

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent639931>

Адгезионная прочность композитных реставраций пришеечной области

С.Н. Разумова¹, А.С. Браго¹, О.Р. Руда¹, А.Г. Таландис¹, Л.М. Хасханова¹, Е.Ю. Мендоса²,
Ф.С. Русанов³

¹ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия;

² Российский университет медицины, Москва, Россия;

³ Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Результаты исследований эффективности универсальных адгезивов для реставрации противоречивы. Недостаточно изучена долгосрочная надёжность адгезионного соединения в пришеечных полостях в зависимости от функции зуба (жевание/откусывание). Множество исследований, посвящённых проблеме обеспечения надёжного адгезионного соединения, доказывают, что данная тема остаётся актуальной для изучения и в настоящее время.

Цель исследования — изучить прочность адгезионного соединения композитной реставрации с твёрдыми тканями в лабораторных образцах фронтальной и жевательной групп зубов до и после термоциклирования.

Материалы и методы. Образцы ($n=60$) удалённых по пародонтологическим показаниям зубов пациентов пожилого (60–75 лет) и старческого (75–90 лет) возраста разделили на 2 группы ($n=30$ в каждой) в зависимости от применяемого адгезива: в 1-й — Universal Bond II, во 2-й — OptiBond Solo Plus. В обеих группах использовали текучий фотополимер EsFlow и универсальный композит Point 4. Далее группы разделили на 2 подгруппы по функциональному признаку: фронтальные (Ф) и жевательные (Ж), $n=15$ в каждой; затем каждую подгруппу ещё раз разделили на подгруппы: а (до термоциклирования) и б (после термоциклирования). Во всех образцах сформированы полости в пришеечной области (5×5×3 мм) с использованием турбинного стоматологического наконечника под водяным охлаждением. Выполнены 1000 термоциклов попеременно по 30 с (промежуточный интервал 30 с) при температурном режиме (5±2) °C и (60±2) °C. Далее изучали адгезионную прочность зубов на сжатие.

Результаты. Адгезионная прочность при сжатии в образцах зубов подгрупп 1Фа и 2Фа составила 1663,6 [1574,6; 2175,1] Н и 2151,5 [967,9; 3970,3] Н соответственно. Разница между ними статистически незначима ($p=0,538$), что подтверждает однородность групп. Показатели адгезионной прочности в подгруппах 1Фб и 2Фб при сжатии составили 1353,3 [1219,2; 2096,8] Н и 1620,7 [847,2; 2434,7] Н соответственно (разница между группами также незначима; $p=0,868$). Статистически значимыми являются показатели адгезионной прочности в подгруппах 1Фа и 1Фб ($p=0,017$); 2Фа и 2Фб ($p=0,017$). Адгезионная прочность в подгруппах 1Жа и 2Жа составила 4100,0 [2818,1; 48401,4] Н и 3800,0 [2000,0; 4500,0] Н соответственно. Разница между группами статистически незначима ($p=0,476$), что говорит об эффективности адгезии различных адгезивов. Показатели адгезионной прочности в группах 1Жб и 2Жб составили 3479,5 [2708,8; 3995,6] Н и 1999,0 [1646,3; 3120,8] Н соответственно. Разница между ними статистически незначима ($p=0,153$), что подтверждает эффективность адгезии и сохранность комплекса реставрация–зуб.

Заключение. Жевательная группа зубов выдерживает большую нагрузку в сравнении с зубами фронтальной группы. Во всех группах отмечается снижение прочности соединения после термоциклирования. Это связано не только с видом адгезивной системы, но и с особенностями анатомического строения зубов жевательной группы, их формой, площадью, рельефом поверхностей.

Ключевые слова: адгезия; адгезивная система; пришеечный кариес; адгезионная прочность, реставрация; кариес.

Как цитировать:

Разумова С.Н., Браго А.С., Руда О.Р., Таландис А.Г., Хасханова Л.М., Мендоса Е.Ю., Русанов Ф.С. Адгезионная прочность композитных реставраций пришеечной области // Российский стоматологический журнал. 2025. Т. 29, № 1. С. 13–20. DOI: <https://doi.org/10.17816/dent639931>

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent639931>

Adhesive strength of cervical composite restorations

Svetlana N. Razumova¹, Anzhela S. Brago¹, Oxana R. Ruda¹, Artur G. Talandis¹,
Lamara M. Khaskhanova¹, Elena Yu. Mendosa², Fedor S. Rusanov³

¹ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

² Russian University of Medicine, Moscow, Russia;

³ Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The effectiveness of universal adhesives for restorations remains a subject of debate. The long-term reliability of adhesive bonds in cervical cavities, depending on the functional role of the tooth (chewing vs. biting), has not been sufficiently studied. Numerous studies on ensuring reliable adhesion indicate that this topic remains relevant for further investigation.

AIM: To assess the adhesive bond strength of composite restorations to hard dental tissues in laboratory samples of anterior and posterior teeth before and after thermocycling.

MATERIALS AND METHODS: The study included extracted teeth ($n=60$) obtained from elderly (60–75 years) and senile (75–90 years) patients due to periodontal indications. The teeth were divided into two groups ($n=30$ each) based on the adhesive system used: Group 1, Universal Bond II; Group 2, OptiBond Solo Plus. Both groups used the flowable photopolymer EsFlow and the universal composite Point 4. Each group was further divided into two subgroups based on function: anterior (A) and posterior (P) teeth ($n=15$ in each), and subsequently, into two additional subgroups based on thermocycling: (a) before thermocycling and (b) after thermocycling. Cervical cavities ($5\times5\times3$ mm) were prepared in all samples using a high-speed dental handpiece under water cooling. The specimens underwent 1000 thermocycles alternating for 30 s each (with a 30-second intermediate interval) at a temperature regime of (5 ± 2) °C and (60 ± 2) °C. The adhesive strength of the teeth was then evaluated under compressive load.

RESULTS: The adhesive strength under compression in subgroups 1Aa and 2Aa was 1663.6 [1574.6; 2175.1] N and 2151.5 [967.9; 3970.3] N, respectively. The difference between them was statistically insignificant ($p=0.538$), confirming group homogeneity. The adhesive strength values in subgroups 1Ab and 2Ab were 1353.3 [1219.2; 2096.8] N and 1620.7 [847.2; 2434.7] N, respectively ($p=0.868$). Statistically significant differences were observed between subgroups 1Aa and 1Ab ($p=0.017$) and between 2Aa and 2Ab ($p=0.017$). In the posterior tooth groups, the adhesive strength in subgroups 1Pa and 2Pa was 4100.0 [2818.1; 48401.4] N and 3800.0 [2000.0; 4500.0] N, respectively ($p=0.476$), indicating the effectiveness of both adhesive systems. In subgroups 1Pb and 2Pb, the adhesive strength was 3479.5 [2708.8; 3995.6] N and 1999.0 [1646.3; 3120.8] N, respectively ($p=0.153$), confirming the effectiveness of adhesion and the integrity of the restoration–tooth complex.

CONCLUSION: Posterior teeth withstand higher loads compared to anterior teeth. A decrease in bond strength was observed in all groups after thermocycling, which is influenced not only by the type of adhesive system but also by the anatomical characteristics of posterior teeth, including their shape, surface area, and relief.

Keywords: adhesion; adhesive system; cervical caries; adhesive strength; restoration; caries.

To cite this article:

Razumova SN, Brago AS, Ruda OR, Talandis AG, Khaskhanova LM, Mendosa EYu, Rusanov FS. Adhesive strength of cervical composite restorations. *Russian Journal of Dentistry*. 2025;29(1):13–20. DOI: <https://doi.org/10.17816/dent639931>

ОБОСНОВАНИЕ

Кариес зубов и заболевания пародонта находятся в числе самых распространённых стоматологических патологий взрослого населения [1–3].

По данным Всемирной организации здравоохранения (2022), более трети населения мира имеет такое заболевание, как кариес зубов. Невылеченный кариес постоянных зубов является наиболее распространённым заболеванием, от которого страдают более 2 млрд человек во всём мире [4–7].

Недостаточный уровень индивидуальной гигиены в пришеечной области и нерегулярность профессиональной гигиены полости рта приводят к развитию дефектов кариозной этиологии с локализацией по классу V по Black [8, 9]. Пришеечные дефекты твёрдых тканей зуба кариозной этиологии часты и быстро прогрессируют с распространением в зону околотрупа дентина, способствуя развитию осложнений [10–12].

Восстановление дефектов пришеечной области осложняется близостью к десне, трудностью обеспечения изоляции и наличием повышенной окклюзионной нагрузки в зависимости от клинической ситуации. Пришеечная область зубов является зоной концентрации напряжения во время функции жевания [13]. Диагностика и лечение патологии твёрдых тканей зубов пришеечной локализации требуют понимания причин возникновения данных дефектов и наличия чёткого плана действий по их восстановлению. От особенностей строения твёрдых тканей зуба во многом зависит краевая адаптация реставрации, а следовательно, и срок её службы. Важной проблемой реставрации пришеечных дефектов является необходимость фиксации материала к трём гистологическим субстратам (эмаль, дентин, цемент). Дентин и цемент содержат более высокий процент органических веществ, чем эмаль, что затрудняет фиксацию материалов в этой зоне с применением адгезивов 4-го и 5-го поколений [14, 15]. На прочность адгезии между реставрацией и тканями зуба при применении адгезивных систем 4-го и 5-го поколений влияют два фактора: влажность дентина и состояние коллагеновой сети, оставшейся после растворения минеральной фазы в связи с процессом протравливания. Недостаточная гидратация тканей приводит к разрушению коллагеновой сети и препятствует проникновению мономера внутрь. В противоположной ситуации с избыточно увлажнённым дентином возрастает сложность вытеснения молекулами мономера остаточной воды с последующим проникновением в коллагеновые фибриллы [16–21]. По данным исследований, наилучшее краевое прилегание, а также наименьшая краевая проницаемость отмечаются в области эмали с наногибридным компози-том, а в зоне цемента — с реставрационным стеклоиономерным цементом тройного отверждения [22, 23]. Цемент и корневой дентин более уязвимы к воздействию кислоты и деминерализации в слабокислой среде, что приводит к кариесу корня.

Развитие стоматологических материалов, совершенствование их свойств и методик применения способствуют устранению возникающих в процессе лечения сложностей. Появление универсальных адгезивов с различной техникой подготовки поверхности перед их внесением позволяет применять данные адгезивы в зависимости от клинической ситуации.

В исследовании S. Jacker-Guhr и соавт. *in vitro* сравнивали прочность связи различных универсальных адгезивов с эмалью и дентином с дополнительным травлением фосфорной кислотой и без него (до и после термоциклирования). Исследование показало, что прочность соединения универсальных адгезивов с тканями зуба увеличивается после протравливания фосфорной кислотой до 30 МПа, особенно с поверхностью эмали [24].

C. Chen и соавт. изучили адгезионную прочность на микроотяжение *in vitro* пяти универсальных адгезивов (Prime&Bond Elect, Scotchbond Universal, All-Bond Universal, Clearfil Universal Bond и Futurabond U) и установили, что существенное влияние на микроотяжение оказывают как тип бонда, так и условия испытаний (с термоциклированием или без него) [25].

M. Kawazu с соавт. сравнивали прочность соединения с дентином универсального адгезива и двух адгезивных систем с протравливанием ортофосфорной кислотой. Single Bond Plus (5-е поколение) демонстрирует более высокий уровень прочности соединения при сдвиге и стабильность соединения с дентином после термоциклирования. В то же время прочность соединения, образованного трёхэтапным бондом Scotchbond Multi-Purpose Plus (4-е поколение), снижается при длительной дегградации. Универсальная адгезивная система Scotchbond Universal (8-е поколение) образует соединение с дентином, прочность которого при сдвиге не снижается по сравнению с исходным уровнем ни при каких условиях дегградации [26].

В работе A.C. Follak установлено, что на прочность адгезионного соединения влияет состояние дентина. В ходе исследования на здоровых и искусственно индуцированных кариесом дентина зубах крупного рогатого скота были нанесены универсальные адгезивы (Scotchbond Universal, All-Bond Universal, Prime&Bond Elect) и адгезивы контрольной группы: Adper Single Bond 2 (5-е поколение) и Clearfil SE Bond (6-е поколение). Оценивали прочность соединения при микроотяжении, а также при микроподтекании. В результате использования всех универсальных адгезивов на поражённом кариесом дентине отмечалась дегградация адгезионного соединения независимо от применяемой адгезивной системы. На здоровом дентине наблюдалась дегградация соединения при использовании адгезивов в технике «тотального травления». По итогам исследования авторы заключили, что универсальные адгезивы не способны с течением времени сохранить стабильное адгезионное соединение на поражённом кариесом дентине [27].

Противоречивость результатов исследований различных авторов по эффективности универсальных адгезивов для реставрации требует дальнейшего изучения вопроса. Незнанием аспектом является долгосрочная надёжность адгезионного соединения в пришеечных полостях в зависимости от функции зуба (жевание/откусывание). Основными функциональными нагрузками для зубов жевательной и фронтальной групп являются сжатие и латеральная нагрузка. Множество исследований, посвящённых проблеме обеспечения надёжного адгезионного соединения, доказывают, что данная тема остаётся актуальной для изучения и в настоящее время.

Цель исследования — изучить прочность адгезионного соединения композитной реставрации с твёрдыми тканями в лабораторных образцах фронтальной и жевательной групп зубов до и после термоциклирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

1. Подготовка образцов для испытаний.
2. Определение адгезионной прочности образцов реставраций на сжатие лабораторными методами (испытание адгезионной прочности на сжатие):
 - до термоциклирования;
 - после термоциклирования.
3. Статистическая обработка данных в программе SPSS Statistics (IBM, США).

Условия проведения

Исследование выполнено на базе кафедры пропедевтики стоматологических заболеваний Медицинского института Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (Москва), лаборатории материаловедения Центрального научно-исследовательского института стоматологии и челюстно-лицевой хирургии (Москва) и ООО «Технодент» (Белгород).

Описание медицинского вмешательства

Для подготовки образцов использовали удалённые по пародонтологическим показаниям зубы ($n=60$) пациентов старших возрастных групп: пожилого (60–75 лет) и старческого (75–90 лет) возраста.

После удаления зубов и снятия твёрдых зубных отложений с помощью ультразвукового скалера образцы зубов случайным образом разделили на 2 группы в зависимости от применяемого адгезива ($n=30$ образцов в каждой). Во всех образцах сформированы полости в пришеечной области размером $5 \times 5 \times 3$ мм с использованием турбинного стоматологического наконечника под водяным охлаждением: бор твёрдосплавный шаровидный ISO 001/021 (Mani, Япония), бор твёрдосплавный шаровидный ISO 500 204 001 190 021 (NTI, Германия).

Подготовленные полости зубов 1-й группы отреставрированы с использованием универсальной адгезивной системы Universal Bond II (Tokuyama, Япония), внесённой согласно инструкции производителя; текучего фотополимера EsFlow (Spident, Корея) с последующей полимеризацией; универсального композита Point 4 (Kerr, США) с поэтапным внесением и последующей полимеризацией. Реставрация образцов 2-й группы проведена с использованием адгезивной системы 5-го поколения OptiBond Solo Plus (Kerr, США) согласно инструкции; текучего фотополимера EsFlow (Spident, Корея) с последующей полимеризацией; универсального композита Point 4 (Kerr, США) с поэтапным внесением и полимеризацией.

Образцы зубов 1-й и 2-й групп были разделены на подгруппы по функциональному признаку: фронтальные (Ф) и жевательные (Ж), по 15 зубов в каждой. Далее каждую подгруппу случайным образом ещё раз разделили на подгруппы: а (до термоциклирования) и b (после термоциклирования) (табл. 1).

Термоциклирование проведено на базе ООО «Технодент» (Россия). Подготовленные образцы подгрупп 1b и 2b укладывали в перфорированный лоток и подвергали 1000 термоциклов попеременно по 30 с (промежуточный интервал между ними — 30 с) при температурном режиме $(5 \pm 2)^\circ\text{C}$ и $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$. Затем образцы подвергали дальнейшим испытаниям.

В ходе испытаний адгезионной прочности на сжатие срезали диском окклюзионную поверхность или режущий край зубов для создания ровной поверхности. Каждый зуб фиксировали в металлической форме с помощью самотвердеющей пластмассы Re-Fine Bright (Yamahachi Dental, Япония).

Таблица 1. Группы образцов

Table 1. Sample groups

Зубы	Группы образцов	
	1Фа	1Фb
Зубы фронтальной группы	$n=15$	$n=15$
	2Фа	2Фb
Всего	$n=15$	$n=15$
	30	30
Зубы жевательной группы	1Жа	1Жb
	$n=15$	$n=15$
Всего	2Жа	2Жb
	$n=15$	$n=15$
Итого зубов	30	30
	60	

Примечание: 1, 2 — вид адгезива, Ф — фронтальная группа зубов, Ж — жевательная группа зубов, а — до дотермоциклирования, b — после термоциклирования.

Note: 1, 2 — type of adhesion, Ф — frontal group, Ж — chewing group, а — before thermal cycling, b — after thermal cycling.

Подготовленные образцы устанавливали в испытательную универсальную машину Z010 (Zwick/Roell, Германия) между двумя плоскопараллельными площадками для последующего исследования. На зубы равномерно прикладывалось сжимающее усилие со скоростью движения траверсы 0,6 мм/мин, до момента выпадения реставрации или разрушения образца (рис. 1). В ходе исследования анализировали среднее значение показателя F_{max} , характеризующего максимальную нагрузку в ньютонах (Н), при которой происходило разрушение целостности образца (выпадение реставрации либо разрушение зуба).

Этическая экспертиза

Данное исследование одобрено комитетом по этике Медицинского института Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (выписка из протокола № 12 от 17.11.2022).

Статистический анализ

Обработка полученных данных выполнена в программе SPSS Statistics (IBM, США). Результаты представлены в виде медианы и квартилей Me [Q1; Q3]. Статистически значимые различия значений внутри групп оценивали по t-критерию для зависимых групп.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные результаты исследования

Сравнительная оценка адгезионной прочности при сжатии показала, что в образцах зубов фронтальной группы до термоциклирования (подгруппы 1Фа и 2Фа) она составила 1663,6 [1574,6; 2175,1] Н и 2151,5 [967,9; 3970,3] Н соответственно. Разница между группами статистически незначима ($p=0,538$), что подтверждает однородность групп. После термоциклирования в группах 1Фб



Рис. 1. Образец в испытательной машине Z010 (Zwick/Roell, Германия). © Эко-Вектор, 2024.

Fig. 1. Sample in the Z010 testing machine (Zwick/Roell, Germany). © Eco-Vector, 2024.

и 2Фб показатели адгезионной прочности при сжатии составили 1353,3 [1219,2; 2096,8] Н и 1620,7 [847,2; 2434,7] Н соответственно. Разница между группами статистически незначима ($p=0,868$). Статистически значимыми являются показатели адгезионной прочности до и после термоциклирования в группах 1Фа и 1Фб ($p=0,017291$) и в группах 2Фа и 2Фб ($p=0,017961$) (табл. 2).

Таблица 2. Результаты сравнительной оценки адгезионной прочности при сжатии образцов фронтальной и жевательной групп

Table 2. The results of a comparative assessment of the adhesive compressive strength of samples of the frontal and chewing groups

Зубы	Группы		p
	1Фа	1Фб	
Зубы фронтальной группы	1663,6 [1574,6; 2175,1]	1353,3 [1219,2; 2096,8]	0,017291
	2Фа	2Фб	
	2151,5 [967,9; 3970,3]	1620,7 [847,2; 2434,7]	0,011719
p	0,538193	0,868652	
Зубы жевательной группы	1Жа	1Жб	
	4100,0 [2818,1; 48401,4]	3479,5 [2708,8; 3995,6]	0,017961
	2Жа	2Жб	
	3800,0 [2000,0; 4500,0]	1999,0 [1646,3; 3120,8]	0,017961
p	0,476973	0,153230	

* различия между фронтальными и жевательными зубами статистически значимы при $p < 0,05$.

* differences between frontal and chewing teeth are statistically significant at $p < 0.05$.

В образцах зубов жевательной группы показатели адгезионной прочности до термоциклирования (подгруппы 1Жа и 2Жа) составили 4100,0 [2818,1; 48401,4] Н и 3800,0 [2000,0; 4500,0] Н соответственно. Разница между группами статистически незначима ($p=0,476973$), что говорит об эффективности адгезии различных адгезивов. В образцах зубов жевательной группы показатели адгезионной прочности после термоциклирования (подгруппы 1Жб и 2Жб) составили 3479,5 [2708,8; 3995,6] Н и 1999,0 [1646,3; 3120,8] Н соответственно. Разница между группами статистически незначима ($p=0,153230$), что подтверждает эффективность адгезии и сохранность комплекса реставрация–зуб.

Дополнительные результаты исследования

Сравнение показателей адгезионной прочности при сжатии в группах фронтальных и жевательных зубов показало, что адгезионная прочность реставрации выше среди образцов зубов жевательной группы до термоциклирования в сравнении с зубами фронтальной группы ($p < 0,05$). После термоциклирования в образцах 1-й группы (универсальный адгезив), подгруппы 1Фб и 1Жб, установлена статистически значимая разница в адгезионной прочности при сжатии ($p < 0,05$). В образцах 2-й группы (адгезив 5-го поколения) не выявлено статистически значимой разницы в показателях адгезионной прочности фронтальной и жевательной групп образцов.

ОБСУЖДЕНИЕ

При сравнении показателей адгезионной прочности в ходе сжатия до термоциклирования установлено, что в 1-й группе (универсальный адгезив) адгезионная прочность образцов жевательной группы (1Жа) почти в 2,5 раза выше образцов фронтальной (1Фа) группы ($p=0,005$). Во 2-й группе (адгезив 5-го поколения) до термоциклирования также установлена статистически значимая разница в прочности при сжатии ($p=0,023$) между фронтальной 2Фа и жевательной 2Жа подгруппами образцов зубов в 1,76 раза. После термоциклирования установлена статистически значимая разница в показателях адгезионной прочности при сжатии в группе универсального адгезива между образцами жевательной и фронтальной подгрупп 1Жб и 1Фб ($p=0,023$) в 2,57 раза. Однако образцы адгезива 5-го поколения не показали статистически значимых различий в прочности при сжатии между образцами фронтальной и жевательной групп зубов после термоциклирования (подгруппа 2Фб, $p=0,269$; подгруппа 2Жб, $p=0,251$). Отсутствие отличий в адгезионной прочности при сжатии, возможно, связано с вязкостью адгезива или толщиной адгезионного слоя. При сжатии адгезив подвергается изменениям, которые называются ударной вязкостью. Её можно интерпретировать как максимальную работу, затраченную на единицу площади соединения, когда склеиваемая часть повреждается под воздействием ударной нагрузки и единица измерения составляет

кДж/м². Величина ударной вязкости зависит от таких факторов, как вязкость адгезива, толщина адгезивного слоя, тип соединения, размер образца, угол удара, влажность окружающей среды и температура испытания. Прочность адгезива напрямую коррелирует с величиной ударной вязкости. Когда модуль адгезива низкий, ударная вязкость увеличивается с увеличением толщины слоя. Возможно, в данном эксперименте в одинаковых размерах полостей показатели прочности соединения определялись вязкостью адгезива или толщиной адгезивного слоя¹.

Адгезионную прочность зубов с реставрациями в зависимости от стандарта, применяемого в разных странах, изучают на разрыв или сдвиг. Изучение адгезионной прочности при сжатии проводится редко, так как не соответствует стандартам. Однако адгезионная прочность при сжатии характеризует прочностную устойчивость не только реставрации, но и системы «реставрация–зуб». В большинстве случаев прочность при сжатии изучается в зависимости от реставрационного материала. Исследование R. Walia и соавт., посвящённое изучению устойчивости реставрационных материалов Ketac Molar, Giomer, Zirconomer и Ceram-x в противостоянии жевательным нагрузкам, показало максимальную прочность при сжатии у материала Giomer [28].

В проведённом нами исследовании установлено, что жевательная группа зубов выдерживает большую нагрузку в сравнении с зубами фронтальной группы, и это не противоречит более ранним исследованиям. Во всех группах отмечается снижение прочности соединения после термоциклирования. Это связано не только с видом адгезивной системы, но и с особенностями анатомического строения зубов жевательной группы, их формой, площадью, рельефом поверхностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В образцах зубов фронтальной группы показатели адгезионной прочности до термоциклирования составили 1663,6 [1574,6; 2175,1] Н (универсальный адгезив) и 2151,5 [967,9; 3970,3] Н (адгезив 5-го поколения), после термоциклирования — 1353,3 [1219,2; 2096,8] Н (универсальный адгезив) и 1620,7 [847,2; 2434,7] Н (адгезив 5-го поколения). В образцах зубов жевательной группы показатели адгезионной прочности до термоциклирования составили 4100,0 [2818,1; 48401,4] Н (универсальный адгезив) и 3800,0 [2000,0; 4500,0] Н (адгезив 5-го поколения) соответственно, после термоциклирования — 3479,5 [2708,8; 3995,6] Н и 1999,0 [1646,3; 3120,8] Н соответственно. Выявлено, что на адгезионную прочность при сжатии статистически значимо влияют термоциклирование и групповая принадлежность зуба.

¹ ГОСТ 9454—78 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах (с Изменениями № 1, 2). Москва: Издательство стандартов, 1994. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200005045>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Отсутствует.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие отношений, деятельности и интересов (личных, профессиональных или финансовых), связанных с третьими лицами (коммерческими, некоммерческими, частными), интересы которых в свою очередь могут быть затронуты содержанием рукописи, а также других отношений, деятельности или интересов за последние три года, о которых необходимо сообщить.

Участие авторов. С.Н. Разумова, А.С. Браго — концептуализация и разработка методологии; О.Р. Руда, А.Г. Таландис — программное обеспечение, формальный анализ, исследование базы данных и обработка; О.Р. Руда — подготовка и написание текста рукописи; С.Н. Разумова, А.С. Браго — написание и критический анализ текста; Л.М. Хасханова, Е.Ю. Мендоса — статистическая обработка данных; Ф.С. Русанов — лабораторные испытания. Все авторы одобрили версию для публикации, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы и гарантировали, что вопросы, связанные с точностью или добросовестностью любой части работы, будут должным образом рассмотрены и решены.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. None.

Disclosure of interests. The authors have no relationships, activities or interests (personal, professional or financial) with for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the manuscript, as well as other relationships, activities or interests for the last three years that needed to disclose.

Authors' contribution. S.N. Razumova, A.S. Brago — conceptualization and development of methodology; O.R. Ruda, A.G. Talandis — software, formal analysis, database research and processing; O.R. Ruda — preparation and writing of the text of the manuscript; S.N. Razumova, A.S. Brago — writing and critical analysis of the text; L.M. Khaskhanova, E.Yu. Mendosa — statistical data processing; F.S. Rusanov — laboratory tests. Thereby, all authors provided approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Cherkasov SM. The analysis of prevalence of dental systems, forming the demand for dental services. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014;(2):186–189 (In Russ.) EDN: RZQTWZ
2. Peres MA, Macpherson LMD, Weyant RJ, et al. Oral diseases: a global public health challenge. *Lancet*. 2019;394(10194):249–260. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31146-8 Erratum in: *Lancet*. 2019;394(10203):1010. doi: 10.1016/S0140-6736(19)32079-3
3. Watt RG, Daly B, Allison P, et al. Ending the neglect of global oral health: time for radical action. *Lancet*. 2019;394(10194):261–272. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31133-X
4. <https://vizhub.healthdata.org/> [Internet]. Institute for health metrics and evaluation. GBD Results [cited: 2023 May 14]. Available from: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results>
5. GBD 2017 Oral Disorders Collaborators, Bernabe E, Marcenes W, et al. Global, regional, and national levels and trends in burden of oral conditions from 1990 to 2017: a systematic analysis for the global burden of disease 2017 study. *J Dent Res*. 2020;99(4):362–373. doi: 10.1177/0022034520908533 EDN: IBVKKH
6. Kassebaum NJ, Bernabé E, Dahiya M, et al. Global burden of untreated caries: a systematic review and metaregression. *J Dent Res*. 2015;94(5):650–658. doi: 10.1177/0022034515573272 EDN: USIBQB
7. World Health Organization. Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030 [Internet]. Geneva: World Health Organization, 2022 [cited: 2023 May 14]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240061484>
8. Razumova SN, Aimaletdinova ZT, Brago AS, et al. Evaluation of the size and shape of powder components for air polishing of the surface of hard tooth tissue. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2023;26(3):134–139. doi: 10.37988/1811-153X_2023_3_134 EDN: FMTZNF
9. Tabet MAK, Razumova SN, Brago AS, et al. Different methods of professional oral hygiene. Literature review. *Medical alphabet*. 2022;(7):15–19. doi: 10.33667/2078-5631-2022-7-15-19 EDN: YCIIXN
10. Moroz AB, Gontar EA, Khachaturova KM, Khokhlova EA. Clinical evaluation of tooth root caries treatment using two restorative materials. In: *Actual Questions and Innovations in Science 2. Conference Proceedings (in English, Russian, Turkish, Kazakh languages)*. Astana: IP "Evrazijskij centr innovacionnogo razvitiya DARA"; 2019. P. 140–142. EDN: UGQGXV
11. Ivana M. Modern solutions for direct restorations of distal teeth. *Actual Problems in Dentistry*. 2016;12(1):36–44.
12. Uspenskaya OA, Zhdanova ML, Fadeeva II, Temnova AV. Features of isolation of the working field in the treatment of defects in Black's V class. In: *Scientific premise of the higher school — real achievements of practical health care. Collection of scientific papers dedicated to the 30th anniversary of the Faculty of Stomatology of the Volga Region Research Medical University*. Uspenskaya OA, Kuznetsov AV, editors. Nizhny Novgorod: Remedium Privolzhye; 2018. P. 623–632. doi: 10.21145/prmu_stomatology_2018
13. Machado AC, Soares CJ, Reis BR, et al. Stress-strain analysis of premolars with non-carious cervical lesions: influence of restorative material, loading direction and mechanical fatigue. *Oper Dent*. 2017;42(3):253–265. doi: 10.2341/14-195-L
14. Bajabaa S, Balbaid S, Taleb M, et al. Microleakage evaluation in class V cavities restored with five different resin composites: in vitro dye leakage study. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2021;13:405–411. doi: 10.2147/CCIDE.S331426 Erratum in: *Clin Cosmet Investig Dent*. 2021;13:441–442. doi: 10.2147/CCIDE.S344965 EDN: THNZTZ
15. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, et al. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater*. 2011;27(1):17–28. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.023 EDN: OESXOL
16. Khaskhanova LM, Razumova SN, Gapochkina LL, et al. Comparative characteristics of the strength of adhesive systems of the fifth generation in the modification of the adhesive protocol. *Medical Alphabet*. 2022;(2):63–66. doi: 10.33667/2078-5631-2022-2-63-66 EDN: CXPQQV
17. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent*. 1997;25(5):355–372. doi: 10.1016/S0300-5712(96)00057-7

18. Van Landuyt K, De Munck J, Coutinho E, et al. Bonding to dentin: smear layer and the process of hybridization. In: Eliades G, Watts D, Eliades T, editors. *Dental hard tissues and bonding. Interfacial phenomena and related properties*. 2005. P. 89–122. doi: 10.1007/3-540-28559-8_5
19. Massé L, Etienne O, Noirrit-Esclassan E, et al. Dentine disorders and adhesive treatments: A systematic review. *J Dent*. 2021;109:103654. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103654 EDN: OFVNLY
20. Khaskhanova LM, Razumova SN, Brago AS, et al. The effectiveness of the use of fifth-generation adhesive systems if changing the protocol before and after thermal cycling. *Medical Alphabet*. 2022;(7):55–59. doi: 10.33667/2078-5631-2022-7-55-59 EDN: LEWOOM
21. Khaskhanova LM, Razumova SN, Brago AS, et al. Comparative characteristics of physical and mechanical properties of adhesive systems. *Journal of International Dental and Medical Research*. 2022;15(1):27–30. EDN: ZHRNSQ
22. Nagaeva MO, Skvortsova AI, Bezdrovaya SS. Experimental rationale for the choice of filling material for treatment root caries. *Actual Problems in Dentistry*. 2015;(5-6):8–13. doi: 10.18481/2077-7566-2015-11-8-13 EDN: UXCCFH
23. Vlasova MI, Chibisova SM. Study of the structure of hybrid zones in sealing cavities cervical localization. *Modern Problems of Science and Education*. 2012;(2):46. EDN: OXCJJR
24. Jacker-Guhr S, Sander J, Luehrs AK. How “Universal” is adhesion? Shear bond strength of multi-mode adhesives to enamel and dentin. *J Adhes Dent*. 2019;21(1):87–95. doi: 10.3290/j.jad.a41974
25. Chen C, Niu LN, Xie H, et al. Bonding of universal adhesives to dentine — Old wine in new bottles? *J Dent*. 2015;43(5):525–536. doi: 10.1016/j.jdent.2015.03.004
26. Kawazu M, Takamizawa T, Hirokane E, et al. Comparison of dentin bond durability of a universal adhesive and two etch-and-rinse adhesive systems. *Clin Oral Investig*. 2020;24(8):2889–2897. doi: 10.1007/s00784-019-03153-y EDN: YZLTAX
27. Follak AC, Miotti LL, Lenzi TL, et al. Self-etch approach of universal adhesives as an alternative to minimize bond degradation on sound dentin vs caries-affected dentin over time. *J Adhes Dent*. 2021;23(3):243–252. doi: 10.3290/j.jad.b1367889
28. Walia R, Jasuja P, Verma KG, et al. A comparative evaluation of microleakage and compressive strength of Ketac Molar, Giomer, Zirconomer, and Ceram-x: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2016;34(3):280–284. doi: 10.4103/0970-4388.186746

ОБ АВТОРАХ

* Руда Оксана Романовна;

адрес: Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6;
ORCID: 0000-0001-9068-4722;
eLibrary SPIN: 7871-6802;
e-mail: ruda_or@pfur.ru

Разумова Светлана Николаевна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-9533-9204;
eLibrary SPIN: 6771-8507;
e-mail: razumova-sn@rudn.ru

Браго Анжела Станиславовна, канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-8947-4357;
eLibrary SPIN: 2437-8867;
e-mail: anzhela_bogdan@mail.ru

Таландис Артур Германович;
ORCID: 0009-0003-4955-360X;
e-mail: talandis_ag@pfur.ru

Хасханова Ламара Магомедовна;
ORCID: 0000-0002-8167-7720;
eLibrary SPIN: 4209-0600;
e-mail: Minutka7@yandex.ru

Мендоса Елена Юрьевна;
ORCID: 0000-0001-7517-4361;
eLibrary SPIN: 3192-8412;
e-mail: Mendosae@mail.ru

Русанов Федор Сергеевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-5280-0294;
eLibrary SPIN: 8739-0116;
e-mail: diadya-fedor@yandex.ru

AUTHORS' INFO

* Oxana R. Ruda;

address: 6 Miklukho-Maklaya st, Moscow, Russia, 117198;
ORCID: 0000-0001-9068-4722;
eLibrary SPIN: 7871-6802;
e-mail: ruda_or@pfur.ru

Svetlana N. Razumova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-9533-9204;
eLibrary SPIN: 6771-8507;
e-mail: razumova-sn@rudn.ru

Anzhela S. Brago, MD, Cand. Sci. (Medicine) Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-8947-4357;
eLibrary SPIN: 2437-8867;
e-mail: anzhela_bogdan@mail.ru

Artur G. Talandis;
ORCID: 0009-0003-4955-360X;
e-mail: talandis_ag@pfur.ru

Lamara M. Khaskhanova;
ORCID: 0000-0002-8167-7720;
eLibrary SPIN: 4209-0600;
e-mail: Minutka7@yandex.ru

Elena Yu. Mendosa;
ORCID: 0000-0001-7517-4361;
eLibrary SPIN: 3192-8412;
e-mail: Mendosae@mail.ru

Fedor S. Rusanov, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-5280-0294;
eLibrary SPIN: 8739-0116;
e-mail: diadya-fedor@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author