



Гущин А.А.¹ ✉, Адамчик А.А.¹, Рубникович С.П.², Запорожская-Абрамова Е.С.¹,
Иващенко В.А.¹, Соловьёва Ж.В.¹, Таиров В.В.¹, Рисованный С.И.¹, Денисова Ю.Л.²

¹ Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

² Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Изучение прочностных характеристик стоматологических композитных материалов

Конфликт интересов: не заявлен.

Подана: 14.09.2022

Принята: 19.09.2022

Контакты: doctor-stomatolog@yandex.ru

Резюме

Цель исследования. Оценка влияния термовибрационного воздействия на прочность на изгиб и твердость поверхности композитных пломбировочных материалов.

Материалы и методы. 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 «Дент-Лайт». Оценку прочности на изгиб проводили на испытательной машине «МИП-10» фирмы «НПК «ТЕХМАШ». Определение твердости поверхности по Виккерсу осуществляли на аппарате «ПМТ-3» фирмы «Ломо».

Результаты. По данным 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.

Заключение. 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



Alexander A. Gushchin¹ ✉, Anatoly A. Adamchik¹, Sergey P. Rubnikovich², Ekaterina S. Zaporozhskaya-Abramova¹, Victoriya A. Ivashchenko¹, Zhanna V. Solovyeva¹, Valery V. Tairov¹, Sergey I. Risovannyi¹, Yuliya L. Denisova²

¹ Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

² Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Studying the Strength Characteristics of Dental Composite Materials

Conflict of interest: nothing to declare.

Submitted: 14.09.2022

Accepted: 19.09.2022

Contacts: doctor-stomatolog@yandex.ru

Abstract

Purpose of the study. The evaluation of the influence of thermal vibration effects on the bending strength and surface hardness of composite filling materials.

Materials and methods. 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".

Results. 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.

Conclusion. 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

■ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известны различные методы воздействия на композиты для улучшения качества композитных пломбировочных материалов, такие как предварительный нагрев, вибрационное воздействие, а также правильный подбор полимеризационных ламп [1–9]. И хотя каждый метод по отдельности придает композитам определенные улучшения их физических свойств, данная проблема по-прежнему остается актуальной [10–21].

Разработан и запатентован (патент РФ на изобретение № 2731821 от 8 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 неполимеризованного 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 сек., после чего пломбу фотополимеризовали.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить эффективность влияния термовибрационного воздействия на прочность на изгиб и твердость поверхности композитных пломбировочных материалов.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Определение прочности на изгиб проводили в соответствии с ГОСТ Р56924-2016 (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 использованием 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 8 сентября 2020 г.) (табл. 1).

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 был изготовлен на стоматологическом фрезерном станке DWX-52D фирмы Roland (Япония) из полиметилметакрилата (ПММА) фирмы Chongqing Zotion Dentistry Technology Co., Ltd (Китай).

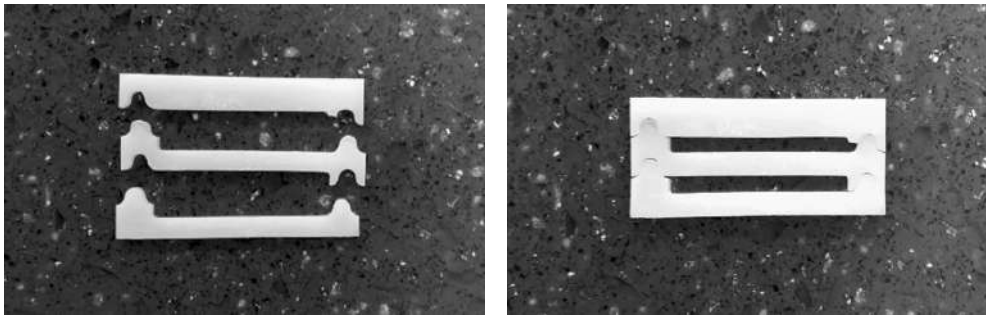
Таблица 1

Распределение образцов композитов в группах для исследования прочности на изгиб и твердости поверхности по Виккерсу

Table 1

Distribution of composite samples in groups for the study of bending strength 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,
Основная (n=25)	Термовибрационное воздействие	«ДентЛайт»



a

b

Рис. 1. Шаблон для изготовления образцов композитов в разобранном (а) и собранном (б) состоянии

Fig. 1. Template for manufacturing samples of composites in disassembled (a) and assembled (b) condition

Полученный шаблон позволяет изготавливать на фрезерном станке балки размером 25×2×2 мм (Д/Ш/В) (рис. 2).

Благодаря тому что шаблон был изготовлен из ПММА, композитный материал не прилипал к его поверхности, а возможность его разбора на несколько частей позволяла 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 пустот внутри образца пломбировочный 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 сек. 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 8 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 сек., после чего композит полимеризовали диодной полимеризационной лампой Bluephase Style фирмы Ivoclar Vivadent (Лихтенштейн) в течение 60 сек. 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 часа 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%.

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



Рис. 2. Готовые образцы композитов для проведения исследования прочности на изгиб
Fig. 2. Ready-made samples of composites for the study of bending strength

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. 3).

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 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 испытание повторяли на всех образцах.

Данные измерений заносили в формулу для вычисления предельной прочности на изгиб σ , МПа: $\Sigma = 3Fl / (2bh^2)$, 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) 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° .

Твердость поверхности измеряли с помощью аппарата «ПМТ-3» фирмы «Ломо» (Россия). Измерение проводили в течение 6 сек. 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

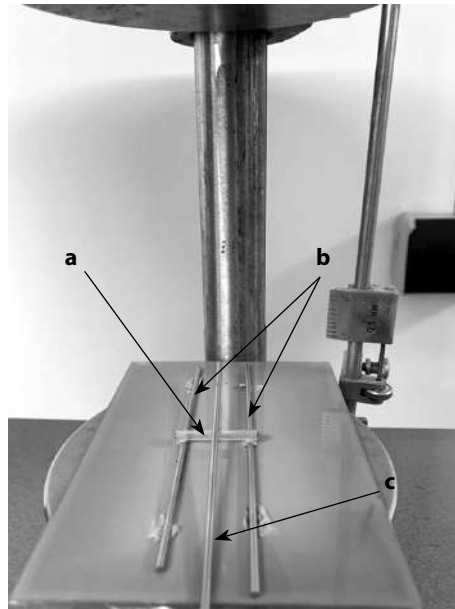


Рис. 3. Расположение образца на трех балках для испытания прочности на изгиб на испытательной машине «МИП-10» (а – испытуемый образец; b – опорные стержни; c – нагружающий стержень)

Fig. 3. The location of the sample on three beams for testing the bending strength on the MIP-10 testing machine (a – test sample; b – support rods; c – loading rod)

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.

В ходе исследования было изготовлено 25 образцов для каждого вида композита в зависимости от групповой принадлежности образца (всего 150 образцов) (табл. 1).

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, для основной группы композит подвергали термовибрационному воздействию (согласно разработанному патенту РФ на изобретение № 2731821 от 8 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 сек., после чего композитный шарик сверху накрывали другим стеклом для замешивания стоматологических материалов и раздавливали до необходимых размеров, затем через стекло проводилась полимеризация с помощью диодной полимеризационной лампы Bluephase Style фирмы Ivoclar Vivadent (Лихтенштейн) в течение 20 сек. Перед измерением твердости поверхности по Виккерсу все образцы выдерживали не менее 24 часов 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; α – лицевой угол индентора (136°).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И 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 значимо друг от друга ($p_{ФД} = 0,538$, $p_{ЕД} = 0,539$, $p_{ЕФ} = 0,818$). 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, связанных с видом 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 показатели значимо не отличались друг от друга ($p = 0,976$). Среднее значение Estelite Sigma Quick статистически значимо отличалось от 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.

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

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

Композит	Показатель прочности на изгиб, МПа		Отношение средних значений	t
	Контрольная группа (n=25)	Основная группа (n=25)		
Estelite Sigma Quick	$80,97 \pm 5,52$	$99,85 \pm 6,92^*$	1,23	$p < 0,001$
Filtek Bulk Fill Posterior Restorative	$80,15 \pm 16,73$	$118,20 \pm 10,81$	1,47	$p < 0,001$
«ДентЛайт»	$82,92 \pm 18,10$	$118,10 \pm 15,85$	1,42	$p < 0,001$
	$p = 0,751$	$p < 0,001$		
	0,8	35,8		

Примечание: * статистически значимые различия между средними значениями показателей образцов из различных композитов для контрольной группы и группы исследования.



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).

Среди 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/мм² 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/мм², 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.

Среди 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/мм² соответственно. Эти показатели 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/мм² ($p < 0,001$). Распределение чисел в группах образцов разных композитов соответствовало нормальному (критерий Шапиро – Уилка), при попарном сравнении применяли критерий Стьюдента.

Таблица 3
Средние значения ($M \pm SD$) показателей твердости поверхности по Виккерсу у образцов из различных композитов без применения термовибрационного воздействия (контрольная группа) и с применением термовибрационного воздействия (основная группа)

Table 3
Average values ($M \pm SD$) 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)

Композит	Показатель твердости поверхности, кгс/мм ²		Отношение средних значений	
	Контрольная группа (n=25)	Основная группа (n=25)		
Estelite Sigma Quick	$74,97 \pm 9,66$	$91,22 \pm 8,49$	1,22	$p < 0,001$
Filtek Bulk Fill Posterior Restorative	$90,72 \pm 5,27^*$	$109,61 \pm 6,32^*$	1,21	$p < 0,001$
«ДентЛайт»	$71,74 \pm 9,12$	$88,50 \pm 4,90$	1,23	$p < 0,001$
	$p < 0,001$	$p < 0,001$		
	51,3	66,9		

Примечание: * статистически значимые различия между средними значениями показателей образцов из различных композитов для контрольной группы и группы исследования.

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

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.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Khabadze Z.S. Laboratory substantiation of the efficiency of pre-polymerization heating of nanocomposite material. *Endodontics today*. 2020;18(1):15–20. (in Russian)
2. Wright M.C. Bulk and microscale composition analysis. *Failure Analysis and Prevention. Materials Park, Ohio*. 2021:85–91. Available at: //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. *Russian journal of dentistry*. 2019;23(6):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). *Russian journal of dentistry*. 2017;21(2):68–71. (in Russian)
5. Muzyleva T.A. Modern adhesive systems in clinical dentistry. *Student bulletin*. 2019;38-2(88):21–22. (in Russian)
6. Adamchik A.A. Appraisal of composite's polymerization. *Kuban scientific medical bulletin*. 2015;1:7–11. (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;10(6):36–38. Available at: //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;12(7):682–687. Available at: //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;3:1731–1739. Available at: //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. *Modern dentistry*. 2014;1(58):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;72:1–7. Available at: [//doi.org/10.1016/j.jdent.2018.03.001](https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.03.001)
12. Rondoni D. Composite layered overlay: micro-invasive approach. *Endodontology Today*. 2019;17(4):67–69. Available at: [//doi.org/10.36377/1683-2981-2019-17-4-67-69](https://doi.org/10.36377/1683-2981-2019-17-4-67-69)
13. Borovskii E.V. *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. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*. 2020;17(1):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;12(3):303–307. Available at: [//doi.org/10.14300/mnnc.2017.12095](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;90(6):1513–1523. Available at: [//doi.org/10.1007/s10891-017-1713-8](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;86(4):940–951. Available at: [//doi.org/10.1007/s10891-013-0915-y](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;82(4):789–793. Available at: [//doi.org/10.1007/s10891-009-0247-0](https://doi.org/10.1007/s10891-009-0247-0)
19. Fomin N., Fuentes C., Hirano T., Rubnikovich S., Bazylev N., Lavinskaya E. Laser monitor for soft and hard biotissue analysis using dynamic speckle photography. *Journal of Laser Physics*. 2003;13(5):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;14(1):19–25. Available at: [//doi.org/10.34172/joddd.2020.003](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;35(10):1430–1438. Available at: [//doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.021](https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.021)