

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОДНОШАГОВЫХ И МНОГОШАГОВЫХ ПОЛИРОВАЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ОБРАБОТКИ ПРЯМЫХ РЕСТАВРАЦИЙ ИЗ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА: НЕРАНДОМИЗИРОВАННОЕ КОНТРОЛИРУЕМОЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

О. А. Павлович^{1,*}, И. А. Выхристюк², В. Ю. Бузько³, В. В. Павлович¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Конструкторско-технологический институт научного приборостроения» Сибирского отделения Российской академии наук
ул. Русская, д. 41, г. Новосибирск, 630058, Россия

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет»
ул. Ставропольская, д. 149, г. Краснодар, 350040, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Разнообразие полировальных систем и инструментов для проведения финишного этапа обработки прямых реставраций, выполненных из композитного материала, усложняет выбор врачу-стоматологу.

Цель исследования: в эксперименте на модельных образцах оценить эффективность применения инструментов для одноэтапного и многоэтапного вида полировки композитных материалов GC Gradia Direct и 3M ESPE Filtek Ultimate.

Методы. Подготовленные образцы, выполненные из реставрационных композитных материалов GC Gradia Direct и 3M ESPE Filtek Ultimate, в лабораторных условиях подвергались воздействию полировальных систем Kenda Maximus, Dentsply PoGo, Kagayaki RoundFlex, Shofu Super-Snap, Kagayaki Ensmart Pin, EVE Composoft и пасты Daiya-mondo Kagayaki. Полировальные системы отличались торговой маркой, техническими и эксплуатационными характеристиками. Исследования микрогеометрии поверхности всех 16 образцов провели в лаборатории оптических измерительных систем Конструкторско-технологического института научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук г. Новосибирска при помощи оптического интерференционного микроскопа-нанопрофилометра МНП-1 и на базе НОЦ ЦКП «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» ФГБОУ ВО «КубГУ» г. Краснодара с помощью растрового электронного микроскопа JEOL JSM-7500F.

Результаты. Методом оптической профилометрии и растровой электронной микроскопии получили данные о шероховатости поверхностей 16 образцов, которые полировали

в течение минуты. Полировальные инструменты Kenda Maximus, Dentsply PoGo, Kagayaki RoundFlex, Shofu Super-Snap, Kagayaki Ensmart Pin, EVE Composoft, а также паста Daiyamondo Kagayaki, которую использовали в инструментальной полировке последних образцов, показали разную степень эффективности их применения. Результаты, полученные методом оптической профилометрии, показали, что образцы, выполненные из материалов GC Gradia Direct и Filtek Ultimate, имели самый низкий средний уровень шероховатости в двух случаях: в первом случае после многоэтапной полировки инструментами Kagayaki Ensmart Pin с применением пасты Daiyamondo Kagayaki, где средняя шероховатость образца GC Gradia Direct была $Sa = 0,214$ мкм, а образца Filtek Ultimate — $Sa = 0,248$ мкм, и во втором случае после применения монополировального инструмента Kenda Maximus, где показатели шероховатости образцов соответствовали $Sa = 0,211$ мкм и $Sa = 0,242$ мкм. Показатель шероховатости поверхности обоих образцов после многошаговой обработки силиконовыми головками EVE Composoft имел среднее значение $Sa = 0,579$ мкм, $Sa = 0,549$ мкм и был отмечен как самый высокий. Метод растровой электронной микроскопии подтверждает результаты, полученные методом оптической профилометрии.

Заключение. Проведенное исследование показало, что обработка образцов одним инструментом Kenda Maximus с алмазным абразивом и обработка несколькими силиконовыми головками Kagayaki Ensmart Pin с последующим использованием пасты Daiyamondo Kagayaki с алмазным абразивом позволила получить очень близкие показатели шероховатости поверхности, которые интерпретировались как наименьшие показатели шероховатости поверхности исследуемых образцов, выполненных из композитных материалов GC Gradia Direct и 3M ESPE Filtek Ultimate, на основании результатов растровой электронной микроскопии и оптической профилометрии.

Ключевые слова: шероховатость поверхности реставрационного материала, полирование, контурирование, финирирование, шлифование, оптическая профилометрия, растровая электронная микроскопия

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Павлович О.А., Выхристюк И.А., Бузько В.Ю., Павлович В.В. Эффективность применения одношаговых и многошаговых полировальных систем на заключительном этапе обработки прямых реставраций из композитного материала: нерандомизированное контролируемое экспериментальное исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2021; 28(3): 29–45. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-3-29-45>

Поступила 20.02.2021

Принята после доработки 10.03.2021

Опубликована 27.06.2021

EFFICACY OF ONE-STEP AND MULTI-STEP POLISHING SYSTEMS IN FINISHING DIRECT COMPOSITE RESTORATION: A NON-RANDOMISED CONTROLLED EXPERIMENTAL TRIAL

Olga A. Pavlovich^{1*}, Ignat A. Vykhristyuk², Vladimir Yu. Buzko³, Victoria V. Pavlovich¹

¹ *Kuban State Medical University
Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia*

² *Institute of Design and Technology for Scientific Instrument Engineering,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Russkaya str., 41, Novosibirsk, 630058, Russia*

³ *Kuban State University
Stavropolskaya str., 149, Krasnodar, 350040, Russia*

ABSTRACT

Background. The variety of polishing systems and tools available for finishing direct composite restorations may perplex the dentist.

Objectives. An effect evaluation in one- and multi-step composite polishing tools using model specimens of GC Gradia Direct and 3M ESPE Filtek Ultimate restoratives.

Methods. The prepared specimens of GC Gradia Direct and 3M ESPE Filtek Ultimate restorative composites were exposed in laboratory to the Kenda Maximus, Dentsply PoGo, Kagayaki RoundFlex, Shofu Super-Snap, Kagayaki Ensmart Pin, EVE Composoft polishing systems and Daiyamondo Kagayaki paste. The polishing systems distinguished by brand, technical and performance characters.

Surface microgeometry in all 16 samples was estimated in the Laboratory of Optical Metrology, Institute of Design and Technology for Scientific Instrument Engineering, Novosibirsk, using a MNP-1 light interferometric nanoprobe microscope and at the shared core facilities of the Research and Education Centre "Nanomaterial Diagnostics and Properties" of Kuban State University, Krasnodar, using a JEOL JSM-7500F scanning electron microscope.

Results. Optical profilometry and scanning electron microscopy were used to estimate surface roughness in 16 specimens exposed to polishing for one minute. The polishing tools Kenda Maximus, Dentsply PoGo, Kagayaki RoundFlex, Shofu Super-Snap, Kagayaki Ensmart Pin, EVE Composoft, as well as Daiyamondo Kagayaki paste used in instrumental polishing, revealed a varied performance. Optical profilometry exhibited the GC Gradia Direct and Filtek Ultimate specimens to possess the lowest average roughness in two cases: 1) after multi-step polishing with Kagayaki Ensmart Pin tools with Daiyamondo Kagayaki paste (average roughness corresponded to S_a — 0.214 μm in GC Gradia Direct and S_a — 0.248 μm — in Filtek Ultimate), 2) in application of the Kenda Maximus monopolishing tool (roughness values of S_a — 0.211 and S_a — 0.242 μm , respectively). Surface roughness after multi-step machining with EVE Composoft silicone polishers was average S_a — 0.579 and S_a — 0.549 μm in both samples and was reported the highest. Scanning electron microscopy confirmed the optical profilometry estimates.

Conclusion. The assay showed that the specimen machining with a sole Kenda Maximus diamond abrasive tool and several Kagayaki Ensmart Pin silicone polishing heads followed by a Daiyamondo Kagayaki diamond abrasive paste application produced very similar surface roughness values, which were graded the lowest with GC Gradia Direct and 3M ESPE Filtek Ultimate composite samples using scanning electron microscopy and optical profilometry.

Keywords: restorative surface roughness, polishing, contouring, finishing, grinding, optical profilometry, scanning electron microscopy.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Pavlovich O.A., Vykhristyuk I.A., Buzko V.Yu., Pavlovich V.V. Efficacy of one-step and multi-step polishing systems in finishing direct composite restoration: a non-randomised controlled experimental trial. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2021; 28(3): 29–45. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-3-29-45>

Submitted 20.02.2021

Revised 10.03.2021

Published 27.06.2021

ВВЕДЕНИЕ

Финишный этап работы над прямой реставрацией, выполненной из композитного фотополимерного материала, подразумевает многозадачность, которая решается путем использования различных инструментов и полировальных систем с обязательным соблюдением инструкций, которые предлагают производители тех или иных стоматологических продуктов [1, 2]. Независимо

от протокола и количества используемых инструментов качество этого этапа оценивается по следующим параметрам: отсутствие суперконтактов, плавный и незаметный переход границы материала в микрорельеф естественной эмали, а также сухой блеск реставрации, близкий или идентичный блеску эмали зуба [3, 4]. Для получения качественной полировки композитных материалов стоматологический рынок предлагает на выбор

большое количество различных инструментов и полировальных систем, которые отличаются твердостью, величиной абразива, его формой, связующим агентом, рекомендуемой скоростью вращения, силой прижима, необходимостью использовать дополнительные средства из предлагаемой линейки для полировки и т. д. [5–7]. В связи с этим для получения качественной полировки прямой реставрации, помимо соблюдения протокола применения финишных инструментов, необходимо понимание особенностей применения инструментов на микроуровне [8]. Ввиду широты выбора полировальных систем от различных производителей возникает необходимость сравнительного анализа их эффективности [9].

Цель исследования — в эксперименте на модельных образцах оценить эффективность применения инструментов для одноэтапного и многоэтапного вида полировки композитных материалов GC Gradia Direct и 3M ESPE Filtek Ultimate.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Нерандомизированное контролируемое экспериментальное исследование провели с 16 модельными образцами дискообразной формы диаметром 20 мм и высотой 1,5 мм.

Критерии соответствия

В эксперименте применяли близкие полировальные системы, которые выбрали в пары сравнения по виду полировки, количеству и типу инструмента. Критериями соответствия выбора служили характеристики инструментов, изложенные в инструкциях производителей. В первую группу вошли инструменты для одношаговой полировки на силиконовом носителе с алмазным абразивом. Во второй группе сравнения инструменты представлены гибкими дисками разной абразивности и одинаковым количеством (шт.). Третья группа включала в себя две полировальные системы по три инструмента, которые применялись самостоятельно и с пастой Daiyamoto Kagayaki. Композитные материалы рекомендованы для восстановления дефектов твердых тканей во фронтальном отделе.

Условия проведения

Подготовка образцов для исследования была проведена на базе мультипрофильного аккредитационно-симуляционного центра Кубанского государственного медицинского университета. Исследование шероховатости поверхности образцов методом оптической профилометрии провели на базе лаборатории оптических измерительных систем Конструкторско-технологиче-

ского института приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук. С помощью растрового электронного микроскопа на базе НОЦ ЦКП «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» ФГБОУ ВО «КубГУ» оценивали топографию поверхности образцов.

Продолжительность исследования

Подготовка к проведению эксперимента заняла один месяц. Формирование, полировка образцов, лабораторные исследования провели в течение двух недель.

Алгоритм методологии эксперимента

Все образцы на финишном цикле обработки подвергались трем последовательным этапам: контурирование, шлифование, полирование. Все этапы выполнены с соблюдением эксплуатационного режима для каждого типа инструмента.

Для подготовки образцов использовали шаблон-форму, а также инструмент для формирования материала — Kerr CompoRoller с дисковой насадкой.

Инструментальную обработку осуществляли при помощи микромотора. На этапах контурирования, шлифования и полирования применяли инструменты, соответствующие задачам исследования. Образцы 2 А, 2 В и 3 А, 3 В на этапе контурирования обрабатывали карбидно-вольфрамовым бором фирмы Meisinger в течение 15 с, а затем проводили шлифовку и полировку одношаговыми системами. Для оценки эффективности моноинструментальной обработки на этапах шлифования и полирования сравнивали 2 системы: Enhance PoGo Dentsply и Kenda Maximus. Enhance PoGo Dentsply — полировальный инструмент, который выполнен из полимеризированной уретандиметакрилатной смолы, импрегнированной алмазной крошкой, зафиксированной на держателе. Инструмент Kenda Maximus — полировальная головка с алмазными частицами абразива размером 4-1 мкм. Скорость и сила прижима инструментов к образцам во время работы соответствовали рекомендациям производителя. Алгоритм действий завершающего этапа обработки образцов GC Gradia Direct и 3M ESPE Filtek Ultimate с полировкой одношаговыми системами отражен в таблице 1.

Финишные инструменты в виде мягких дисков разной абразивности имеют популярность, и поэтому ассортимент из 4 дисков Kagayaki RoundFlex и его аналог фирмы Shofu с абразивными зёрнами из оксида алюминия были выбраны в работу, которая отражена в таблице 2. Диски использовались в обработке образцов 4 А, 4 В и 5 А, 5 В в строгой последовательности убы-

Таблица 1. Завершающие этапы обработки образцов GC Gradia Direct и 3M ESPE Filtek Ultimate с полировкой одношаговыми системами**Table 1.** Finishing of GC Gradia Direct and 3M ESPE Filtek Ultimate samples with one-step polishing systems

Образцы А и В								
Контурирование			Шлифование			Полирование		
название инструмента	RPM сила прижима	время	название инструмента	RPM сила прижима	время	название инструмента	RPM сила прижима	время № образца
Meisinger Twist finishing burs 8–12 граней	60 000 0,5 Н	15 с	Kenda Maximus 0388	5000 1,5 Н	25 с	Kenda Maximus 0388	7000 0,5 Н	20 с, 2*
Meisinger Twist finishing burs 8–12 граней	60 000 0,5 Н	15 с	Dentsply PoGo Point Refill 662022Y	7 500 1,5 Н	25 с	Dentsply PoGo Point Refill 662022Y	10 000 0,5 Н	20 с, 3*

Примечание: * — образцы для исследования; RPM — количество оборотов в 1 мин.; Н (ньютон) — единица измерения силы.

Note: * — test specimens; RPM — revolutions per minute; Н — Newton, unit of force

Таблица 2. Завершающие этапы обработки образцов GC Gradia Direct и 3M ESPE Filtek Ultimate абразивными дисками**Table 2.** Finishing of GC Gradia Direct and 3M ESPE Filtek Ultimate samples with abrasive discs

Образцы А и В								
Контурирование			Шлифование			Полирование		
название инструмента, диаметр, цветовая маркировка/тип	RPM сила прижима	время	название инструмента, диаметр, цветовая маркировка/тип	RPM сила прижима	время	название инструмента, диаметр, цветовая маркировка/тип	RPM сила прижима	время, № образца
Shofu Super-Snap Ø 12,0 черный	10 000 0,5 Н	15 с	Shofu Super-Snap Ø 12,0 фиолетовый	10 000 0,5 Н	15 с	Shofu Super-Snap Ø 12,0 зеленый, Ø 12,0 красный	12 000 0,3 Н	15 с, 15 с, 4*
Kagayaki RoundFlex диск Ø 12,6 грубый	10 000 0,5 Н	15 с	Kagayaki RoundFlex диск Ø 12,6 средний	10 000 0,5 Н	15 с	Kagayaki RoundFlex диск Ø 12,6 мягкий, диск Ø 12,6 супермягкий	12 000 0,3 Н	15 с, 15 с, 5*

Примечание: * — образцы для исследования; RPM — количество оборотов в 1 мин.; Н (ньютон) — единица измерения силы.

Note: * — test specimens; RPM — revolutions per minute; Н — Newton, unit of force.

вания абразивности инструментов согласно инструкции производителей без применения воды в момент работы диска (табл. 2).

Многошаговая полировка образцов 6 А, 6 В и 7 А, 7 В осуществлялась последовательной заменой нескольких инструментов. Данный вариант завершающего этапа обработки проводили силиконовыми головками Ensmart Pin Kagayaki и силиконовыми головками Composoft торговой марки EVE. Обработка образцов с номерами 8 А, 8 В и 9 А, 9 В на заключительном этапе была дополнена пастой с алмазным абразивом Daiyamoto Kagayaki, которая наносилась на поверхность образцов при помощи войлочного диска (табл. 3).

Исход исследования

Основной исход исследования

Основным исходом исследования явилось получение гладкой поверхности образцов при зондировании, а также получение эффекта «сухого блеска» разной степени при визуальной оценке всех 16 образцов, выполненных из композитных материалов.

Дополнительные исходы исследования

Дополнительным ожидаемым результатом исследования было обнаружение связи между техническими характеристиками неорганического наполнителя композитных материалов исследу-

Таблица 3. Завершающие этапы обработки образцов GC Gradia Direct и 3M ESPE Filtek Ultimate многошаговыми системами**Table 3.** Finishing of GC Gradia Direct and 3M ESPE Filtek Ultimate samples with multi-step systems

Образцы А и В								
Контурирование			Шлифование			Полирование		
название инструмента, абразивность	RPM сила прижима	время	название инструмента, абразивность	RPM сила прижима	время	название инструмента, абразивность	RPM сила прижима	время, № образца
Kagayaki Ensmart Pin 125μ	5000 1 Н	20 с	Kagayaki Ensmart Pin 70μ	5000 1 Н	20 с	Kagayaki Ensmart Pin 32μ	3000 0,3–1 Н	20 с, 6*
EVE Composoft Cs2Bg	5000 1Н	20 с	EVE Composoft CS2Bm	5000 1 Н	20 с	EVE Composoft CS2Bf	5000	20 с, 7*
EVE Composoft Cs2Bg	5000 1 Н	15 с	EVE Composoft CS2Bm	5000 1 Н	15 с	EVE Composoft CS2Bf паста Daiyamondo	5000	15 с, 15 с, 8*
Kagayaki Ensmart Pin 125μ	5000 1 Н	15 с	Kagayaki Ensmart Pin 70μ	5000 1 Н	15 с	Kagayaki Ensmart Pin 32μ паста Daiyamondo	5000 1 Н 5000	15 с, 15 с, 9*

Примечание: * — образцы для исследования; RPM — количество оборотов в 1 мин.; Н (Ньютон) — единица измерения силы.

Note: * — test specimens; RPM — revolutions per minute; Н — Newton, unit of force.

емых образцов, степени шероховатости поверхности и их визуальной оценкой.

Анализ в подгруппах

Разделение исследуемых образцов на группы сравнения произвели по типу полировальных инструментов.

Методы регистрации исходов

Измерение шероховатости поверхности всех образцов провели на оптическом интерференционном микроскопе-напрофилометре МНП-1 [10]. В интерферометре объективы Olympus MPLFLN20x обеспечили оптическое увеличение 20 крат с числовой апертурой $NA = 0,45$. Матрица видеокамеры Imrex ICL-B2020M обладает размерами $15 \times 15 \text{ мм}^2$ и разрешением 2048×2048 пикселей. Эффективная длина волны источника света в интерферометре $\lambda = 467,18 \text{ нм}$ [11]. Таким образом, размеры области измерения составили $0,75 \times 0,75 \text{ мм}^2$, проекция пикселя в зону измерения имеет размеры $0,366 \times 0,366 \text{ мкм}^2$, разрешающая способность оптической системы $1,22 \cdot \lambda / (2 \cdot NA) = 0,633 \text{ мкм}$. Измерения рельефа производились по методу дифференциальных интерферограмм, при этом контроль положения интерферометра осуществлялся отсчетным

устройством ЛИР7 М-70, имеющим разрешение $0,1 \text{ мкм}$ [12]. Управление измерением рельефа, обработка и визуализация результатов измерения, применение фильтрации, а также вычисления параметров шероховатости производились при помощи управляющего программного обеспечения МНП-1. Топологию поверхности исследуемых образцов изучали растровым электронным микроскопом JEOL JSM-7500F, который применяют для решения различных задач в области нанотехнологий, материаловедения и биологии. Растровый электронный микроскоп имеет холодный катод (автоэмиссионный) и линзу объектива открытого типа, что позволяет получить изображение с высоким разрешением и контрастом при малых токах пучка и низких ускоряющих напряжениях. Это особенно важно при работе с деликатными, чувствительными к пучку материалами — полимерами или биологическими образцами. При помощи компьютерной программы Gwyddion, разработанной чешским институтом метрологии, версия 2.54, предназначенной для цифрового анализа изображений, полученных методами сканирующей зондовой микроскопии, сканирующей туннельной микроскопии и растровой электронной микроскопии [13, 14], исследовали микрогеометрию поверхности образцов.

Статистический анализ

Принципы расчета размера выборки

Предварительный расчет выборки не проводился.

Методы статистического анализа данных

Вид статистического наблюдения — сплошной. Статистическая совокупность однородная. Способ регистрации непосредственный. Статистическая сводка простая, графическое изображение статистических показателей — гистограмма.

Для статистического анализа использовались статистический модуль программы Gwyddion и программа Statistica 10.

Полученные в результате исследования количественные и качественные показатели заносились в таблицы Excel и обрабатывались MS Office Excel. Количественные переменные представлены как среднее (M) и стандартное отклонение (SD) с учетом нормальности распределения (по критерию Шапиро — Уилка).

Средние значения сравнивали с помощью критерия Стьюдента для независимых выборок. Категориальные данные сравнивали с помощью таблиц сопряженности по критерию хи-квадрат с поправкой Йейтса, точного критерия Фишера.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Модели экспериментального исследования

Восемь образцов выполнены из микрофильного композитного материала GC Gradia Direct с содержанием в наполнителе частиц размером 0,85 мкм. Данный материал рекомендован для восстановления дефектов твердых тканей зубов III, IV и V классов. В исследовании образцы из материала GC Gradia Direct обозначены буквой «В». Остальные восемь образцов выполнены из универсального материала 3M ESPE Filtek Ultimate эмалевого оттенка Enamel A, рекомендованного для пломбирования дефектов твердых тканей как передней, так и боковой группы зубов. В исследовании данные образцы обозначены буквой «А». Наполнитель Filtek Ultimate представлен комбинацией неагломерированного и неагрегированного циркониевого и кремниевого наполнителя свободных наночастиц размером 20 нм, 4–11 нм, а также средним размером частиц кластера 0,6–10 мкм. Галогеновой лампой Megalux CS с диапазоном длины волны 400–500 нм в течение 20 с. проводили полимеризацию образцов из вышеуказанных материалов (рис.1).

Основные результаты исследования

Образцы, шероховатость поверхности которых оценивали оптическим профилометром, имели вогнутую форму. Измерения выполни-



Рис. 1. Схема проведения исследования.
Fig. 1. Experimental design.

ли в четырех различных участках поверхности: в центре диска и на половине радиуса примерно через 120 градусов.

Согласно «ГОСТ Р ИСО 25178–2-2014 Геометрические характеристики изделий (GPS)», вычисление параметров S_a и S_q производили по поверхности ограниченного масштаба, в нашем случае это S-L поверхность, т.е. поверхность после устранения крупных латеральных компонентов, которые зачастую составляли десятки микрометров по высоте. Применение L-фильтра для удаления крупных неровностей поверхности включало в себя две последовательные операции: получение по исходной поверхности сглаженной поверхности и вычитание сглаженной поверхности из исходной. Сглаживание исходной поверхности производилось фильтром

Гаусса с шириной среза 80 мкм, таким образом, в качестве L-фильтра применялся регрессионный фильтр Гаусса [15]. Пример применения фильтра показан на рисунке 2 (масштаб по Z увеличен в 5 раз).

Для того чтобы избежать влияния возможных граничных эффектов фильтрации, вычисление параметров шероховатости производилось по центральной области фильтрованной поверхности размером 500×500 мкм (1365×1365 точек в трехмерном пространстве), то есть отступ от границ составил 125 мкм при ширине фильтра 80 мкм.

Результаты вычисления значений S_a и S_q для каждого образца в четырех точках и средний по четырем точкам приведены в таблице 4.

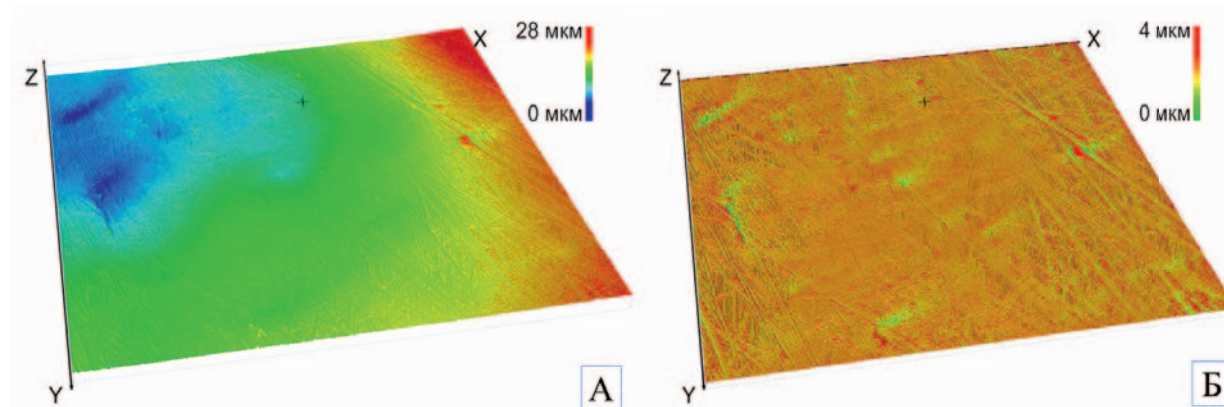


Рис. 2. Устранение неровности поверхности перед вычислением параметров шероховатости: А — исходная поверхность, Б — поверхность, обработанная фильтром.

Fig. 2. Surface smoothing prior to roughness estimation: A — original surface, Б — filter-applied surface.

Таблица 4. Результаты измерения шероховатости поверхности образцов

Table 4. Surface roughness values

Образец	S_a (мкм)					S_q (мкм)				
	1	2	3	4	средн.	1	2	3	4	средн.
2 А	0,216	0,237	0,230	0,161	0,211	0,397	0,350	0,314	0,224	0,321
2 В	0,231	0,238	0,221	0,276	0,242	0,315	0,328	0,298	0,374	0,329
3 А	0,476	0,510	0,346	0,499	0,458	0,620	0,705	0,481	0,657	0,616
3 В	0,328	0,395	0,560	0,376	0,415	0,443	0,525	0,710	0,499	0,544
4 А	0,460	0,202	0,465	0,606	0,433	0,613	0,304	0,660	0,798	0,593
4 В	0,413	0,562	0,318	0,244	0,384	0,554	0,769	0,495	0,340	0,540
5 А	0,590	0,463	0,549	0,474	0,519	0,791	0,708	0,775	0,650	0,731
5 В	0,475	0,632	0,519	0,551	0,544	0,630	0,826	0,682	0,706	0,711
6 А	0,468	0,407	0,484	0,347	0,427	0,627	0,548	0,784	0,575	0,634
6 В	0,473	0,414	0,521	0,530	0,485	0,920	0,631	0,675	0,699	0,731
7 А	0,505	0,547	0,487	0,656	0,549	0,695	0,711	0,651	0,840	0,724
7 В	0,567	0,632	0,471	0,644	0,579	0,729	0,815	0,623	0,873	0,760
8 А	0,322	0,451	0,312	0,331	0,354	0,480	0,612	0,480	0,456	0,507
8 В	0,340	0,296	0,270	0,246	0,288	0,502	0,410	0,386	0,360	0,415
9 А	0,268	0,260	0,234	0,229	0,248	0,370	0,361	0,343	0,361	0,359
9 В	0,241	0,221	0,191	0,201	0,214	0,366	0,321	0,312	0,296	0,324

Гистограммы распределения средних S_a и S_q шероховатости поверхности образцов приведены на рисунках 3, 4.

Также эти данные приведены на диаграмме (рис. 5, 6), где образцы выстроены в порядке возрастания среднего значения параметра шероховатости.

Методом растровой электронной микроскопии получили двумерные изображения центральной области поверхности всех 16 полимерных образцов.

Измерения проводили в режимах SEI и LEI. Каждый образец был запечатлен в цикле с разным увеличением — от 100 до 3000 крат (рис. 7).

Опираясь на результаты оптической профилометрии, оценили микрогеометрию поверхности образцов с наименьшими показателями шероховатости 2 А, 2 В, 9 А, 9 В и наибольшими — 7 А, 7 В при помощи компьютерной программы Gwyddion версии 2.54. Обработка микрофотографии в режиме рельефа поверхности позволяет визуально наблюдать шероховатость исследуемых образцов и выступы на ее поверхности (рис. 8).

В результате получили данные средних величин шероховатости S_a^* (по вертикали) и S_a^* (по горизонтали) через корреляционные функции (АКФ, ФСЧМ) и функцию корреляции «высота — высота», а среднюю оценку S_a^* (радиальная) — через радиальные автокорреляционные функции (АКФ) и радиальную функцию спектральной плотности мощности (ФСЧМ). Статистический анализ изображений, проведенный по расчетным профилям шероховатости, дал S_a и S_q по вертикали и горизонтали. Полученные данные представлены в таблице 5.

Дополнительные результаты исследования

На оптическое восприятие прямой реставрации из композитного материала суммарное влияние оказывают многие факторы, поэтому даже близкие параметры технической характеристики неорганического наполнителя по объему, весу и среднему размеру частиц не всегда оказывают однозначное визуальное впечатление. Образцы, относящиеся к категории В, выполненные из материала GC Gradia Direct, имели средний размер частиц наполнителя 0,85 мкм, а средний размер частиц образцов А материала 3M ESPE Filtek Ultimate варьировал в пределах 0,6–10 мкм. Несмотря на это, образцы В согласно результатам лабораторных исследований не имели существенного преимущества в качестве полировки и визуально оценивались хуже, чем образцы категории А.

Нежелательные явления

В ходе экспериментального исследования нежелательных явлений отмечено не было.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата

Проведенное исследование обнаружило, что все полировальные системы за минуту рабочего времени обеспечили образцам из композитных материалов гладкость поверхности и визуальный сухой блеск, однако только две системы позволили получить эффект зеркального блеска. После применения одношаговой системы Kenda Maximus зеркальный блеск визуализировался в центре образцов, а образцы после многошаговой полировки Kagayaki Ensmart Pin с последующим использованием пасты Daiyamondo Kagayaki позволили добиться зеркального блеска всей поверхности образцов. Визуальную оценку подтверждают лабораторные исследования.

Обсуждение основного результата исследования

В современной стоматологической практике замещение кариозных дефектов прямой реставрацией, выполненной из композитного материала, является ежедневной манипуляцией.

Качество конструкции включает изучение анатомической формы, адаптации, краевого окрашивания, цветового соответствия и шероховатости поверхности. Что полируем, чем полируем и как полируем — вопросы, которые задает практикующий врач на финишном этапе обработки прямой реставрации из композитного материала [16]. Трудности создания незаметных топографических переходов особенно выражены в тех клинических случаях, когда требуется создать восстановление части зуба [17]. Стоматологические композиты являются одними из самых сложных видов материалов для того, чтобы предсказуемо обработать и отполировать поверхность до блеска, так как они содержат в своей структуре мягкую матрицу и твердые частицы наполнителя [18]. Именно с помощью финишных инструментов достигается выравнивание уровня материала по отношению к тканям зуба [19]. Существуют различные методы для окончательной отделки (финирирования) и полирования различных композитов и различные требования для достижения желаемого результата [20].

В клинических условиях шероховатость поверхности реставрации из композитного материала оценивается визуально-инструментальным методом, а пациент опирается на собственные ощущения. В данном исследовании визуальную оценку поверхности образцов провели

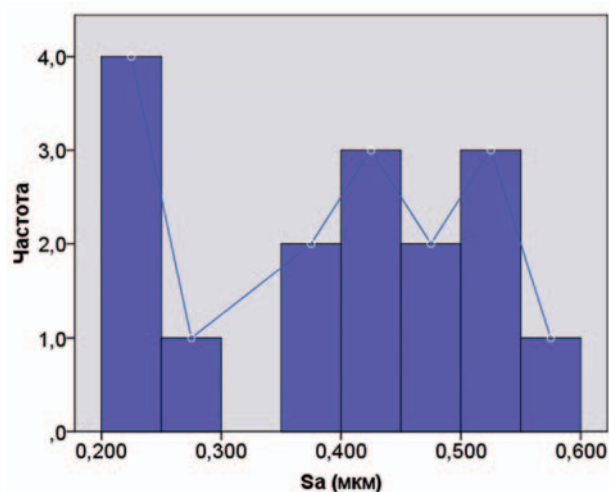


Рис. 3. Гистограммы распределения средней Sa шероховатости поверхности образцов.
Fig. 3. Average Sa surface roughness histograms.

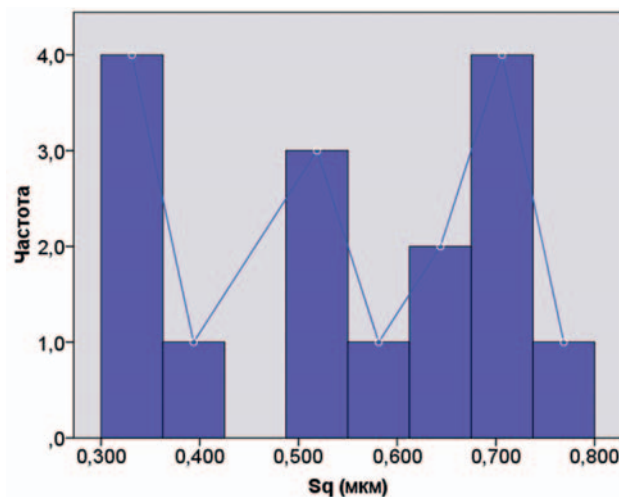


Рис. 4. Гистограммы распределения средней Sq шероховатости поверхности образцов.
Fig. 4. Average Sq surface roughness histograms

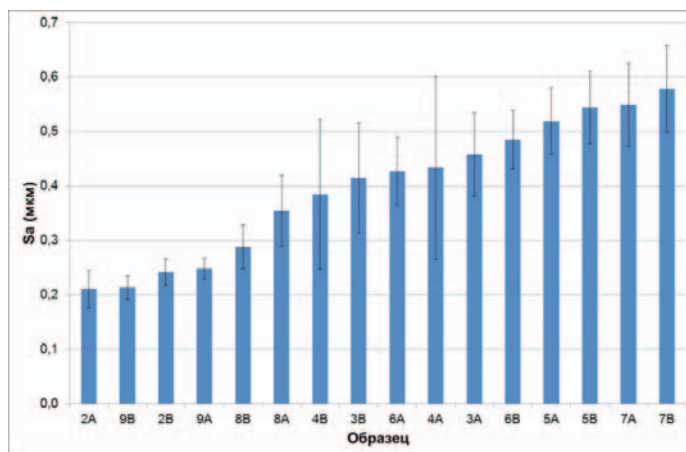


Рис. 5. Результаты измерения параметров Sa шероховатости поверхности образцов в порядке возрастания среднего значения параметра ($\pm$ стандартное отклонение).
Fig. 5. Sa surface roughness in ascending order of mean ($\pm$ standard deviation).

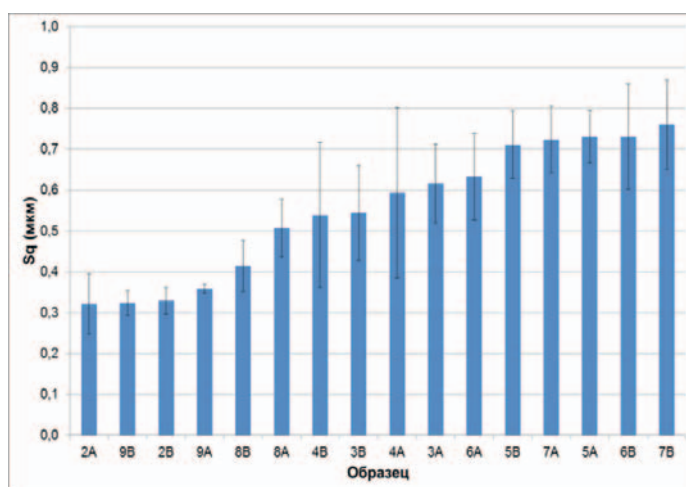


Рис. 6. Результаты измерения параметров Sq шероховатости поверхности образцов в порядке возрастания среднего значения параметра ($\pm$ стандартное отклонение).
Fig. 6. Sq surface roughness in ascending order of mean ($\pm$ standard deviation).

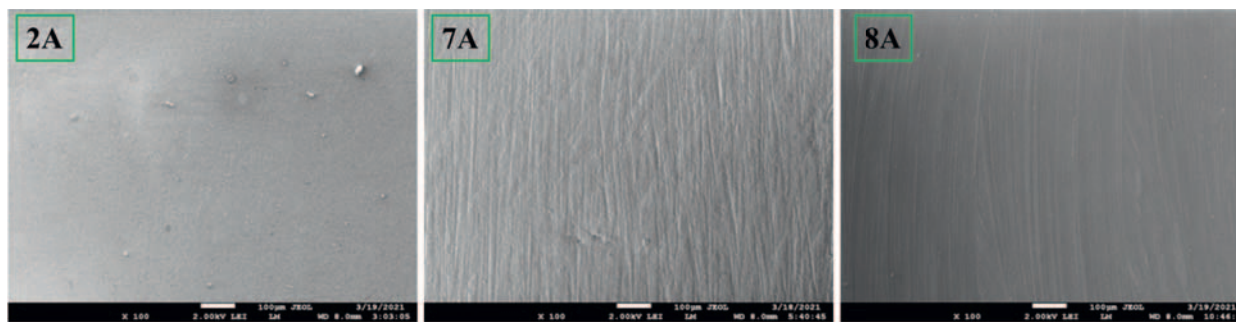


Рис. 7. Микрофотографии образцов 2 А, 7 А, 8 А при увеличении 100 крат.
Fig. 7. Microphotographs of samples 2A, 7A, 8A, ob. x100.

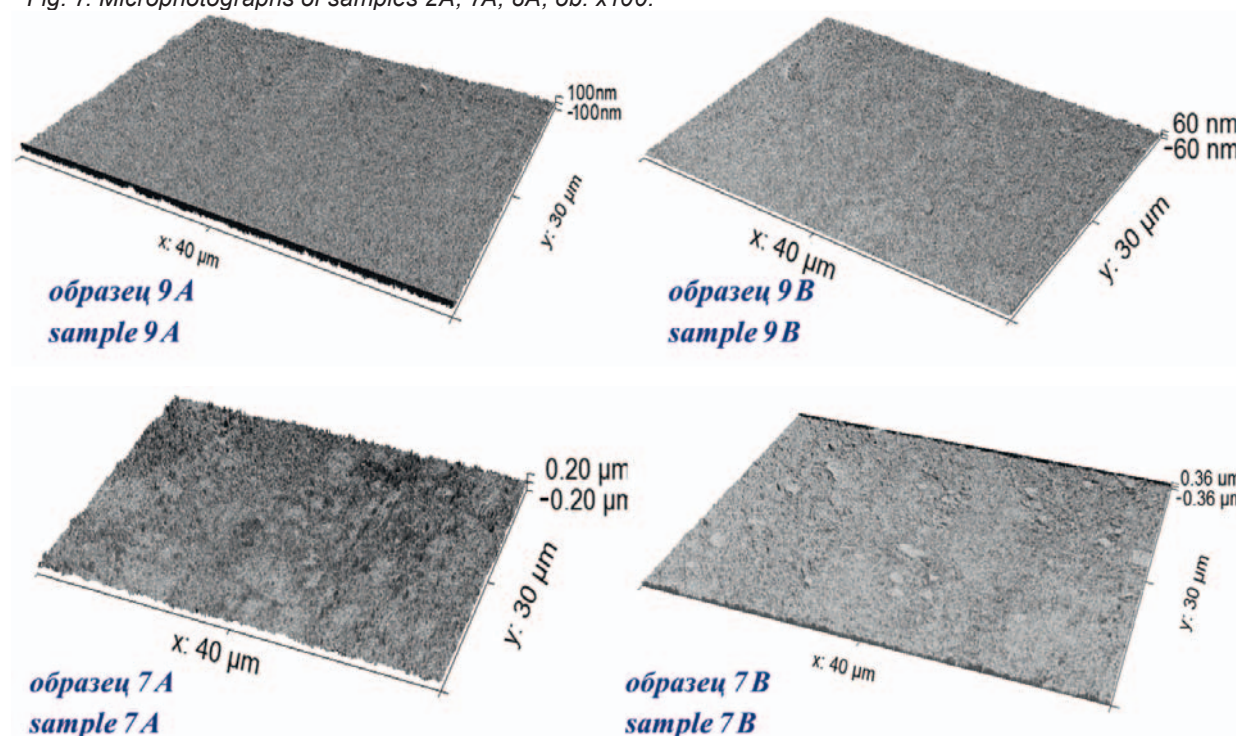


Рис. 8. 3D-изображение поверхности образцов, реконструированное с помощью программы Gwyddion.
Fig. 8. 3D sample surface rendering with Gwyddion software.

Таблица 5. Значения величин шероховатости, определенные через цифровую обработку данных РЭМ
Table 5. Roughness values estimated from digital SEM data

Обра- зец	S_a^* (радиаль- ная), мкм	S_a^* (по горизон- тали), мкм	S_a^* (по вертика- ли), мкм	S_a (по горизон- тали), мкм	S_a (по вертика- ли), мкм	S_q (по горизон- тали), мкм	S_q (по вертика- ли), мкм
2 А	$0,117 \pm 0,008$	$0,133 \pm 0,033$	$0,075 \pm 0,035$	$0,087 \pm 0,005$	$0,071 \pm 0,006$	$0,102 \pm 0,010$	$0,092 \pm 0,010$
2 В	$0,054 \pm 0,008$	$0,048 \pm 0,003$	$0,052 \pm 0,002$	$0,034 \pm 0,003$	$0,033 \pm 0,002$	$0,036 \pm 0,003$	$0,036 \pm 0,003$
9 А	$0,133 \pm 0,017$	$0,110 \pm 0,012$	$0,093 \pm 0,020$	$0,097 \pm 0,009$	$0,091 \pm 0,009$	$0,122 \pm 0,011$	$0,116 \pm 0,012$
9 В	$0,076 \pm 0,013$	$0,069 \pm 0,006$	$0,062 \pm 0,010$	$0,061 \pm 0,008$	$0,068 \pm 0,007$	$0,076 \pm 0,008$	$0,087 \pm 0,008$
7 А	$0,177 \pm 0,026$	$0,103 \pm 0,008$	$0,097 \pm 0,008$	$0,295 \pm 0,017$	$0,219 \pm 0,023$	$0,345 \pm 0,018$	$0,259 \pm 0,024$
7 В	$0,561 \pm 0,048$	$0,217 \pm 0,016$	$0,201 \pm 0,022$	$0,191 \pm 0,012$	$0,175 \pm 0,021$	$0,238 \pm 0,013$	$0,221 \pm 0,025$

16 студентов стоматологического факультета вблизи естественного и искусственного источника освещения. Лучи видимого света имеют длины волн от 380 нм, поэтому «идеальный зеркальный блеск» будет иметь поверхность с неровностями менее 0,38 мкм. Однако учитывая, что человеческий глаз обладает избирательной чувствительностью к свету и максимум ее приходится на желто-зеленую область спектра (длина волны более 500 нм), поверхность с неровностями размером до 0,5 мкм будет выглядеть полированной, хотя блеск будет выражен меньше. Критериями интерпретации созерцаемой поверхности были «зеркальный блеск», «сухой блеск поверхности» и «матовая поверхность». В результате 87,5% респондентов определили последовательность образцов 9 А, 9 В как «зеркальная поверхность», 2 В, 2 А также соответствовали критерию «зеркальная поверхность», но зеркальный блеск хорошо определялся только в центре образца. Шероховатость образцов 7 А, 7 В после использования многоступенчатой обработки силиконовыми головками EVE Composoft была отмечена как самая высокая, и 75% респондентов определили данные образцы как «матовая поверхность». Образцы 8 А и 8 В, которые так же,

как и образцы 7 А и 7 В, были обработаны силиконовыми головками EVE Composoft, а затем после применения пасты Daiyamondo Kagayaki с алмазным абразивом значительно снизили показатели шероховатости поверхности, были определены респондентами как «сухой блеск». Остальные образцы также соответствовали критерию сухой блеск поверхности. 81,2% респондентов отметили, что образцы категории А, выполненные из композитного материала 3M ESPE Filtek Ultimate, имели более яркую поверхность. Такое впечатление объясняется тем, что оттенок материала был светлее, чем у образцов GC Gradia Direct. Полученные результаты растровой электронной микроскопии подтвердили результаты оптической профилометрии, а визуальный метод не противоречил результатам исследования. Он позволил определить только лучшие и худшие образцы в сравнительной оценке. Анализ полученных результатов показал, что применение рекомендованных для композитных материалов исследуемых полировальных систем в течение минуты дает близкий визуальный эффект, однако исследование шероховатости поверхности образцов на микроуровне позволяет отметить существенную разницу (рис. 9).

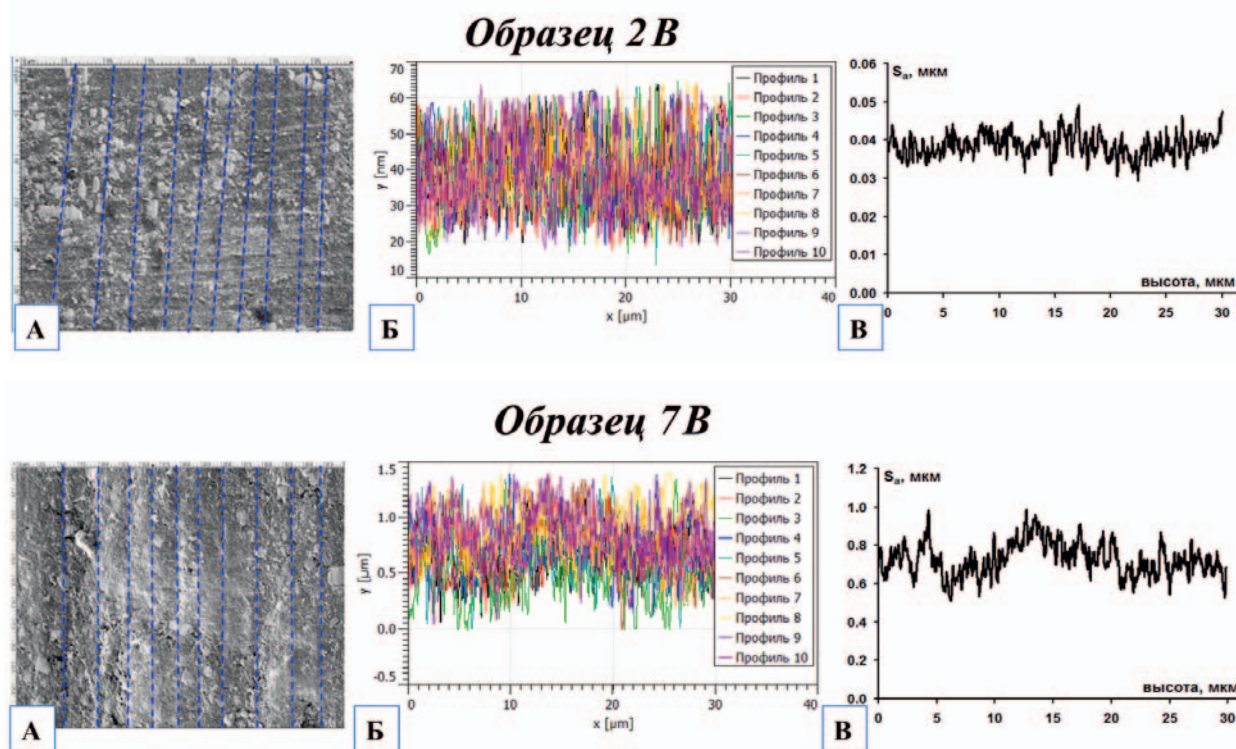


Рис. 9. Изображение поверхности образцов 2 В и 7 В с зонами для измерения профилей шероховатости (А), расчетные профили шероховатости (Б) и усредненный профиль шероховатости (В).

Fig. 9. Surface images of 2 B and 7 B specimens demarcated for roughness profile measurement (A), estimated roughness profiles (B), averaged roughness profile (B).

Известно, что по данным рентгеноструктурного анализа размер кристаллов в зубной эмали составляет 33 нм, а минимальный размер частиц в зубной эмали, видимый на микрофотографиях растровой электронной микроскопии, составляет от 28 до 70 нм [21–23]. Интенсивность образования биопленки соотносится с выраженностью рельефа поверхности пломбировочного материала [24].

Таким образом, полировка и уход за реставрациями не только влияют на эффект оптического восприятия пломбировочного материала, максимально близкого к натуральным тканям зуба, но и затрагивают такой важный аспект, как абсорбция микроорганизмов на поверхности полируемого материала [25].

Возникает необходимость в рекомендациях от производителя, которые в полной мере отразили бы возможности инструментов в цикле полировки для получения предсказуемой шероховатости поверхности, близкой к естественной эмали зуба.

Ограничения исследования

Отсутствие технической возможности проведения оценки эксплуатационной шероховатости поверхностей прямых композитных реставраций в клинической практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Can Say E., Yurdagüven H., Yaman B.C., Özer F. Surface roughness and morphology of resin composites polished with two-step polishing systems. *Dent. Mater. J.* 2014; 33(3): 332–342. DOI: 10.4012/dmj.2013-287
2. Liebermann A., Spintzyk S., Reymus M., Schweizer E., Stawarczyk B. Nine prophylactic polishing pastes: impact on discoloration, gloss, and surface properties of a CAD/CAM resin composite. *Clin. Oral. Investig.* 2019; 23(1): 327–335. DOI: 10.1007/s00784-018-2440-z
3. Sakoda S., Nakao N., Watanabe I. The effect of abrading and cutting instruments on machinability of dental ceramics. *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 2018; 29(3): 34. DOI: 10.1007/s10856-018-6031-y
4. Paolone G., Moratti E., Goracci C., Gherlone E., Vichi A. Effect of finishing systems on surface roughness and gloss of full-body bulk-fill resin composites. *Materials (Basel)*. 2020; 13(24): 5657. DOI: 10.3390/ma13245657
5. Ishii R., Takamizawa T., Tsujimoto A., Suzuki S., Imai A., Barkmeier W.W., Latta M.A., Miyazaki M. Effects of Finishing and Polishing Methods on the Surface Roughness and Surface Free Energy of Bulk-fill Resin Composites. *Oper. Dent.* 2020; 45(2): E91–E104. DOI: 10.2341/18-246-L
6. Yamanel K. Effect of Different Prophylactic Polishing Procedures on the Surface Roughness of Microhybrid and Nanohybrid Resin Composites. *Cumhuriyet Dent. J.* 2018; 21(2): 85–92. DOI: 10.7126/cumudj.410459
7. Gül Aydın E., Özalp N. Which Finishing and Polishing Technique is More Effective for Surface Roughness and Microhardness? *Cumhuriyet Dent. J.* 2021; 24(1): 21–29. DOI: 10.7126/cumudj.796652
8. Nair V.S., Sainudeen S., Padmanabhan P., Vijayashankar L.V., Sujathan U., Pillai R. Three-dimensional evaluation of surface roughness of resin composites after finishing and polishing. *J. Conserv. Dent.* 2016; 19(1): 91–95. DOI: 10.4103/0972-0707.173208
9. Ashour M., Anwar M., Nour K. Effect of multiple use and sterilization of single-step polishing systems on the surface roughness of resin composite. *Egyptian Dental Journal*. 2020; 66(4): 2785–2895. DOI: 10.21608/edj.2020.39629.1215
10. Sysoev E., Kosolobov S., Kulikov R., Latyshev A., Sitnikov S., Vykhristyuk I. Interferometric Surface Relief Measurements with Subnano/Picometer Height Resolution. *Measurement Science Review*. 2017; 17(5): 213–218. DOI: 10.1515/msr-2017-0025

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что обработка образцов одним инструментом Kenda Maximus с алмазным абразивом и обработка несколькими силиконовыми головками Kagayaki Ensmart Pin с последующим использованием пасты Daiyamondo Kagayaki с алмазным абразивом позволила получить очень близкие показатели шероховатости поверхности, которые интерпретировались как наименьшие показатели шероховатости поверхности исследуемых образцов, выполненных из композитных материалов GC Gradia Direct и 3M ESPE Filtek Ultimate, на основании результатов растровой электронной микроскопии и оптической профилометрии.

СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Заключение Этического комитета на проведение исследования не запрашивалось.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

No expert approval for ethics has been requested.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии спонсорской поддержки при проведении исследования.

FINANCING SOURCE

The authors received no financial support for the research.

11. Basavarajappa S. Comparison of two finishing and polishing systems on the surface roughness of resin composites using a non-contact profilometer. *Chemical Sciences Journal*. 2018; 09. DOI: 10.4172/2150-3494-c3-023
12. Chugui Y., Verkhoglyad A., Zavyalov P., Sysoev E., Kulikov R., Vykhristyuk I., Zavyalova M., Poleshchuk A., Korolkov V. Optical Measuring and Laser Technologies for Scientific and Industrial Applications. *International Journal of Automation Technology*. 2015; 9(5): 515–524. DOI: 10.20965/ijat.2015.p0515
13. Nica I., Iovan G., Pancu G., Stoleriu S., Andrian S. Evaluation of surface characteristics of direct composite resins after finishing and polishing using fractal analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019; 572: 012118. DOI: 10.1088/1757-899x/572/1/012118
14. Chen Y., Chen J. Optical Inspection System for Gear Tooth Surfaces Using a Projection Moire Method. *Sensors (Basel)*. 2019; 19(6): 1450. DOI: 10.3390/s19061450
15. *Gaussian Regression Filters*. In: Muralikrishnan B., Raja J., editors. *Computational Surface and Roundness Metrology*. London: Springer; 2009. 67–76. DOI: 10.1007/978-1-84800-297-5_9
16. Gaonkar S.H., Aras M.A., Chitre V. An in vitro study to compare the surface roughness of glazed and chair-side polished dental monolithic zirconia using two polishing systems. *J. Indian Prosthodont. Soc.* 2020; 20(2): 186–192. DOI: 10.4103/jips.jips_339_19
17. Uppal M., Ganesh A., Balagopal S., Kaur G. Profilometric analysis of two composite resins' surface re-polished after tooth brush abrasion with three polishing systems. *Journal of Conservative Dentistry*. 2013; 16(4): 309. DOI: 10.4103/0972-0707.114356
18. Effect of different finishing systems and time of finishing on surface roughness of bulk-fill resin composite versus nano resin composite? *Ain Shams Dental Journal*. 2020; 17(1): 21–28. DOI: 10.21608/asdj.2020.164413
19. Soares L., Razaghy M., Magne P. Optimization of large MOD restorations: Composite resin inlays vs. short fiber-reinforced direct restorations. *Dent. Mater.* 2018; 34(4): 587–587. DOI: 10.1016/j.dental.2018.01.004
20. Chiang Y., Eddie-Hsiang-Hua Lai E., Kunzelmann K. Polishing mechanism of light-initiated dental composite: Geometric optics approach. *J. Formos. Med. Assoc.* 2016; 115(12): 1053–1060. DOI: 10.1016/j.jfma.2015.10.010
21. Nezafat N.B., Ghoranneviss M., Elahi S.M., Shafiekhani A., Ghorannevis Z., Solaymani S. Microstructure, micromorphology, and fractal geometry of hard dental tissues: Evaluation of atomic force microscopy images. *Microsc. Res. Tech.* 2019; 82(11): 1884–1890. DOI: 10.1002/jemt.23356
22. Solaymani S., Ghoranneviss M., Elahi S.M., Shafiekhani A., Kulesza S., Tălu Ș., Bramowicz M., Hantehzadeh M., Nezafat N.B. The relation between structural, rugometric and fractal characteristics of hard dental tissues at micro and nano levels. *Microsc. Res. Tech.* 2019; 82(4): 421–428. DOI: 10.1002/jemt.23183
23. Solaymani S., Tălu Ș., Ghoranneviss M., Elahi S.M., Shafiekhani A., Hantehzadeh M., Nezafat N.B. Multi-fractal analysis of human canine teeth at nano scale: atomic force microscopy studies. *International Nano Letters*. 2019; 10(1): 15–22. DOI: 10.1007/s40089-019-00293-7
24. Glauser S., Astasov-Frauenhoffer M., Müller J.A., Fischer J., Waltimo T., Rohr N. Bacterial colonization of resin composite cements: influence of material composition and surface roughness. *Eur. J. Oral. Sci.* 2017; 125(4): 294–302. DOI: 10.1111/eos.12355
25. Северина Т.В., Овчаренко Е.С. Особенности роста зубной биопленки в зависимости от качества окончательной обработки поверхности композитной реставрации. *Пародонтология*. 2018; 24(4): 48–54. DOI: 10.25636/PMP.1.2018.4.9

REFERENCES

1. Can Say E., Yurdağüven H., Yaman B.C., Özer F. Surface roughness and morphology of resin composites polished with two-step polishing systems. *Dent. Mater. J.* 2014; 33(3): 332–342. DOI: 10.4012/dmj.2013-287
2. Liebermann A., Spintzyk S., Reymus M., Schweizer E., Stawarczyk B. Nine prophylactic polishing pastes: impact on discoloration, gloss, and surface properties of a CAD/CAM resin composite. *Clin. Oral. Investig.* 2019; 23(1): 327–335. DOI: 10.1007/s00784-018-2440-z
3. Sakoda S., Nakao N., Watanabe I. The effect of abrading and cutting instruments on machinability of dental ceramics. *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 2018; 29(3): 34. DOI: 10.1007/s10856-018-6031-y
4. Paolone G., Moratti E., Goracci C., Gherlone E., Vichi A. Effect of finishing systems on surface roughness and gloss of full-body bulk-fill resin composites. *Materials (Basel)*. 2020; 13(24): 5657. DOI: 10.3390/ma13245657
5. Ishii R., Takamizawa T., Tsujimoto A., Suzuki S., Imai A., Barkmeier W.W., Latta M.A., Miyazaki M. Effects of Finishing and Polishing Methods on the Surface Roughness and Surface Free Energy of Bulk-fill Resin Composites. *Oper. Dent.* 2020; 45(2): E91–E104. DOI: 10.2341/18-246-L
6. Yamanel K. Effect of Different Prophylactic Polishing Procedures on the Surface Roughness of Microhybrid and Nanohybrid Resin Composites. *Cumhuriyet Dent. J.* 2018; 21(2): 85–92. DOI: 10.7126/cumudj.410459
7. Gül Aydın E., Özalp N. Which Finishing and Polishing Technique is More Effective for Surface Roughness and Microhardness? *Cumhuriyet Dent. J.* 2021; 24(1): 21–29. DOI: 10.7126/cumudj.796652

8. Nair V.S., Sainudeen S., Padmanabhan P., Vijayashankar L.V., Sujathan U., Pillai R. Three-dimensional evaluation of surface roughness of resin composites after finishing and polishing. *J. Conserv. Dent.* 2016; 19(1): 91–95. DOI: 10.4103/0972-0707.173208
9. Ashour M., Anwar M., Nour K. Effect of multiple use and sterilization of single-step polishing systems on the surface roughness of resin composite. *Egyptian Dental Journal.* 2020; 66(4): 2785–2895. DOI: 10.21608/edj.2020.39629.1215
10. Sysoev E., Kosolobov S., Kulikov R., Latyshev A., Sitnikov S., Vykhristyuk I. Interferometric Surface Relief Measurements with Subnano/Picometer Height Resolution. *Measurement Science Review.* 2017; 17(5): 213–218. DOI: 10.1515/msr-2017-0025
11. Basavarajappa S. Comparison of two finishing and polishing systems on the surface roughness of resin composites using a non-contact profilometer. *Chemical Sciences Journal.* 2018; 09. DOI: 10.4172/2150-3494-c3-023
12. Chugui Y., Verkhoglyad A., Zavyalov P., Sysoev E., Kulikov R., Vykhristyuk I., Zavyalova M., Poleschchuk A., Korolkov V. Optical Measuring and Laser Technologies for Scientific and Industrial Applications. *International Journal of Automation Technology.* 2015; 9(5): 515–524. DOI: 10.20965/ijat.2015.p0515
13. Nica I., Iovan G., Pancu G., Stoleriu S., Andrian S. Evaluation of surface characteristics of direct composite resins after finishing and polishing using fractal analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2019; 572: 012118. DOI: 10.1088/1757-899x/572/1/012118
14. Chen Y., Chen J. Optical Inspection System for Gear Tooth Surfaces Using a Projection Moire Method. *Sensors (Basel).* 2019; 19(6): 1450. DOI: 10.3390/s19061450
15. Gaussian Regression Filters. In: Muralikrishnan B., Raja J., editors. *Computational Surface and Roundness Metrology.* London: Springer; 2009. 67–76. DOI: 10.1007/978-1-84800-297-5_9
16. Gaonkar S.H., Aras M.A., Chitre V. An in vitro study to compare the surface roughness of glazed and chair-side polished dental monolithic zirconia using two polishing systems. *J. Indian Prosthodont. Soc.* 2020; 20(2): 186–192. DOI: 10.4103/jips.jips_339_19
17. Uppal M., Ganesh A., Balagopal S., Kaur G. Profilometric analysis of two composite resins' surface re-polished after tooth brush abrasion with three polishing systems. *Journal of Conservative Dentistry.* 2013; 16(4): 309. DOI: 10.4103/0972-0707.114356
18. Effect of different finishing systems and time of finishing on surface roughness of bulk-fill resin composite versus nano resin composite? *Ain Shams Dental Journal.* 2020; 17(1): 21–28. DOI: 10.21608/asdj.2020.164413
19. Soares L., Razaghy M., Magne P. Optimization of large MOD restorations: Composite resin inlays vs. short fiber-reinforced direct restorations. *Dent. Mater.* 2018; 34(4): 587–587. DOI: 10.1016/j.dental.2018.01.004
20. Chiang Y., Eddie-Hsiang-Hua Lai E., Kunzelmann K. Polishing mechanism of light-initiated dental composite: Geometric optics approach. *J. Formos. Med. Assoc.* 2016; 115(12): 1053–1060. DOI: 10.1016/j.jfma.2015.10.010
21. Nezafat N.B., Ghoranneviss M., Elahi S.M., Shafiekhani A., Ghorannevis Z., Solaymani S. Microstructure, micromorphology, and fractal geometry of hard dental tissues: Evaluation of atomic force microscopy images. *Microsc. Res. Tech.* 2019; 82(11): 1884–1890. DOI: 10.1002/jemt.23356
22. Solaymani S., Ghoranneviss M., Elahi S.M., Shafiekhani A., Kulesza S., Źalu Ź., Bramowicz M., Hantehzadeh M., Nezafat N.B. The relation between structural, rugometric and fractal characteristics of hard dental tissues at micro and nano levels. *Microsc. Res. Tech.* 2019; 82(4): 421–428. DOI: 10.1002/jemt.23183
23. Solaymani S., Źalu Ź., Ghoranneviss M., Elahi S.M., Shafiekhani A., Hantehzadeh M., Nezafat N.B. Multifractal analysis of human canine teeth at nano scale: atomic force microscopy studies. *International Nano Letters.* 2019; 10(1): 15–22. DOI: 10.1007/s40089-019-00293-7
24. Glauser S., Astasov-Frauenhoffer M., Müller J.A., Fischer J., Walimo T., Rohr N. Bacterial colonization of resin composite cements: influence of material composition and surface roughness. *Eur. J. Oral. Sci.* 2017; 125(4): 294–302. DOI: 10.1111/eos.12355
25. Severina T.V., Ovcharenko E.S. Features of growth of tooth biophenics depending on the quality of final treatment of composite restoration surface. *Parodontologiya.* 2018; 24(4): 48–54 (In Russ., English abstract). DOI: 10.25636/PMP.1.2018.4.9

ВКЛАД АВТОРОВ

Павлович О.А.

Разработка концепции — формирование идеи; формулировка ключевых целей и задач.

Проведение исследования — сбор, анализ, интерпретация полученных данных.

Подготовка и редактирование текста — составление черновика рукописи, подготовка работы к публикации.

Утверждение окончательного варианта — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Предоставление материальной составляющей исследования.

Разработка методологии — разработка дизайн методологии.

Ресурсное обеспечение исследования — предоставление материалов, экспериментальных образцов, оборудования для анализа.

Выхристюк И.А.

Разработка концепции — развитие ключевых целей и задач.

Проведение исследования — анализ и интерпретация полученных данных.

Подготовка и редактирование текста — критический пересмотр черновика рукописи с внесением замечаний интеллектуального содержания.

Утверждение окончательного варианта — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Проведение статистического анализа — применение статистических, вычислительных и математических методов для анализа и синтеза данных исследования.

Ресурсное обеспечение исследования — предоставление материалов, измерительных приборов для анализа.

Бузько В.Ю.

Разработка концепции — развитие ключевых целей и задач.

Проведение исследования — анализ и интерпретация полученных данных.

Подготовка и редактирование текста — критический пересмотр черновика рукописи с внесением замечаний интеллектуального содержания.

Утверждение окончательного варианта — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Проведение статистического анализа — применение статистических, вычислительных и математических методов для анализа и синтеза данных исследования.

Ресурсное обеспечение исследования — материалов, измерительных приборов для анализа.

Павлович В.В.

Разработка концепции — развитие ключевых целей и задач.

Проведение исследования — анализ полученных данных.

Подготовка и редактирование текста — критический пересмотр черновика рукописи с внесением замечаний интеллектуального содержания.

Утверждение окончательного варианта — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Визуализация — подготовка и редактирование текста, составление черновика рукописи, создание и/или презентация опубликованных данных; участие в научном дизайне.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Pavlovich O.A.

Conceptualisation — concept statement; statement of key goals and objectives.

Conducting research — collection, analysis and interpretation of data.

Text preparation and editing — drafting of the manuscript, preparing work for publication.

Approval of the final manuscript — acceptance of responsibility for all aspects of the work, integrity of all parts of the article and its final version.

Provision of material support for research.

Methodology development — methodology development and design.

Resource support of research — provision of materials, test samples, analytic equipment.

Vykhristyuk I.A.

Conceptualisation — development of key goals and objectives.

Conducting research — data analysis and interpretation.

Text preparation and editing — critical revision of the manuscript draft with intellectual investment.

Approval of the final manuscript — acceptance of responsibility for all aspects of the work, integrity of all parts of the article and its final version.

Statistical analysis — application of statistical, mathematical and computing methods for data analysis and synthesis.

Resource support of research — provision of materials and measuring equipment for analyses.

Buzko V.Yu.

Conceptualisation — development of key goals and objectives.

Conducting research — data analysis and interpretation.

Text preparation and editing — critical revision of the manuscript draft with intellectual investment.

Approval of the final manuscript — acceptance of responsibility for all aspects of the work, integrity of all parts of the article and its final version.

Statistical analysis — application of statistical, mathematical and computing methods for data analysis and synthesis.

Resource support of research — provision of materials and measuring equipment for analyses.

Pavlovich V.V.

Conceptualisation — development of key goals and objectives.

Conducting research — data analysis.

Text preparation and editing — critical revision of the manuscript draft with intellectual investment.

Approval of the final manuscript — acceptance of responsibility for all aspects of the work, integrity of all parts of the article and its final version.

Visualisation — text preparation and editing — drafting of the manuscript, creation and/or presentation of published work; contribution to the scientific layout.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Павлович Ольга Александровна* — кандидат медицинских наук, доцент кафедры пропедевтики и профилактики стоматологических заболеваний федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0002-5079-3526>

Контактная информация: e-mail: olgapavlovi@yandex.ru;

ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия.

Бузько Владимир Юрьевич — кандидат химических наук, доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет».

<https://orcid.org/0000-0002-6335-0230>

Игнат Александрович Выхристюк — заведующий лабораторией оптических измерительных систем федерального государственного бюджетного учреждения науки «Конструкторско-технологический институт научного приборостроения» Сибирского отделения Российской академии наук.

<https://orcid.org/0000-0002-4730-965X>

Павлович Виктория Владимировна — студентка лечебного факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0002-5366-5378>

Olga A. Pavlovich* — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Chair of Propaedeutics and Prevention of Dental Diseases, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0002-5079-3526>

Contact Information: e-mail: olgapavlovi@yandex.ru;
Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia.

Vladimir Yu. Buzko — Cand. Sci. (Chem.), Assoc. Prof., Chair of Radiophysics and Nanotechnology, Kuban State University.

<https://orcid.org/0000-0002-6335-0230>

Ignat A. Vykhristyuk — Head of the Laboratory of Optical Metrology, Institute of Design and Technology for Scientific Instrument Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

<https://orcid.org/0000-0002-4730-965X>

Victoria V. Pavlovich — Graduate Student, Faculty of Medicine, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0002-5366-5378>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author