

ISSN 1814-6023 (Print)

ISSN 2524-2350 (Online)

УДК 616.314.74, 616.314.72

<https://doi.org/10.29235/1814-6023-2022-19-1-103-111>

Поступила в редакцию 12.10.2021

Received 12.10.2021

**А. А. Гушин<sup>1</sup>, А. А. Адамчик<sup>1</sup>, С. П. Рубникович<sup>2</sup>, Е. С. Запорожская-Абрамова<sup>1</sup>,  
В. А. Иващенко<sup>1</sup>, Ж. В. Соловьёва<sup>1</sup>, В. В. Таиров<sup>1</sup>, С. И. Рисованный<sup>1</sup>, Ю. Л. Денисова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Российская Федерация

<sup>2</sup>Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Республика Беларусь

## **ВЛИЯНИЕ ТЕРМОВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТОМАТОЛОГИИ**

**Аннотация.** Целью работы являлась оценка эффективности влияния термовибрационного воздействия на прочность на изгиб и твердость поверхности композитных пломбировочных материалов.

Исследование было проведено на базе кафедры терапевтической стоматологии Кубанского государственного медицинского университета, а также на Краснодарском приборном заводе «Каскад». Исследуемые образцы были изготовлены в соответствии с групповой принадлежностью из трех различных композитных материалов: Estelite Sigma Quick, Filtek Bulk Fill Posterior Restorative и «ДентЛайт». Оценка прочности на изгиб проводили на испытательной машине «МИП-10» фирмы «НПК «ТЕХМАШ»». Определение твердости поверхности по Виккерсу осуществляли на аппарате «ПМТ-3» фирмы «Ломо».

По результатам лабораторных исследований было определено статистически значимое увеличение показателей прочности на изгиб и твердости поверхности по Виккерсу всех образцов композитных материалов, подвергшихся термовибрационному воздействию перед полимеризацией.

Полученные данные свидетельствуют о повышении прочностных характеристик композитных пломбировочных материалов в результате термовибрационного воздействия перед их полимеризацией, что увеличивает срок службы композитных пломб и снижает риски образования вторичного кариеса после пломбирования.

**Ключевые слова:** термовибрационное воздействие, пломбировочный материал, композит, твердость поверхности, прочность на изгиб

**Для цитирования:** Влияние термовибрационного воздействия на прочностные характеристики композитных материалов, применяемых в стоматологии / А. А. Гушин [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. мед. навук. – 2022. – Т. 19, № 1. – С. 103–111. <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2022-19-1-103-111>

**Alexander A. Gushchin<sup>1</sup>, Anatoly A. Adamchik<sup>1</sup>, Sergey P. Rubnikovich<sup>2</sup>, Ekaterina S. Zaporozhskaya-Abramova<sup>1</sup>,  
Victoriya A. Ivashchenko<sup>1</sup>, Zhanna V. Solovyeva<sup>1</sup>, Valery V. Tairov<sup>1</sup>, Sergey I. Risovannyi<sup>1</sup>, Yuliya L. Denisova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

<sup>2</sup>Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

## **INFLUENCE OF THERMAL VIBRATION IMPACT ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIALS USED IN DENTISTRY**

**Abstract.** The article discusses the evaluation of the effectiveness of the influence of thermal vibration effects on the bending strength and surface hardness of composite filling materials.

The study was conducted on the basis of the Department of Therapeutic Dentistry of the Kuban State Medical University, as well as at the Krasnodar Instrument Plant “Cascade”. The samples under study were made according to the group affiliation from three different composite materials: Estelite Sigma Quick, Filtek Bulk Fill Posterior Restorative and DentLight. The bending strength was evaluated on the “MIP-10” testing machine of the company “NPK TECHMASH”. Determination of the surface hardness according to Vickers was carried out on the device PMT-3 of the company “LOMO”.

According to laboratory studies, a statistically significant increase in flexural strength and surface hardness according to Vickers was determined for all samples of composite materials subjected to thermal vibration before polymerization.

The data obtained indicate an increase in the strength characteristics of composite filling materials as a result of thermal vibration exposure before their polymerization, which increases the service life of composite fillings and reduces the risks of secondary caries formation after filling.

**Keywords:** thermal vibration effect, filling material, composite, surface hardness, bending strength

**For citation:** Gushchin A. A., Adamchik A. A., Rubnikovich S. P., Zaporozhskaya-Abramova E. S., Ivashchenko V. A., Solovyeva Zh. V., Tairov V. V., Risovannyi S. I., Denisova Yu. L. Influence of thermal vibration impact on the strength characteristics of composite materials used in dentistry. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seriya meditsinskikh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2022, vol. 19, no. 1, pp. 103–111 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2022-19-1-103-111>

**Введение.** Существующая в настоящее время проблема образования вторичного кариеса в области композитных реставраций и твердых тканей зуба часто связана с нарушением краевого прилегания и прочности пломб [1–5]. Известны различные методы воздействия на композиты для улучшения качества композитных пломбировочных материалов, такие как предварительный нагрев, вибрационное воздействие, а также правильный подбор полимеризационных ламп [6–9]. И хотя каждый метод по отдельности придает композитам определенные улучшения их физических свойств, актуальность проблемы остается острой [10–21].

На кафедре терапевтической стоматологии Кубанского государственного медицинского университета был разработан и запатентован (патент РФ на изобретение №2731821 от 08 сентября 2020 г.) метод пломбирования зубов композитным материалом с применением термовибрационного воздействия. Разработанный метод пломбирования зубов дал возможность сочетать вибрацию и нагрев композитного пломбировочного материала непосредственно в сформированной полости зуба с помощью ультразвуковой гигиенической или ортопедической насадки с гладкой рабочей поверхностью и ультразвукового аппарата мощностью 25 Вт. При этом в каждую порцию неполомеризованного композитного пломбировочного материала, находящегося в полости зуба, погружали ультразвуковую гигиеническую или ортопедическую насадку с гладкой рабочей поверхностью и с мощностью 25 Вт материал подвергали термовибрационному воздействию в течение 10 с, после чего пломбу фотополимеризовали.

Цель исследования – оценка эффективности влияния термовибрационного воздействия на прочность на изгиб и твердость поверхности композитных пломбировочных материалов.

**Материалы и методы исследования.** Испытания прочности на изгиб осуществляли в соответствии с ГОСТ Р 56924-2016 (ISO 4049:2009) «Стоматология. Материалы полимерные восстановительные».

Для проведения данного исследования были изготовлены балки из композитных материалов размером 25/2/2 мм (длина/ширина/высота – Д/Ш/В) в общем количестве 150 штук. Материалы были разделены на две группы: контрольную и основную. В контрольной группе ( $n = 25$ ) использовались образцы из трех композитов: Estelite Sigma Quick фирмы Tokuyama Dental (Япония), Filtek Bulk Fill Posterior Restorative фирмы 3M Espe (США) и «ДентЛайт» фирмы «ВладМиВа» (Россия), полимеризация которых проводилась по классическому методу с применением композита комнатной температуры. В основной группе ( $n = 25$ ) использовались образцы из этих же трех композитов, но перед полимеризацией на них предварительно оказывалось термовибрационное воздействие (согласно разработанному патенту РФ на изобретение №2731821 от 08 сентября 2020 г.) (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Распределение образцов композитов в группах для исследования прочности на изгиб и твердость поверхности по Виккерсу

Table 1. Distribution of the composite samples in the study groups of bending strength and surface hardness according to Vickers

Группа	Метод подготовки композита перед полимеризацией	Композиты
Контрольная ( $n = 25$ )	Классический (композит комнатной температуры)	Estelite Sigma Quick, Filtek Bulk Fill Posterior Restorative, «ДентЛайт»
Основная ( $n = 25$ )	Термовибрационное воздействие	

Для этой цели в программе для трехмерного моделирования 3ds Max был разработан разборный шаблон для создания образцов композитов в виде балок (Д/Ш/В = 25/2/2 мм) (рис. 1).

Данный шаблон, изготовленный на стоматологическом фрезерном станке DWX-52D фирмы Roland (Япония) из полиметилметакрилата (ПММА) фирмы Chongqing Zotion Dentistry Technology Co., Ltd (Китай) (рис. 2), позволяет получать балки размером 25×2×2 мм (Д/Ш/В) (рис. 3).

Благодаря тому что шаблон был изготовлен из ПММА, композитный материал не прилипает к его поверхности, а возможность его разбора на несколько частей позволяет извлекать композитные балки после полимеризации без лишнего механического давления.

На гладкую стеклянную прозрачную поверхность шаблона (стекло для замешивания стоматологических материалов) помещали одну порцию композита. Для предотвращения образования

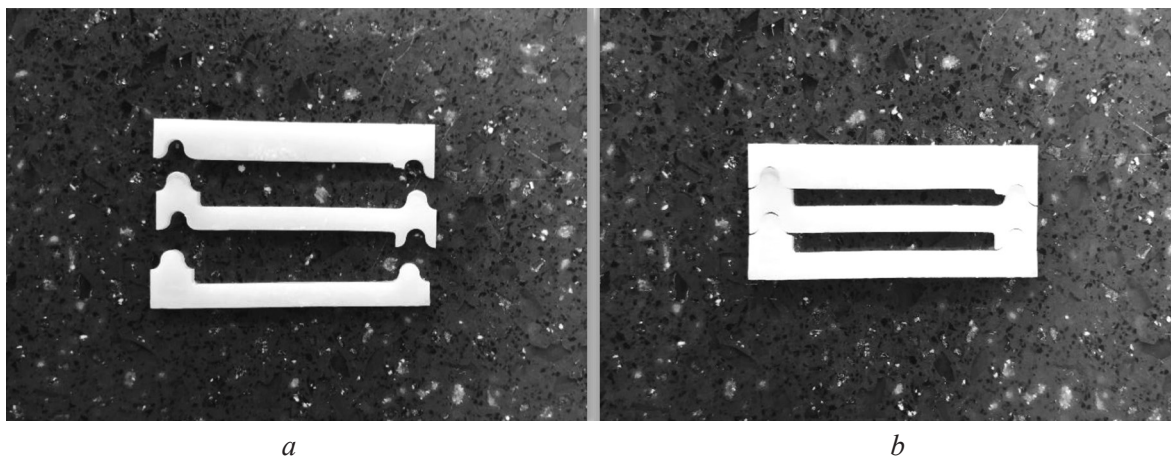


Рис. 1. Шаблон для изготовления образцов композитов в разобранном (а) и собранном (b) состоянии  
 Fig. 1. Template for manufacturing composite samples in disassembled (a) and assembled (b) condition



Рис. 2. Фрезерный станок DWX-52D  
 фирмы Roland (Япония)  
 Fig. 2. Milling machine DWX-52D  
 by Roland (Japan)



Рис. 3. Готовые образцы композитов для проведения исследования  
 прочности на изгиб  
 Fig. 3. Ready-made composite samples for studying  
 the bending strength

пустот внутри образца пломбирочный материал плотно распределяли внутри шаблона с помощью штопфера, а излишки удаляли. После этого композитные балки в контрольной группе ( $n = 25$ ) полимеризовали диодной полимеризационной лампой Bluephase Style фирмы Ivoclar Vivadent (Лихтенштейн) в течение 60 с с обеих сторон по всей длине образца на максимально близком расстоянии. В основной группе ( $n = 25$ ) композит подвергали термовибрационному воздействию (согласно разработанному патенту РФ на изобретение № 2731821 от 08 сентября 2020 г.) ультразвуковой насадкой с гладкой рабочей поверхностью фирмы Asteon (Франция) из серии Perfect Margin PM3 с помощью ультразвукового аппарата Newtron Booster фирмы Asteon (Франция) мощностью 25 Вт в течение 10 с, после чего композит в течение 60 с полимеризовали диодной полимеризационной лампой Bluephase Style фирмы Ivoclar Vivadent (Лихтенштейн) с обеих сторон по всей длине образца на максимально близком расстоянии. По окончании полимеризации шаблон разбирали, а композитные балки извлекали и шлифовали дисками Sof-Lex светло-красного и оранжевого цвета фирмы 3M Espe (США). После полной подготовки балки нумеровали соответствующим шифром и выдерживали минимум 24 ч перед исследованием в связи с тем, что после активации полимеризационной лампы конверсия полимеризации внутри композита составляет 50–60 %, а в последующие сутки – еще 30–40 %.

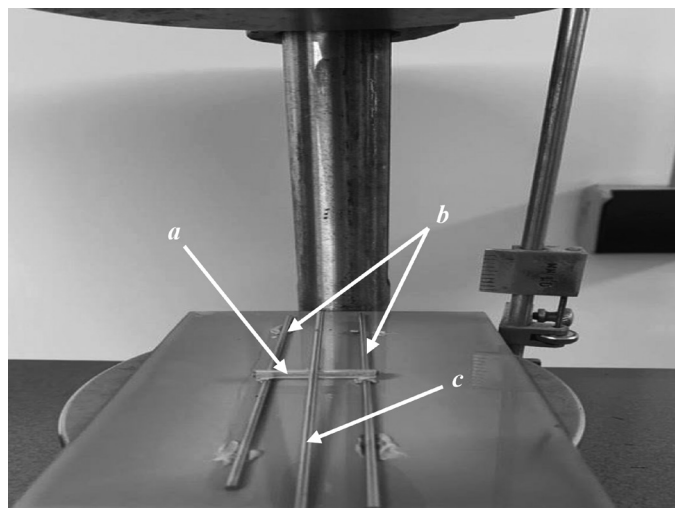


Рис. 4. Расположение образцов на трех балках для испытания прочности на изгиб на испытательной машине «МИП-10» (*a* – испытуемые образец; *b* – опорные стержни; *c* – нагружающий стержень)

Fig. 4. Sample location on three beams for testing the bending strength on the MIP-10 testing machine (*a* – test sample; *b* – support rods; *c* – loading rod)

В ходе исследования было изготовлено 25 образцов для каждого вида композита в зависимости от групповой принадлежности образца (всего 150 образцов).

На Краснодарском приборном заводе «Каскад» изготовленные образцы по очереди были установлены в испытательную машину «МИП-10» фирмы «НПК «ТЕХМАШ»» (Россия). Устройство для изгиба состояло из двух стержней диаметром 2 мм, смонтированных параллельно на расстоянии  $20 \pm 0,1$  мм между центрами и третьим стержнем диаметром 2 мм, расположенным по центру между первыми двумя и параллельно им так, чтобы эту комбинацию из трех стержней можно было применять для нагружения образца по типу трехточечного изгиба (рис. 4).

Перед проведением исследования каждый образец измеряли (в центре) с помощью микрометра с точностью 0,01 мм, после чего композитную балку устанавливали в устройство для испытания

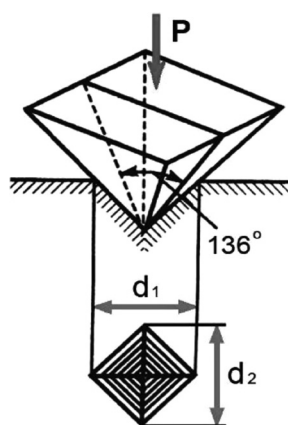


Рис. 5. Индентор и отпечаток для определения твердости методом Виккерса. *P* – нагрузка, кгс; *d*<sub>1</sub> и *d*<sub>2</sub> – диагонали отпечатка, мм

Fig. 5. Indenter and imprint for determining the hardness by the Vickers method. *P* is the load, kgf; *d*<sub>1</sub> and *d*<sub>2</sub> are the print diagonals, mm

на изгиб и приступали к нагрузке на образец. Нагружение продолжали до тех пор, пока образец не разрушится, после чего записывали максимальную нагрузку, действующую на образец в момент разрушения. Подобным образом испытанию подвергали все образцы.

Значения показателей предельной прочности на изгиб ( $\sigma$ , МПа) вычисляли по формуле  $\sigma = 3Fl/2bh^2$ , где *F* – максимальная нагрузка, действующая на образец, Н; *l* – расстояние между опорами с точностью до 0,01 мм; *b* – ширина в центре образца, измеренная непосредственно перед испытанием, мм; *h* – высота в центре образца, измеренная непосредственно перед испытанием, мм.

Полученные данные вносили в сводную таблицу для статистической обработки.

Твердость по Виккерсу (HV, кгс/мм<sup>2</sup>) определяли путем вдавливания алмазной пирамиды, угол при вершине которой составляет 136°. Индентор, применяемый в тестах по Виккерсу, – пирамида с квадратным основанием, противоположные стороны которой сходятся на вершине под углом 136° (рис. 5).

Твердость поверхности измеряли с помощью аппарата «ПМТ-3» фирмы «Ломо» (Россия) (рис. 6). Измерение проводили в течение 6 с при силе давления 100 гр.

При измерении твердости по Виккерсу соблюдали следующие условия: плавное возрастание нагрузки до необходимого значения; обеспечение



перпендикулярности приложения действующего усилия к испытываемой поверхности; поддержание постоянства приложенной нагрузки в течение установленного времени; расстояние между центром отпечатка и краем образца или соседнего отпечатка – не менее 2,5 длины диагонали отпечатка.

Для определения твердости поверхности представленных композитов изготавливали композитные диски диаметром не менее 6 мм и толщиной не менее 1,5 мм (рис. 7).

Композитный материал распределяли в виде плотного шарика на гладкой ровной поверхности стекла для замешивания стоматологических материалов. При подготовке образцов для контрольной группы использовали композит комнатной температуры, в основной группе композит в течение 10 с подвергали термовибрационному воздействию (согласно разработанному патенту РФ на изобретение № 2731821 от 08 сентября 2020 г.) ультразвуковой насадки с гладкой рабочей поверхностью фирмы Asteon (Франция) из серии Perfect Margin PM3 с помощью ультразвукового аппарата Newtron Booster фирмы Asteon (Франция) мощностью 25 Вт. Затем композитный шарик сверху накрывали другим стеклом для замешивания стоматологических материалов и раздавливали до необходимых размеров, после чего через стекло с помощью диодной полимеризационной лампы Bluephase Style фирмы Ivoclar Vivadent (Лихтенштейн) в течение 20 с проводили полимеризацию. Перед измерением твердости поверхности по Виккерсу все образцы выдерживали не менее 24 ч для получения максимальной полимеризации материала.

После измерений полученные данные вносили в формулу для определения твердости по Виккерсу:

$$HV = 2P \sin(0,5\alpha/d^2) = 1,8544P/d^2,$$

где  $P$  – прилагаемая нагрузка, кгс;  $d$  – среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм;  $\alpha$  – лицевой угол индентора ( $136^\circ$ ).

**Результаты и их обсуждение.** У образцов, изготовленных без предварительного термовибрационного воздействия, средние значения показателей прочности на изгиб у композитов Estelite Sigma Quick, Filtek Bulk Fill Posterior Restorative и «ДентЛайт» составили  $80,97 \pm 5,52$ ;  $80,15 \pm 16,73$  и  $82,92 \pm 18,10$  МПа соответственно (табл. 2). Эти значения попарно не отличались

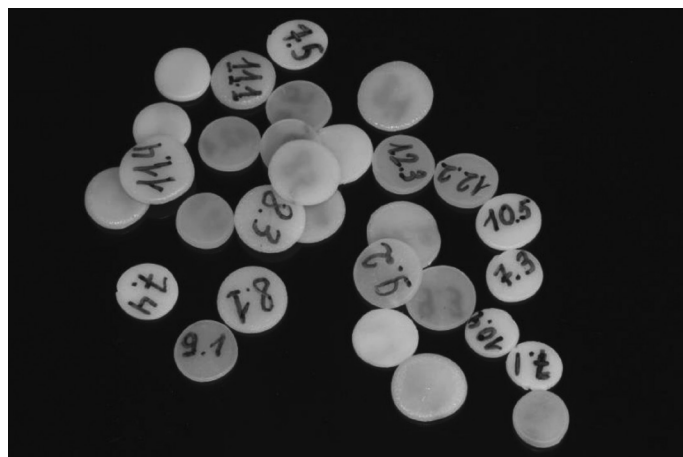


Рис. 7. Готовые образцы композитов для проведения испытаний на твердость поверхности по Виккерсу

Fig. 7. Ready-made composite samples for conducting a Vickers surface hardness test



Рис. 6. Микротвердометр «ПМТ-3» фирмы «Ломо» (Россия)

Fig. 6. Microhardometer PMT-3 of the LOMO Company (Russia)

Таблица 2. Средние значения показателей прочности на изгиб у образцов из различных композитов без применения термовибрационного воздействия (контрольная группа) и с применением термовибрационного воздействия (основная группа) ( $M \pm SD$ )

Table 2. Average values of the bending strength indicators of the samples from various composites without the use of thermal vibration exposure (control group) and with the use of thermal vibration exposure (main group) ( $M \pm SD$ )

Композит	Показатель прочности на изгиб, МПа		Отношение средних значений	<i>t</i> -критерий Стьюдента
	Контрольная группа ( <i>n</i> = 25)	Основная группа ( <i>n</i> = 25)		
Estelite Sigma Quick	80,97 ± 5,52	99,85 ± 6,92*	1,23	<i>p</i> < 0,001
Filtek Bulk Fill Posterior Restorative	80,15 ± 16,73	118,20 ± 10,81	1,47	<i>p</i> < 0,001
«ДентЛайт»	82,92 ± 18,10	118,10 ± 15,85	1,42	<i>p</i> < 0,001
<i>F</i> (критерий Фишера)	<i>p</i> = 0,751	<i>p</i> < 0,001		
<i>R</i> <sup>2</sup> (коэффициент детерминации)	0,8	35,8		

Примечание. Здесь и в табл. 3: \* – статистически значимые отличия между средними значениями показателей образцов из различных композитов для контрольной группы и группы исследования.

значимо друг от друга ( $p_{\text{FD}} = 0,538$ ,  $p_{\text{ED}} = 0,539$ ,  $p_{\text{EF}} = 0,818$ ). Распределение чисел в группах образцов разных композитов соответствовало нормальному распределению (критерий Шапиро–Уилка), при попарном сравнении применяли критерий Стьюдента.

При использовании однофакторного дисперсионного анализа не выявлено статистически значимых различий между средними значениями в зависимости от используемого композита (по критерию Фишера  $p = 0,751$ ). Влияние вида композита в контрольной группе было на уровне 0,8 %.

У образцов, изготовленных из различных композитов с применением предварительного термовибрационного воздействия, наибольшие средние значения показателей прочности на изгиб были у композитов Filtek Bulk Fill Posterior Restorative и «ДентЛайт» –  $118,20 \pm 10,81$  и  $118,10 \pm 15,85$  МПа соответственно. Эти значения значимо не отличались друг от друга ( $p = 0,976$ ). Среднее значение Estelite Sigma Quick статистически значимо отличалось от значений образцов из остальных композитов и было равно  $99,85 \pm 6,92$  МПа ( $p < 0,001$ ). Распределение чисел в группах образцов разных композитов соответствовало нормальному (критерий Шапиро–Уилка), при попарном сравнении применяли критерий Стьюдента.

Одновременно проводили попарное сравнение для одного вида композита – с применением и без применения предварительного термовибрационного воздействия. Во всех группах отмечалось статистически значимое увеличение ( $p < 0,001$ ): для Estelite Sigma Quick – в 1,23 раза, для Filtek Bulk Fill Posterior Restorative – в 1,47, для «ДентЛайта» – в 1,42 раза.

Полученные значения показателей твердости поверхности по Виккерсу были статистически обработаны и внесены в сводную таблицу (табл. 2).

У образцов, изготовленных из различных композитов без применения предварительного термовибрационного воздействия, наибольшие средние значения показателей твердости поверхности по Виккерсу были у композитов Filtek Bulk Fill Posterior Restorative и Estelite Sigma Quick –  $90,72 \pm 5,27$  и  $74,97 \pm 9,6$  кгс/мм<sup>2</sup> соответственно (табл. 3). Эти значения статистически значимо отличались друг от друга ( $p < 0,001$ ). Среднее значение «ДентЛайта» статистически значимо отличалось от такового у образцов из композита Filtek Bulk Fill Posterior Restorative ( $p < 0,001$ ) и было равно  $71,74 \pm 9,12$  кгс/мм<sup>2</sup>, не отличалось от среднего значения образцов из композита Estelite Sigma Quick ( $p = 0,231$ ). Распределение чисел в группах образцов разных композитов соответствовало нормальному (критерий Шапиро–Уилка), при попарном сравнении применяли критерий Стьюдента.

У образцов, изготовленных из различных композитов с применением предварительного термовибрационного воздействия, наименьшие средние значения показателей твердости поверхности по Виккерсу были у композитов «ДентЛайт» и Estelite Sigma Quick –  $88,50 \pm 4,90$  и  $91,22 \pm 8,49$  кгс/мм<sup>2</sup> соответственно. Эти значения значимо не отличались друг от друга ( $p = 0,172$ ). А вот у Filtek Bulk Fill Posterior Restorative среднее значение статистически значимо отличалось от такового у образцов из остальных композитов и было наибольшим –  $109,61 \pm 6,32$  кгс/мм<sup>2</sup> ( $p < 0,001$ ). Распределение чисел в группах образцов разных композитов соответствовало нормальному (критерий Шапиро–Уилка), при попарном сравнении применяли критерий Стьюдента.

Т а б л и ц а 3. Средние значения показателей твердости поверхности по Виккерсу у образцов из различных композитов без применения термовибрационного воздействия (контрольная группа) и с применением термовибрационного воздействия (основная группа) (M ± SD)

Table 3. Average values of Vickers surface hardness indices of samples from various composites without the use of thermo-vibration exposure (control group) and with the use of thermo-vibration exposure (main group) (M ± SD)

Композит	Показатель твердости поверхности, кгс/мм <sup>2</sup>		Отношение средних значений	t-критерий Стьюдента
	Контрольная группа (n = 25)	Основная группа (n = 25)		
Estelite Sigma Quick	74,97 ± 9,66	91,22 ± 8,49	1,22	p < 0,001
Filtek Bulk Fill Posterior Restorative	90,72 ± 5,27*	109,61 ± 6,32*	1,21	p < 0,001
«ДентЛайт»	71,74 ± 9,12	88,50 ± 4,90	1,23	p < 0,001
F (критерий Фишера)	p < 0,001	p < 0,001		
R <sup>2</sup> (коэффициент детерминации)	51,3	66,9		

Кроме того, было проведено попарное сравнение показателей твердости поверхности по Виккерсу для одного вида композита группы с применением и без применения предварительного термовибрационного воздействия. Во всех группах отмечалось статистически значимое увеличение данного показателя (p < 0,001): для «ДентЛайта» – в 1,23 раза, для Filtek Bulk Fill Posterior Restorative – в 1,21, для Estelite Sigma Quick – в 1,22 раза.

Результаты исследования прочности на изгиб всех образцов различных композитов контрольной и основной групп показали, что композиты, подвергшиеся предварительному термовибрационному воздействию перед фотополимеризацией, имели более высокие показатели прочности на изгиб, чем образцы, полимеризованные классическим методом при комнатной температуре без применения термовибрационного воздействия. Образцы композитов основной группы имели более высокие показатели прочности на изгиб в сравнении с образцами контрольной группы – на 23,32; 47,47 и 42,43 % соответственно (p < 0,001).

Результаты исследования твердости поверхности по Виккерсу всех образцов различных композитов контрольной и основной групп показали, что композиты, подвергшиеся предварительному термовибрационному воздействию перед фотополимеризацией, имели более высокие показатели твердости поверхности по Виккерсу, нежели образцы, полимеризованные классическим методом при комнатной температуре без применения термовибрационного воздействия. Образцы композитов основной группы имели более высокие показатели твердости поверхности по Виккерсу в сравнении с образцами контрольной группы – на 21,68; 20,82 и 23,36 % соответственно.

**Заключение.** Таким образом, термовибрационное воздействие на композит непосредственно перед его полимеризацией позволяет получить материал с более высокими прочностными характеристиками, такими как прочность на изгиб и твердость поверхности, что способствует увеличению срока службы пломб и снижению риска образования вторичного кариеса после пломбирования.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список использованных источников

1. Хабадзе, З. С. Лабораторное обоснование эффективности предполимеризационного нагрева нанокompозитного материала / З. С. Хабадзе // Эндодонтия today. – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 15–20.
2. Wright, M. C. Bulk and microscale composition analysis / M. C. Wright // Failure Analysis Prevention / ed. : B. A. Miller [et al.]. – Materials Park, Ohio, 2021. – P. 85–91.
3. Ison как метод выбора неинъекционного метода лечения начального кариеса у пациентов с фибродисплазией оксифицирующей прогрессирующей: клинический случай / А. В. Севбитов [и др.] // Рос. стоматол. журн. – 2019. – Т. 23, № 6. – С. 280–283.
4. Изменение микроструктуры эмали и дентина под влиянием ротационного инструмента при лечении кариеса (исследование *in vitro*) / Б. Р. Шумилович [и др.] // Рос. стоматол. журн. – 2017. – Т. 21, № 2. – С. 68–71.
5. Музылева, Т. А. Современные адгезивные системы в клинической стоматологии / Т. А. Музылева // Студ. вестн. – 2019. – Т. 38-2 (88). – С. 21–22.
6. Адамчик, А. А. Оценка полимеризации композита / А. А. Адамчик // Кубан. науч. мед. вестн. – 2015. – № 1. – С. 7–11.
7. Yang, J. N. Effects of preheated composite on micro leakage-an *in vitro* study / J. N. Yang, J. D. Raj, H. Sherlin // J. Clin. Diagn. Res. – 2016. – Vol. 10, N 6. – P. 36–38. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/18084.7980>
8. The effect of composite resin preheating on marginal adaptation of class II restorations / F. Darabi [et al.] // J. Clin. Exp. Dent. – 2020. – Vol. 12, N 7. – P. 682–687. <https://doi.org/10.4317/jced.56625>

9. Elolimy, G. A. Effect of pre-heating on hardness, flexural properties and depth of cure of dental two resin composites / G. A. Elolimy // *Egypt. Dent. J.* – 2020. – N 3. – P. 1731–1739. <https://doi.org/10.21608/EDJ.2020.24610.1043>
10. Чухрай, И. Г. Ошибки и осложнения, возникающие при изготовлении реставраций из композиционных материалов / И. Г. Чухрай, Н. В. Новак, Е. И. Марченко // *Соврем. стоматология.* – 2014. – № 1 (58). – С. 20–25.
11. An update on the reasons for placement and replacement of direct restorations / D. Eltahlah [et al.] // *J. Dent.* – 2018. – N 72. – P. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.03.001>
12. Rondoni, D. Composite layered overlay: micro-invasive approach / D. Rondoni // *Endodontol. Today.* – 2019. – Vol. 17, N 4. – P. 67–69. <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2019-17-4-67-69>
13. Боровский, Е. В. Кариез зубов: препарирование и пломбирование / Е. В. Боровский. – М. : Стоматология, 2001. – 144 с.
14. Rubnikovich, S. P. Morphological changes in bone tissue around dental implants after low-intensity ultrasound applications / S. P. Rubnikovich, I. S. Khomich, Yu. L. Denisova // *Вест. НАН Беларуси. Сер. мед. наук.* – 2020. – Т. 17, № 1. – С. 20–27.
15. The effect of magnetophototherapy on morphological changes of tissues of pathologically changed periodontium / S. P. Rubnikovich [et al.] // *Med. News North Caucasus.* – 2017. – Vol. 12, N 3. – P. 303–307. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2017.12095>
16. Rubnikovich, S. P. Digital laser speckle technologies in measuring blood flow in biotissues and the stressed-strained state of the maxillo-dental system / S. P. Rubnikovich, Yu. L. Denisova, N. A. Fomin // *J. Eng. Phys. Thermophys.* – 2017. – Vol. 90, N 6. – P. 1513–1523. <https://doi.org/10.1007/s10891-017-1713-8>
17. Laser speckle technology in stomatology. Diagnostics of stresses and strains of hard biotissues and orthodontic and orthopedic structures / Yu. L. Denisova [et al.] // *J. Eng. Phys. Thermophys.* – 2013. – Vol. 86, N 4. – P. 940–951. <https://doi.org/10.1007/s10891-013-0915-y>
18. Bazylev, N. B. Investigation of the stressed-strained state of cermet dentures using digital laser speckle-photographic analysis / N. B. Bazylev, S. P. Rubnikovich // *J. Eng. Phys. Thermophys.* – 2009. – Vol. 82, N 4. – P. 789–793. <https://doi.org/10.1007/s10891-009-0247-0>
19. Laser monitor for soft and hard biotissue analysis using dynamic speckle photography / N. Fomin [et al.] // *J. Laser Phys.* – 2003. – Vol. 13, N 5. – P. 786–795.
20. Effect of preheating on the cytotoxicity of bulk-fill composite resins / M. E. Ebrahimi Chaharom [et al.] // *J. Dent. Res. Dent. Clin. Dent. Prospects.* – 2020. – Vol. 14, N 1. – P. 19–25. <https://doi.org/10.34172/joddd.2020.003>
21. Response of composite resins to preheating and the resulting strengthening of luted feldspar ceramic / N. F. Coelho [et al.] // *Dent. Mater.* – 2019. – Vol. 35, N 10. – P. 1430–1438. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.021>

## References

1. Khabadze Z. S. Laboratory substantiation of the efficiency of pre-polymerization heating of nanocomposite material. *Endodontiya today* [Endodontics today], 2020, vol. 18, no. 1, pp. 15–20 (in Russian).
2. Wright M. C. Bulk and microscale composition analysis. *Failure Analysis and Prevention*. Materials Park, Ohio, 2021, pp. 85–91. <https://doi.org/10.31399/asm.hb.v11.a0006759>
3. Sevbitov A. V., Dan'shina S. D., Kuznetsova M. Yu., Platonova V. V., Borisov V. V. Icon as a method of choice for injectable treatment of initial caries in patients with ossifying progressive fibrodysplasia: a clinical case. *Rossiiskii stomatologicheskii zhurnal* [Russian journal of dentistry], 2019, vol. 23, no. 6, pp. 280–283 (in Russian).
4. Shumilovich B. R., Leshcheva E. A., Kharitonov D. Yu., Morozov A. N., Saneev A. V. Change of the microstructure of enamel and dentin under the influence of the rotary tool in the treatment of caries (*in vitro* study). *Rossiiskii stomatologicheskii zhurnal* [Russian journal of dentistry], 2017, vol. 21, no. 2, pp. 68–71 (in Russian).
5. Muzyleva T. A. Modern adhesive systems in clinical dentistry. *Studencheskii vestnik* [Student bulletin], 2019, vol. 38-2 (88), pp. 21–22 (in Russian).
6. Adamchik A. A. Appraisal of composite's polymerization. *Kubanskii nauchnyi meditsinskii vestnik* [Kuban scientific medical bulletin], 2015, no. 1, pp. 7–11 (in Russian).
7. Yang J. N., Raj J. D., Sherlin H. Effects of preheated composite on micro leakage-an *in vitro* study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 2016, vol. 10, no. 6, pp. 36–38. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/18084.7980>
8. Darabi F., Tayefeh-Davalloo R., Tavangar S. M., Naser-Alavi F., Boorboo-Shirazi M. The effect of composite resin preheating on marginal adaptation of class II restorations. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 2020, vol. 12, no. 7, pp. 682–687. <https://doi.org/10.4317/jced.56625>
9. Elolimy G. A. Effect of pre-heating on hardness, flexural properties and depth of cure of dental two resin composites. *Egyptian Dental Journal*, 2020, no. 3, pp. 1731–1739. <https://doi.org/10.21608/EDJ.2020.24610.1043>
10. Chukhrai I. G., Novak N. V., Marchenko E. I. Mistakes and the complications arising at production of restorations from composite materials. *Sovremennaya stomatologiya* [Modern dentistry], 2014, no. 1 (58), pp. 20–25 (in Russian).
11. Eltahlah D., Lynch C. D., Chadwick B. L., Blum I. R., Wilson N. H. F. An update on the reasons for placement and replacement of direct restorations. *Journal of Dentistry*, 2018, no. 72, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.03.001>
12. Rondoni D. Composite layered overlay: micro-invasive approach. *Endodontology Today*, 2019, vol. 17, no. 4, pp. 67–69. <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2019-17-4-67-69>
13. Боровский Е. В. *Dental caries: preparation and filling*. Moscow, Stomatologiya Publ., 2001. 144 p. (in Russian).
14. Rubnikovich S. P., Khomich I. S., Denisova Yu. L. Morphological changes in bone tissue around dental implants after low-intensity ultrasound applications. *Vesti Natsyonalnai akademii navuk Belarusi. Seryya meditsinskikh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2020, vol. 17, no. 1, pp. 20–27 (in Russian).



15. Rubnikovich S. P., Maizet A. I., Denisova Yu. L., Bykova N., Arutyunov A., Kopylova I. A., Avanesyan R. A. The effect of magnetophototherapy on morphological changes of tissues of pathologically changed periodontium. *Medical News of the North Caucasus*, 2017, vol. 12, no. 3, pp. 303–307. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2017.12095>
16. Rubnikovich S. P., Denisova Yu. L., Fomin N. A. Digital laser speckle technologies in measuring blood flow in biotissues and the stressed-strained state of the maxillo-dental system. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2017, vol. 90, no. 6, pp. 1513–1523. <https://doi.org/10.1007/s10891-017-1713-8>
17. Denisova Yu. L., Bazylev N. B., Rubnikovich S. P., Fomin N. A. Laser speckle technology in stomatology. Diagnostics of stresses and strains of hard biotissues and orthodontic and orthopedic structures. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no. 4, pp. 940–951. <https://doi.org/10.1007/s10891-013-0915-y>
18. Bazylev N. B., Rubnikovich S. P. Investigation of the stressed-strained state of cermet dentures using digital laser speckle-photographic analysis. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2009, vol. 82, no. 4, pp. 789–793. <https://doi.org/10.1007/s10891-009-0247-0>
19. Fomin N., Fuentes C., Hirano T., Rubnikovich S., Bazylev N., Lavinskaya E. [et al.]. Laser monitor for soft and hard biotissue analysis using dynamic speckle photography. *Journal of Laser Physics*, 2003, vol. 13, no. 5, pp. 786–795.
20. Ebrahimi Chaharom M. E., Bahari M., Safyari L., Safarvand H., Shafaei H., Jafari Navimipour E., Alizadeh Oskoe P., Ajami A. A., Abed Kahnamouei M. Effect of preheating on the cytotoxicity of bulk-fill composite resins. *Journal of Dental Research Dental Clinics Dental Prospects*, 2020, vol. 14, no. 1, pp. 19–25. <https://doi.org/10.34172/joddd.2020.003>
21. Coelho N. F., Barbon F. J., Machado R. G., Boscato N., Moraes R. R. Response of composite resins to preheating and the resulting strengthening of luted feldspar ceramic. *Dental Materials*, 2019, vol. 35, no. 10, pp. 1430–1438. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.021>

### Информация об авторах

Гущин Александр Александрович – аспирант. Кубанский государственный медицинский университет (ул. им. Седина, 4, 350063, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: doctor-stomatolog@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0002-8773-5231>

Адамчик Анатолий Анатольевич – д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой. Кубанский государственный медицинский университет (ул. им. Седина, 4, 350063, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: adamchik1@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-2861-0260>

Рубникович Сергей Петрович – член-корреспондент, д-р мед. наук, профессор, ректор. Белорусский государственный медицинский университет (пр. Дзержинского, 83, 220116, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: rubnikovich@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-7450-3757>

Запорожская-Абрамова Екатерина Сергеевна – канд. мед. наук, ассистент. Кубанский государственный медицинский университет (ул. им. Седина, 4, 350063, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: dr.katerina\_abramova@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-0675-6581>

Иващенко Виктория Александровна – канд. мед. наук, ассистент. Кубанский государственный медицинский университет (ул. им. Седина, 4, 350063, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: vikato777@mail.ru

Соловьева Жанна Владимировна – канд. мед. наук, ассистент. Кубанский государственный медицинский университет (ул. им. Седина, 4, 350063, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: janna\_soul@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6591-395X>

Таиров Валерий Владиславович – канд. мед. наук, доцент. Кубанский государственный медицинский университет (ул. им. Седина, 4, 350063, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: vtaitov@mail.ru

Рисованный Сергей Исаакович – канд. мед. наук, профессор. Кубанский государственный медицинский университет (ул. им. Седина, 4, 350063, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: kls.kuban@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-0970-3701>

Денисова Юлия Леонидовна – д-р мед. наук, профессор. Белорусский государственный медицинский университет (пр. Дзержинского, 83, 220116, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: denisova-yul@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-0917-7972>

### Information about the authors

Alexander A. Gushchin – Postgraduate student. Kuban State Medical University (4, Sedin Str., 350063, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: doctor-stomatolog@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0002-8773-5231>

Anatoly A. Adamchik – D. Sc. (Med.), Associate Professor, Head of the Department. Kuban State Medical University (4, Sedin Str., 350063, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: adamchik1@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-2861-0260>

Sergey P. Rubnikovich – Corresponding Member, D. Sc. (Med.), Professor, Rector. Belarusian State Medical University (83, Dzerzhinski Ave., 220116, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: rubnikovichs@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-7450-3757>

Ekaterina S. Zaporozhskaya-Abramova – Ph. D. (Med.), Assistant. Kuban State Medical University (4, Sedin Str., 350063, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: dr.katerina\_abramova@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-0675-6581>

Victoria A. Ivashchenko – Ph. D. (Med.), Assistant. Kuban State Medical University (4, Sedin Str., 350063, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: vikato777@mail.ru

Zhanna V. Solovyeva – Ph. D. (Med.), Assistant. Kuban State Medical University (4, Sedin Str., 350063, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: janna\_soul@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6591-395X>

Valery V. Tairov – Ph. D. (Med.), Associate Professor. Kuban State Medical University (4, Sedin Str., 350063, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: vtaitov@mail.ru

Sergey I. Risovannyi – Ph. D. (Med.), Professor. Kuban State Medical University (4, Sedin Str., 350063, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: kls.kuban@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-0970-3701>

Yuliya L. Denisova – D. Sc. (Med.), Professor. Belarusian State Medical University (83, Dzerzhinski Ave., 220116, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: denisova-yul@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-0917-7972>