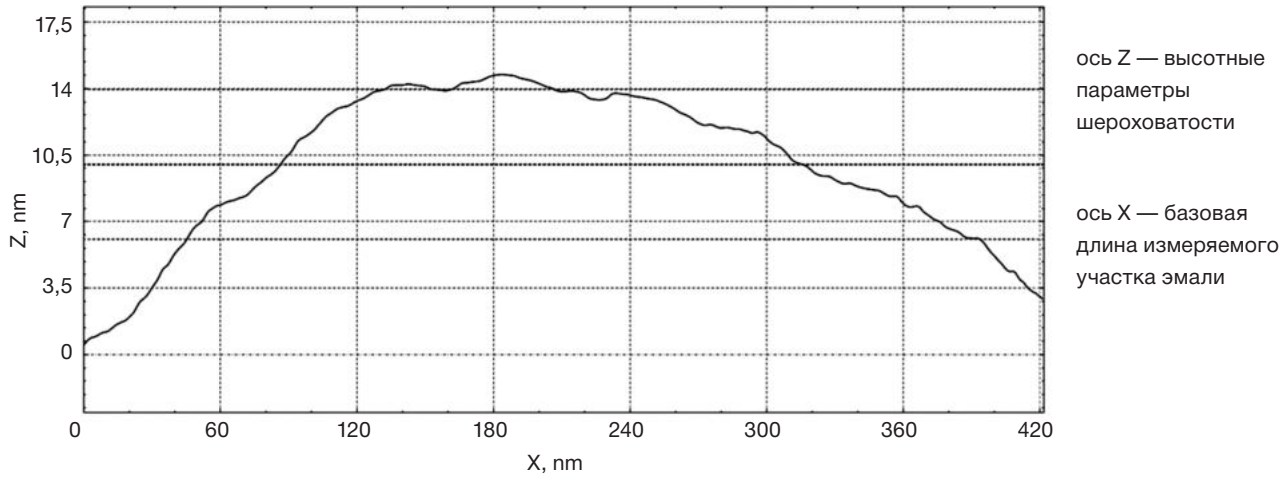

Рис. 11. Профиль поверхности эмали образца зуба (группа IV).

зировали увеличение площади участков зелёного и голубого цвета (см. рис. 6). Можно предположить, что данная трансформация поверхности эмали связана с образованием зон минерализации за счёт выпадения кальций-фосфатных соединений из раствора искусственной слюны в присутствии витамина D.

Результаты групп II (добавление холекальциферола к раствору искусственной слюны) и III (обработка эмали удалённых зубов реминерализирующей пастой) имели достоверное изменение параметров шероховатости в сравнении с группой I (контрольной).

При сопоставлении цифровых показателей Ra и Rp групп II и III установлены статистически недостоверные различия: присутствие холекальциферола в искусственной слюне или обработка реминерализирующей пастой показали одинаковые цифровые значения шероховатости.

У образцов группы IV (удалённые зубы, находившиеся в растворе искусственной слюны с витамином D и обработанные реминерализирующей пастой) выявлено значительное изменение шероховатости поверхности эмали, что подтверждалось увеличением параметров Ra (в 8 раз; p=0,000001) и Rp (в 3 раза; p=0,00005) в сравнении с контрольной группой I (см. рис. 4, 5). Полученные результаты обусловлены синергическим эффектом действия витамина D и микрокристаллов microRepair, входящих в состав зубной пасты.

Данные исследования свидетельствуют о том, что у лиц, являющихся носителями гомозигот-

ного полиморфизма (A/A) гена *VDR*, комбинированное применение реминерализирующей пасты и холекальциферола способствует улучшению структуры эмали зубов и повышает уровень её резистентности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов с гомозиготным полиморфизмом (A/A) гена *VDR* при экспозиции удалённых ретенированных зубов в растворе искусственной слюны с последующим добавлением холекальциферола в концентрации 1000 МЕ/100 мл и обработкой эмали реминерализирующей зубной пастой установлено достоверно значимое изменение параметров Ra и Rp. Повышение значений данных показателей приводит к снижению выраженной шероховатости эмали зубов, что связано с образованием в присутствии витамина D равномерно распределённого по поверхности гомогенного слоя, состоящего из микрокристаллов microRepair.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки программы профилактики кариеса зубов у пациентов, входящих в группу риска, связанного с нарушениями минерального обмена, обусловленного гомозиготным полиморфизмом (A/A) гена *VDR*.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. *С.Н. Тихонова* — сбор, анализ литературных источников, проведение экспериментальной части исследования, подготовка и написание текста статьи; *М.В. Козлова* — идея и дизайн исследования, хирургическое лечение пациентов, участвующих в исследовании, редактирование текста статьи; *Е.А. Горбатова* — анализ литературных источников, редактирование текста статьи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы одобрили рукопись, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части).

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам ООО «Национальный центр генетических исследований» MyGenetics (Новосибирск, Россия) — руководителю отдела разработки В.В. Полуновскому, старшему специалисту О.В. Чедуловой за проведение анализа генетического материала и интерпретацию полученных данных.

Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику лаборатории ФГБНУ «Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (Москва, Троицк, Россия) Е.В. Гладких за предоставление оборудования и помощь в проведении экспериментальной части исследования.

Этическая экспертиза. Все пациенты, включённые в исследование, подписывали добровольное согласие на проведение всех медицинских вмешательств, согласно приказу Минздравсоцразвития РФ № 390н от 23.04.2012, в соответствии со статьей 20 Федерального закона № 323 от 21.11.2011. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом при ФГБУ ДПО ЦГМА, выписка из протокола заседания № 1 от 07.02.2023.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При проведении исследования и создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе неприменима, данные могут быть опубликованы в открытом доступе.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. *S.N. Tikhonova:* collection and analysis of literary sources, conducting the experimental part of the study, preparing and writing the text of the article; *M.V. Kozlova:* idea and design of the study, surgical treatment of patients participating in the study, editing the text of the article; *E.A. Gorbatova:* analysis of literary sources, editing the text of the article. Thereby, all authors provided approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work in ensuring

https://doi.org/10.17816/clinpract678365

that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Acknowledgements. The authors express gratitude to the employees of "MyGenetics" National Center of Genetic Tests" LLC (Novosibirsk, Russia): to the Head of the Development Department V.V. Polunovskiy, to the Senior Specialist O.V. Chedulova for arranging the analysis of genetic material and for the interpretation of the obtained data.

The authors express gratitude to the Senior Research Associate of the Laboratory of the FSBSI "Technological Institute for Superhard and Novel Carbon Materials" under the National Research Center "Kurchatov's Institute" (Moscow, Troitsk, Russia) E.V. Gladkikh for the provision of equipment and for the help in arranging the experimental part of the research.

Ethics approval. All the patients enrolled into the research have signed the voluntary consents for the conduction of all the medical procedures, according to the Decree issued by the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation No. 390n dated 23.04.2012, in accordance with the Article 20 of the Federal Law No. 323 dated 21.11.2011. The research protocol was approved by the local Ethics Committee of the FSBI CPE CSMA, extract from the session protocol No. 1, dated 07.02.2023.

Funding sources. No funding.

Disclosure of interests. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Statement of originality. The authors did not utilize previously published information (text, illustrations, data) in conducting the research and creating this paper.

Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, data can be published as open access.

Generative AI. Generative AI technologies were not used for this article creation.

Provenance and peer-review. This paper was submitted to the journal on an initiative basis and reviewed according to the usual procedure. Two external reviewers and the scientific editor of the publication participated in the review.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Кузьмина Э.М., Янушевич О.О., Кузьмина И.Н., Лапатина А.В. Тенденции распространенности и интенсивности кариеса зубов среди населения России за 20-летний период // *Dental forum.* 2020. № 3. С. 2–8. [Kuzmina EM, Yanushevich OO, Kuzmina IN, Lapatina AV. Tendency in the prevalence of dental caries among the Russian population over a 20-year period. *Dental forum.* 2020;(3):2–8]. EDN: GARUBC
2. Shungin D, Haworth S, Divaris K, et al. Genome-wide analysis of dental caries and periodontitis combining clinical and self-reported data. *Nat Commun.* 2019;10(1):2773. doi: 10.1038/s41467-019-10630-1
3. Николаева В.В., Терещенко Л.Ф., Волобуев В.В. Роль витамина D в развитии стоматологических заболеваний (обзор литературы) // *Colloquium-Journal.* 2019. № 10-3. С. 26–28. [Nikolaeva VV, Tereshchenko LF, Volobuev VV. The role of vitamin D in the development of dental diseases (literature review). *Colloquium-Journal.* 2019;(10-3):26–28]. EDN: YWGGDV
4. Тихонова С.Н., Козлова М.В., Горбатова Е.А. Влияние полиморфизма гена VDR на показатели интенсивности и распространенности кариеса зубов // *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2023. № 3. С. 68–72. [Tikhonova SN, Kozlova MV, Gorbatova EA. The influence of the VDR gene polymorphism on the indicators of the intensity and prevalence of dental caries. *Kremlin medicine. Clinical bulletin.* 2023;(3):68–72]. doi: 10.48612/cgma/eabv-bb58-h8k7 EDN: ECERGF
5. Qin X, Wang M, Wang L, et al. Association of vitamin D receptor gene polymorphisms with caries risk in children: A systematic review and meta-analysis. *BMC Pediatr.* 2024;24(1):650. doi: 10.1186/s12887-024-05127-w
6. Тихонова С.Н., Козлова М.В., Горбатова Е.А., Евстафьева О.Л. Влияние витамина D и реминерализирующей пасты на поверхность эмали у пациентов с полиморфизмом гена VDR // *Российский стоматологический журнал.* 2024. Т. 28, № 1. С. 61–69. [Tikhonova SN, Kozlova MV, Gorbatova EA, Evstafyeva OL. Changes in the enamel surface in patients with polymorphism of the VDR gene under the action of remineralizing composition and vitamin D. *Russian Journal of Dentistry.* 2024;28(1):61–69]. doi: 10.17816/dent623808 EDN: UPYQCE
7. Гегамян А.О., Сарап Л.Р., Зейберт А.Ю. Оценка скорости реминерализации эмали при помощи количественной светоиндуцированной флуоресценции // *Клиническая стоматология.* 2021. Т. 24, № 4. С. 13–17. [Gegamyan AO, Sarap LR, Zejbert AYu. Evaluation of the rate of enamel remineralization using quantitative light-induced fluorescence. *Clinical Dentistry.* 2021;24(4):13–17]. doi: 10.37988/1811-153X_2021_4_13 EDN: KKQQAG
8. Екимов Е.В., Скрипкина Г.И., Сметанин А.А., Коршунов А.П. Объективная оценка эффективности кариеспрофилактических средств // *Стоматология.* 2021. Т. 100, № 5. С. 15–18. [Ekimov EV, Skripkina GI, Smetanin AA, Korshunov AP. Objective assessment of the effectiveness of caries-preventive agents. *Dentistry.* 2021;100(5):15–18]. doi: 10.17116/stomat202110005115 EDN: KXNPTJ
9. Farooq I, Bugshan A. The role of salivary contents and modern technologies in the remineralization of dental enamel: A narrative review. *F1000Res.* 2020;9:171. doi: 10.12688/f1000research.22499.3
10. Grohe B, Mittler S. Advanced non-fluoride approaches to dental enamel remineralization: The next level in enamel repair management. *Biomat Biosyst.* 2021;4:100029. doi: 10.1016/j.bbiosy.2021.100029
11. Дьячкова Е.Ю., Трифонова Д.О., Ибадулаева М.О., и др. Влияние дефицита витамина D на состояние зубочелюстной системы: обзорная статья // *Остеопороз и остеопатии.* 2021. Т. 24, № 1. С. 19–25. [Dyachkova EYu, Trifonova DO, Ibadulaeva MO, et al. The effect of vitamin D deficiency on the state of the dental system: A review article. *Osteoporosis and Bone Diseases.* 2021;24(1):19–25]. doi: 10.14341/osteo12719 EDN: WUDDUU
12. Şengün Berber E, Koç FU, Aykut A, et al. The role of serum vitamin D levels and vitamin D receptor (VDR) gene variants on dental caries. *Children (Basel).* 2024;12(1):7. doi: 10.3390/children12010007
13. Austin RS, Giusca CL, Macaulay G, et al. Confocal laser scanning microscopy and area-scale analysis used to quantify enamel surface textural changes from citric acid demineralization and salivary remineralization in vitro. *Dent Mater.* 2016;32(2):278–284. doi: 10.1016/j.dental.2015.11.016

ОБ АВТОРАХ

Автор, ответственный за переписку:
Козлова Марина Владленовна, д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, 121359, Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 19, стр. 1А;
ORCID: 0000-0002-3066-206X;
eLibrary SPIN: 5546-2489;
e-mail: profkoz@mail.ru

Соавторы:
Тихонова Светлана Николаевна;
ORCID: 0009-0004-7372-8833;
eLibrary SPIN: 6610-7509;
e-mail: tixonovalana@gmail.com

Горбатова Екатерина Александровна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-7729-7979;
eLibrary SPIN: 5836-2399;
e-mail: gorbatova_k@mail.ru

AUTHORS' INFO

The author responsible for the correspondence:
Marina V. Kozlova, MD, PhD, Professor;
address: 19 Marshal Timoshenko st, bldg. 1A, Moscow, Russia, 121359;
ORCID: 0000-0002-3066-206X;
eLibrary SPIN: 5546-2489;
e-mail: profkoz@mail.ru

Co-authors:
Svetlana N. Tikhonova;
ORCID: 0009-0004-7372-8833;
eLibrary SPIN: 6610-7509;
e-mail: tixonovalana@gmail.com

Ekaterina A. Gorbatova, MD, PhD, Professor;
ORCID: 0000-0002-7729-7979;
eLibrary SPIN: 5836-2399;
e-mail: gorbatova_k@mail.ru

https://doi.org/10.17816/clinpract678365