

<https://doi.org/10.36377/ET-0020>

Сравнительная оценка прочности на сдвиг ортодонтических адгезивов для фиксации брекетов

Х. Алмокаддам , Н.С. Тутуров , И. Катбех , А. Салех 

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва, Российская Федерация

✉ Hayanalmokaddam5@gmail.com

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. За последние десятилетия произошел значительный рост адгезивных технологий для несъемной ортодонтической аппаратуры. Разработки адгезивных систем были направлены на упрощенные методы использования, улучшенный состав и высокую способность сцепления со структурой зуба. **ЦЕЛЬ.** Целью данного исследования является сравнительная оценка прочности сцепления при сдвиге адгезивной системы 5-го поколения и универсальной адгезивной системы в двух техниках протравливания для фиксации металлических брекетов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Образец исследования состоял из 30 верхних премоляров, удаленных по медицинским показаниям. Случайным образом зубы были распределены на три группы, по 10 в каждой. В группе 1 применили адгезивную систему Transbond XT (3M Unitek), в группе 2 – универсальный адгезив Tetric N bond Universal (Vivapen) в технике протравливания, в группе 3 – Tetric N bond Universal (Vivapen) в технике самопротравливания. В исследовании применили металлические брекеты для верхних премоляров Gemini Bracket MBT (3M Unitek, США) с микроотгравированным основанием, площадью 10,61 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В группе 1 значение прочности на сдвиг составило $21,2 \pm 3,2$ МПа, в группе 2 – $21,6 \pm 5,2$ МПа, в 3-ей группе – $17,7 \pm 6,4$ МПа. Статистически значимых различий между исследуемыми группами не отмечено. При проведении исследования было отмечено снижение уровня адгезионной силы при применении универсального адгезива Tetric N Bond Universal методом самопротравливания, однако этот уровень сохранялся выше допустимых значений (5,9 до 7,8 МПа). **ВЫВОДЫ.** Таким образом, все исследуемые адгезивные системы, примененные в различных техниках протравливания, продемонстрировали высокие адгезионные показатели, обеспечивая прочное сцепление ортодонтической конструкции к поверхности зуба.

Ключевые слова: ортодонтический адгезив, прочность сцепления, самопротравливающий адгезив

Информация о статье: поступила – 20.03.2024; исправлена – 25.04.2024; принята – 29.04.2024

Конфликт интересов: Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности: Финансирование и индивидуальные благодарности для декларирования отсутствуют.

Для цитирования: Алмокаддам Х., Тутуров Н.С., Катбех И., Салех А. Сравнительная оценка прочности на сдвиг ортодонтических адгезивов для фиксации брекетов. *Эндодонтия Today*. 2024;22(2):179–185. <https://doi.org/10.36377/ET-0020>

Comparative evaluation of the shear strength of orthodontic adhesives for fixation of brackets

Hayan Almokaddam , Nikolay S. Tuturov , Imad Katbeh , Ahmad Saleh 

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

✉ Hayanalmokaddam5@gmail.com

Abstract

INTRODUCTION. Over the past decades, there has been significant growth in adhesive technologies for fixed orthodontic appliances. Developments in adhesive systems have focused on simplified methods of use, improved composition and high bonding ability to tooth structure.

AIM. The aim of this study is to compare the shear bond strength of a 5th generation adhesive system and a universal adhesive system in two etching techniques for fixation of metal brackets.

MATERIALS AND METHODS. The study consisted sample of 30 removed human upper premolars. The teeth were randomly distributed into three groups, 10 in each group. In the group 1, the Transbond XT adhesive system (3M Unitek) was used, in the group 2 – the universal adhesive Tetric N bond Universal (Vivapen) in the etching technique, in the group 3 – Tetric N bond Universal (Vivapen) in the self-etching technique. The study used metal brackets for upper premolars Gemini Bracket MBT (3M Unitek, USA) with a micro-engraved base with an area of 10.61 mm.

RESULTS. In group 1, the shear strength value was 21.2 ± 3.2 MPa, in group 2 – 21.6 ± 5.2 MPa, in group 3 – 17.7 ± 6.4 MPa. There were no statistically significant differences between the study groups. According to the study, a decrease in the level of adhesive force was found when using a universal adhesive without prior etching of the enamel with phosphoric acid. However, this level remained within the clinically recommended range.

CONCLUSIONS. Thus, all studied adhesive systems used in various etching techniques demonstrated high adhesive performance, providing strong adhesion of the orthodontic structure to the tooth surface.

Keywords: orthodontic adhesive, bond strength, self-etching adhesive

Article info: received – 20.03.2024; revised – 25.04.2024; accepted – 29.04.2024

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

Acknowledgments: There are no funding and individual acknowledgments to declare.

For citation: Almokaddam H., Tuturov N.S., Katbeh I., Saleh A. Comparative evaluation of the shear strength of orthodontic adhesives for fixation of brackets. *Endodontics Today*. 2024;22(2):179–185. (In Russ.) <https://doi.org/10.36377/ET-0020>

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование адгезивных материалов достигло значительных успехов в различных аспектах современной стоматологии. За последние десятилетия было разработано множество адгезивных систем разных поколений, отличающихся химическими и механическими свойствами.

В 1955 г. доктор М. Вуопосе представил технику кислотного травления эмали как предварительную подготовку для склеивания поверхностей и достижения лучшей адгезии фиксирующего материала с эмалью [1]. Он впервые выявил, что использование ортофосфорной кислоты на поверхности эмали создает микропористость, что значительно улучшает прочную связь [1; 2]. Данная методика получила широкое распространение в различных областях клинической стоматологии, в том числе и в ортодонтической практике.

Однако обработка поверхности эмали фосфорной кислотой вызывает разложение кристаллического слоя и, соответственно, увеличивает пористость поверхности, приводящее к декальцинации и изменению цвета эмали. Повреждению эмали способствует процесс снятия брекетов и удаление остатков клея с зубной эмали после окончания ортодонтического лечения. Поскольку основной задачей врача-ортодонта является сохранение целостности зубной эмали после снятия брекетов [3–6], то аспекты данной методики вызвали большую обеспокоенность у исследователей и практиков. Таким образом, разрабатывались новые клеевые системы.

Химическое отверждение является первой и наиболее распространенной системой связывания на основе смол. Основным недостатком этой системы является ограниченное время работы [7], что не позволяет контролировать процесс схватывания композитных смол [8; 9].

Стремление сформировать прочную связь за счет уменьшения повреждения эмали и сведения к минимуму ортодонтических манипуляций привело к разработке адгезивной системы светового отверждения.

Так, в 1979 г. впервые была применена система фотоотверждаемых адгезивов в лабораторных условиях. В ходе исследования было установлено, что отверждение адгезива под брекетом происходит при прямом воздействии света с разных направлений ультрафиолетовой лампой и проникновении света в ткани зуба [10; 11]. Tavas и Watsl показали, что пропускание света через эмаль позволяет светоотверждаемому адгезиву затвердевать под металлическим основанием дуги [11; 12]. Одной из наиболее важных особенностей этой системы является увеличение рабочего времени, что обеспечивает снижение ошибок в процессе позиционирования брекетов [13; 14].

Основной задачей стоматологических связующих является достижение эффективного связывания с субстратами различной природы. Надежное и прочное соединение с эмалью в основном требует протравливание эмали 30–40 % фосфорной кислотой, перед нанесением жидкой клеевой массы. Этот этап приводит к избирательной эрозии призматической и межпризматической эмали при достижении микромеханической сшивке локальной полимеризации смолы в пористости. Первый протокол фиксации, который показал клинически приемлемый результат, включал полное удаление смазанного слоя с использованием метода тотального протравливания, который известен как «травление и смывание». Эти многоступенчатые связующие появились на рынке с начала 1990-х гг. и до сих пор считаются клеем «золотого стандарта» [3; 4; 15; 16].

Растущий рыночный спрос на упрощенные процедуры фиксации привел к созданию самопротравливающихся адгезивов. Одним из преимуществ использования самопротравливающихся адгезивов является отсутствие предварительного удаления смазанного слоя, поскольку эти системы способны протравливать поверхность зуба, одновременно подготавливая ее к адгезии. Материалы для самопротравливающихся адгезивов были разработаны для того, чтобы избежать негативных последствий травления кислотой и чрезмерного или недостаточного кондиционирования [17; 18].

В последнее время был представлен новый класс одноэтапного связующего – «универсальная» или «многорежимная» адгезивная система. Согласно заявлению производителя, универсальный адгезив совместим с любой техникой травления: тотального травления, самопротравливания и селективного травления эмали [19–22]. Для преодоления низкого уровня прочности сцепления, универсальные связующие могут использоваться как с методом протравливания, так и с методом самопротравливания [23].

Последние разработки адгезивных материалов направлены на упрощенные методы использования, улучшенный состав и высокую способность сцепления со структурой зуба. Было проведено множество исследований на силу сцепления адгезивных материалов между эмалью и ортодонтическими конструкциями. Предыдущие исследования показали, что эффективность связывания некоторых веществ значительно ниже, в то время как уровень сцепления других веществ более стабилен [24; 25].

Прочность сцепления брекетов с поверхностью зуба должна быть достаточной, чтобы выдерживать жевательные нагрузки во время коррекции прикуса. По мнению Рейнольдса и его коллег, нижняя граница адгезии, способной выдержать же-

вательные нагрузки, составляет от 5,9 до 7,8 МПа [26–28], а более прочная связь 40–50 МПа увеличивает риск повреждения эмали при разъединении брекетов после лечения [29–33].

ЦЕЛЬ

Целью данного исследования является сравнительная оценка прочности сцепления при сдвиге адгезивной системы 5-го поколения и универсальной адгезивной системы в двух техниках протравливания для фиксации металлических брекетов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образец исследования состоял из 30 верхних премоляров, удаленных по медицинским показаниям. Зубы имели нормальную форму и размер, поверхность без дефектов и аномалий, таких как дисплазия, кариес, трещины, сколы; отсутствовали кальцификации, реставрации зубов, также не были подвержены процедуре отбеливания эмали или флуоресцентным диагностикам. Полученные образцы премоляров промывали проточной водой, удалив с них кровь, остатки десневых тканей и связочных волокон. Затем оставили хранить в течение недели в емкостях, содержащих 10% раствор формальдегида для предотвращения скопления на них бактерий. После извлечения образцов из раствора каждый зуб, предварительно просушив фильтрованной бумагой, помещали в заранее подготовленную алюминиевую форму и фиксировали зубы в самозатвердевающей акриловой смоле, без перекрытия эмали. Все образцы до начала исследования выдерживали в дистиллированной воде. Затем извлекали из воды и сушили сжатым воздухом, очищали с помощью абразивной пасты в течение 5–10 секунд, промывали проточной водой и просушивали сжатым воздухом.

Случайным образом зубы были распределены на три группы, по 10 в каждой. В первой группе применили адгезивную систему пятого поколения Transbond XT 3M, во второй группе – универсальный адгезив Tetric N bond Universal (Vivapen) в технике протравливания, в третьей группе – Tetric N bond Universal (Vivapen) в технике самопротравливания. В исследовании использовали металлические брекеты для верхних премоляров Gemini Bracket MBT (3M Unitek, США) с микроотгравированным основанием, площадью 10,61 мм.

В группе 1 эмаль зубов протравливали 37%-й ортофосфорной кислотой в течение 30 секунд, затем тщательно промывали струей воды и сушили сжатым воздухом в течение 10 секунд до появления однородного мелового цвета. Затем на протравленное место наносили слой базового материала Transbond XT 3M Unitek monovia (Калифорния, США), а на основание брекета – клей Transbond XT light. После чего брекеты приклеивали к подготовленной поверхности зуба, удалив излишки клея по краям основания брекета. Подвергали воздействию светотверждения в течение 30 секунд.

В группе 2 обработку эмали производили 37%-й ортофосфорной кислотой в течение 30 секунд, затем их промывали струей воды и высушивали сжатым воздухом в течение 10 секунд до появления мелового пятна. Затем наносили на протравленное место

тонкий слой Tetric N bond Universal, а на основание брекета – адгезивную пасту Tetric N bond Universal. Приклеивали брекеты на подготовленное место, удаляя излишки клея по краям основания брекета. Далее выполняли фотоотверждение (30 сек.).

В группе 3 универсальный адгезив Tetric N bond наносили без предварительного травления эмали, согласно инструкции производителя. Завершали фиксацию брекета светотверждением в течение 30 секунд.

После склеивания образцы были помещены до тестирования в дистиллированную воду на 24 часа. Механическое исследование на прочность соединения было проведено с помощью испытательной машины Instron Universal Test. Образцы устанавливали внутри аппарата так, чтобы основание брекета было параллельно сдвигающей силе. Прикладывали окклюзионное усилие при скорости движения траверсы 1 мм/мин. Силу адгезионного сопротивления при сдвиге рассчитывали по следующей формуле: $A = F / S$, где A – сила адгезионного соединения, F – сила адгезионного разрушения, S – площадь основания брекета.

Анализ уровня статистической значимости различий адгезионной прочности между исследуемыми группами проводился с помощью критерия Шапиро-Уилка, теста Левена и непараметрического теста Крускала-Уоллиса. Для статистического анализа использовались выходные данные программы Spss V24.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Значение прочности сцепления при сдвиге в группе 1 составил $21,2 \pm 3,2$ МПа, в группе 2 – $21,6 \pm 5,2$ МПа, в группе 3 – $17,7 \pm 6,4$ МПа. Полученные результаты отображены в табл. 1. Во всех исследуемых группах среднее значение адгезионной силы при сдвиге находится выше уровня нижней границы адгезии (7 МПа), что соответствует клинически допустимой норме.

Статистические данные теста Шапиро-Уилка на нормальность распределения приведены в табл. 2. Для первой и второй групп при значимости $p = 0,416$ и $0,631$ для каждой из них соответственно является выше уровня значимости (5%), в то время как для третьей группы он был оценен примерно в $0,024$, что меньше уровня значимости (5%). Следовательно, выборки групп 1 и 2 сравнения относятся к уровню нормального распределения, в отличие от группы 3, где уровень значимости недостаточен.

Согласно критерию Левена условия однородности дисперсии между исследуемыми группами не было соблюдено, так как значение критерия Левена было оценено в $3,959$ при значимости $0,05 > 0,03$, значения теста показаны в табл. 3.

Таким образом, применив преобразования логарифма, результаты не отличались от предыдущих, так как не были достигнуты условия нормального распределения и однородности дисперсии, а при отсутствии экстремальных значений и невозможности удаления некоторых пунктов из-за малого размера выборки, прибегают к использованию непараметрического критерия Крускала-Уоллиса, результаты которого показали существенные различия между исследуемыми группами, что отражено в табл. 4.

Таблица 1. Описательные данные прочности сцепления на сдвиг**Table 1.** Descriptive data of shear bond strength

	N	Mean	Std.Deviation	95% Confidence interval for Mean		Minimum	Maximum	
				Std.Error	Lower Bound			Upper Bound
Адгезивная система пятого поколения 3М	20	21,2120	3,12923	0,69972	19,7475	22,6765	16,12	26,68
Универсальная адгезивная система в технике протравливания	20	21,6925	5,27577	1,17970	19,2234	24,1616	11,07	30,18
Универсальная адгезивная система в технике самопротравливания	20	17,7145	6,47285	1,44737	14,6851	20,7439	9,59	31,76
Общий	60	20,2063	5,36709	0,69289	18,8199	21,5928	9,59	31,76

Таблица 2. Критерий Шапиро-Уилка для исследуемых групп**Table 2.** Shapiro-Wilk normal distribution test for study groups

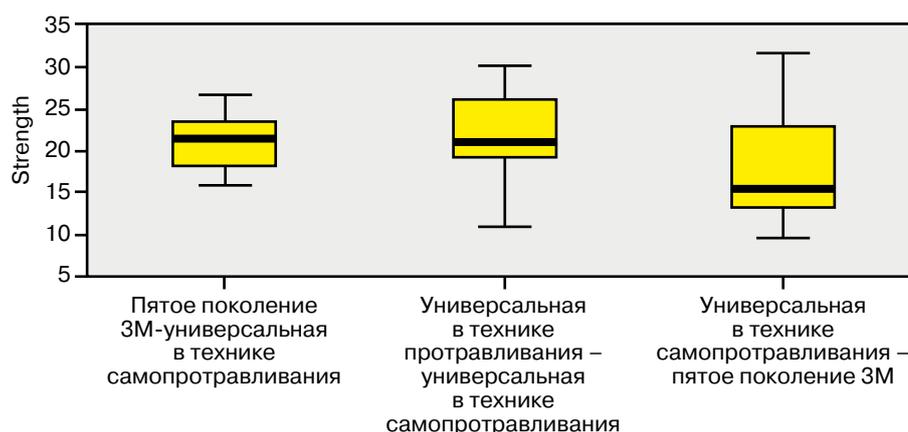
Type		Kolmogorov-Smirno			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Strength	Адгезивная система пятого поколения 3М	0,158	20	0	0,953	20	0,416
	Универсальная адгезивная система в технике протравливания	0,116	20	0	0,964	20	0,631
	Универсальная адгезивная система в технике самопротравливания	0,227	20	0,008	0,887	20	0,024

Таблица 3. Критерий Левена на однородность дисперсии**Table 3.** Test of Homogeneity of Variances

Strength			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,959	2	57	0,025

Таблица 4. Непараметрический критерий Крускала-Уоллиса**Table 4.** Nonparametric test Kruskal-Wallis

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Strength is the same across categories of Type	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	0,024	Reject the null hypothesis



type	
Total N	60
Test Statistic	7.478
Degrees of Freedom	2
Asymptotic Sig. (2-sided test)	0.024

1. The test statistic is adjusted for ties

Рис. 1. Критерий Крускала-Уоллиса с независимой выборкой**Fig. 1.** Independent-Samples Kruskal-Wallis test

Результаты теста Крускала-Уоллиса на наличие уровня статистической значимости различий между исследуемыми группами представлены на рис. 1.

Для выяснения причины значительных различий в показателях прочности при сдвиге были рассчитаны попарные сравнения для исследуемых групп. Результаты показали, что достоверные различия были только между второй и третьей группами рис. 2, результаты представлены в табл. 5.

Результаты исследования прочности сцепления на сдвиг отражены в табл. 6.

ОБСУЖДЕНИЕ

В данном исследовании на адгезионную силу сцепления при сдвиге адгезивная система Transbond XT (21,2 МПа) и универсальная система

Tetric N Bond Universal (21,6 МПа) с предварительным травлением эмали имели более высокие показатели среди изучаемых групп. Было установлено снижение уровня адгезионной силы при применении универсального адгезива Tetric N Bond Universal (17,7 МПа) с методом самопротравливания, однако этот уровень сохранялся выше допустимых значений (5,9 до 7,8 МПа). Статистически значимых различий между исследуемыми группами не отмечено.

ВЫВОД

Таким образом, все исследуемые адгезивные системы, примененные в разных техниках протравливания, продемонстрировали высокие адгезионные показатели, обеспечивая прочное сцепление ортодонтической конструкции к поверхности зуба.



Рис. 2. Попарные сравнения для исследуемых групп
Fig. 2. Pairwise comparisons of type

Таблица 5. Попарное сравнение всех исследуемых групп

Table 5. Pairwise comparisons of all study groups

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig
Пятое поколение 3М-универсальная в технике самопротравливания	12,550	5,523	2,272	0,023	0.069
Универсальная в технике протравливания – универсальная в технике самопротравливания	13,550	5,523	2,454	0,014	0.042
Универсальная в технике самопротравливания – пятое поколение 3М	-1,000	5,523	-0,181	0,856	1.000

Таблица 6. Результаты исследования прочности при сдвиге

Table 6. Research results

Группа	Среднее значение ± стандартное отклонение (МПа ± SD)
Пятое поколение 3М	21,21 ± 3,13 МПа АВ
Tetric N bond Universal в технике травления эмали	21,69 ± 5,28 МПа В
Самопротравливающий адгезив Tetric в технике самопротравливания	17,71 ± 6,47 МПа А

Таблица 7. Результаты исследования прочности адгезивных систем

Table 7. Results of adhesive system strength studies

Пятое поколение 3М	Tetric N bond Universal в технике травления эмали	Самопротравливающий адгезив Tetric в технике самопротравливания
26,68	20,51	12,65
17,97	30,18	31,76
21,39	12,61	16,89
25,94	26,91	9,59
18,47	19,17	13,18
23,82	22,26	30,65
16,12	29,8	25,72
22,63	25,29	22,62
24,48	18,25	13,15
18,49	21,46	14,67
23,1	14,81	10,12
21,32	20,14	23,17
17,64	24,87	15,85
22,81	19,28	14,62
17,48	11,07	17,28
19,34	19,33	16,09
25,19	27,22	15,34
22,28	20,76	11,98
20,97	22,57	24,59
18,12	27,36	14,37

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Toshniwal N., Singh N., Dhanjani V., Mote N., Mani S. Self etching system v/s conventional bonding: Advantages, disadvantages. *Int J Appl Dent Sci.* 2019;5(3):379–383. Available at: <https://www.oraljournal.com/pdf/2019/vol5issue3/PartF/5-3-49-913.pdf> (accessed: 14.03.2024).
2. Călinoiu Ș.G., Bîcleșanu C., Florescu A., Stoia D.I., Dumitru C., Miculescu M. Comparative study on interface fracture of 4th generation 3-steps adhesive and 7th generation universal adhesive. *Materials.* 2023;16(17):5834. <https://doi.org/10.3390/ma16175834>
3. Labunet A., Tonea A., Kui A., Sava S. The use of laser energy for etching enamel surfaces in dentistry – a scoping review. *Materials.* 2022;15(6):1988. <https://doi.org/10.3390/ma15061988>
4. Loganathan S., Santhanakrishnan S., Bathe R., Arunachalam M. Prediction of femtosecond laser ablation profile on human teeth. *Lasers Med Sci.* 2019;34(4):693–701. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2644-0>
5. Katyal D., Mohan R., Jain R.K., Nagesh S. Evaluation of antimicrobial and mechanical properties of a novel propolis-modified orthodontic primer: An in-vitro study. *Cureus.* 2023;15(10):e46716. <https://doi.org/10.7759/cureus.46716>
6. Shayan A.M., Behroozian A., Sadrhighighi A., Dolatabadi A., Hashemzadeh S. Effect of different types of acid-etching agents and adhesives on enamel discoloration during orthodontic treatment. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2021;15(1):7–10. <https://doi.org/10.34172/joddd.2021.002>
7. Smith R.T., Shivapuja R.K. The evaluation of dual cement resins in orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;103(5):448–451. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(05\)81795-0](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(05)81795-0)
8. Omidkhoda M., Eslami N., Mazloun M., Entezari M. Evaluation of bond strength of orthodontic brackets using light- and chemical-cure adhesive systems over time: An in-vitro study. *J Orthod Sci.* 2023;12(1):6. https://doi.org/10.4103/jos.jos_31_22
9. Zeller D.K., Fischer J., Rohr N. Viscous behavior of resin composite cements. *Dent Mater J.* 202;40(1):253–259. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-313>
10. Toledano M., Osorio R., Osorio E., Romeo A., de la Higuera B., Garcia-Godoy F. Bond strength of Orthodontic brackets using different light and self-curing cements. *Angle Orthod.* 2003;73(1):56–63. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2003\)073<0056:BSOBU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2003)073<0056:BSOBU>2.0.CO;2)
11. Mäkinen E., Lassila L., Varrelle J., Vallittu P. Light-curing of orthodontic bracket adhesive by transillumination through dentine and enamel. *Biomater Investig Dent.* 2019;6(1):6–12. <https://doi.org/10.1080/26415275.2019.1632709>
12. Shalini S., Jha A., Kashyap P., Gupta P., Rajbhoj S., Bhandari S. A Comparison of the shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different orthodontic adhesives. *Cureus.* 2023;15(5):e39115. <https://doi.org/10.7759/cureus.39115>
13. Cacciafesta V., Sfondrini M.F., Klersy C., Sfondrini G. Polymerization with a micro-xenon light of a resin-modified glass ionomer: a shear bond strength study 15 minutes after bonding. *Eur J Orthod.* 2002;24(6):689–697. <https://doi.org/10.1093/ejo/24.6.689>
14. Sariitha T., Sunitha C., Chanikya S.S., Kumar P.K., Naveen R. High-intensity light-emitting diode and reduced curing times – an in vitro study. *J Indian Orthod Soc.* 2023;57(1):10–16. <https://doi.org/10.1177/03015742221080386>
15. Van Meerbeek B., De Munck J., Yoshida Y., Inoue S., Vargas M., Vijay P., Van Landuyt K., Lambrechts P., Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215–235. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12760693/> (accessed: 14.03.2024).
16. Perković V., Šimunović Aničić M., Lughì V., Pozzan L., Meštrović S., Turco G. Correlation of shear bond strength and degree of conversion in conventional and self-adhesive systems used in orthodontic bonding procedures. *Biomedicines.* 2023;11(5):1252. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11051252>
17. Sensi L.G., Lopes G.C., Monteiro S. Jr, Baratieri L.N., Vieira L.C. Dentin bond strength of self-etching primers/adhesives. *Oper Dent.* 2005;30(1):63–68. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15765959/> (accessed: 14.03.2024).
18. Maaßen M., Wille S., Kern M. Bond strength of adhesive luting systems to human dentin and their durability. *J Prosthet Dent.* 2021;125(1):182–188. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.07.012>
19. Gateva N., Gusiyska A., Stanimirov P., Raychev I., Kabaktchieva R. Biodegradation and dentin bonding effectiveness of one “Universal” self-etch adhesive used in multi-mode manner. *J of IMAB.* 2017;23(1):1510–1515. <https://doi.org/10.5272/jimab.2017231.1510>
20. Bourgi R., Daoud U., Bijle M.N., Fawzy A., Ghaleb M., Hardan L. Reinforced universal adhesive by ribose crosslinker: A novel strategy in adhesive dentistry. *Polymers.* 2021;13(5):704. <https://doi.org/10.3390/polym13050704>
21. Kharouf N., Mancino D., Rapp G., Zghal J., Arntz Y., Haikel Y., Reitzer F. Does etching of the enamel with the rubbing technique promote the bond strength of a universal adhesive system? *J. Contemp. Dent. Pract.* 2020;21(10):1117–1121. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2962>
22. Kharouf N., Eid A., Hardan L., Bourgi R., Arntz Y., Jmal H. et al. Antibacterial and bonding properties of universal adhesive dental polymers doped with pyrogallol. *Polymers.* 2021;13(10):1538. <https://doi.org/10.3390/polym13101538>
23. Wagner A., Wendler M., Petschelt A., Belli R., Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent.* 2014;42(7):800–807. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.04.012>
24. Ozok A.R., Wu M.K., De Gee A.J., Wesselink P.R. Effect of dentin perfusion on the sealing ability and microtensile bond strengths of a total-etch versus an all-in-one adhesive. *Dent Mater.* 2004;20(5):479–486. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2003.07.004>
25. Cadenaro M., Josic U., Maravić T., Mazzitelli C., Marchesi G., Mancuso E. et al. Progress in dental adhesive materials. *J Dent Res.* 2023;102(3):254–262. <https://doi.org/10.1177/00220345221145673>
26. Bhattacharjee D., Sharma K., Sahu R., Neha K., Kumari A., Rai A. Comparative evaluation of shear bond strength of brackets bonded with self etch primer/adhesive and conventional etch/primer and adhesive system. *J Pharm Bioallied Sci.* 2021;13(Suppl. 2):S1168–S1173. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_412_21
27. Boudrot M., François P., Abdel-Gawad S., Attal J.P., Dantagnan C.A. Shear bond strength of a RMGIC for orthodontic bracket bonding to enamel. *BDJ Open.* 2024;2;10(1):1. <https://doi.org/10.1038/s41405-023-00181-5>
28. Abu Haimed T., Osama Filfilan R., Nazih Hassoubah M., Abou Neel E.A., Bamashmous M. Cyclic shear fatigue of orthodontic brackets bonded to enamel using self-adhering

- flowable composites. *Saudi Dent J.* 2023;35(7):834–840. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.07.014>
29. Iglesias A., Flores T., Moyano J., Artés M., Gil F.J., Puigdollers A. In vitro study of shear bond strength in direct and indirect bonding with three types of adhesive systems. *Materials.* 2020;13(11):2644. <https://doi.org/10.3390/ma13112644>
30. Хасан А.М., Тутуров Н.С., Иванов С.Ю., Булычева Е.А., Булычева Д.С., Катбех И.Х., Салех А. Сравнение лабораторных показателей адгезии отечественного адгезивного комплекса и зарубежного аналога. *Клиническая стоматология.* 2023;26(3):84–88. https://doi.org/10.37988/1811-153X_2023_3_84
Khasan A.M., Tuturov N.S., Ivanov S.Yu., Bulycheva E.A., Bulycheva D.S., Katbeh I.Kh., Saleh A. Comparison of laboratory indicators of adhesion of domestic adhesive complex and foreign analogue. *Clinical Dentistry (Russia).* 2023;26(3):84–88. (In Russ.) https://doi.org/10.37988/1811-153X_2023_3_84
31. Алкаиси А., Каббеш Х., Алавад М., Косырева Т.Ф., Катбех И., Хасан А.М. Применение геля гипохлорита натрия для улучшения сцепления композитного материала с эмалью временных зубов при слюнной контаминации. *Стоматология.* 2021;100(1):15–18. <https://doi.org/10.17116/stomat202110001115>
Alqaisy A., Kabbesh K., Alawwad M., Kosyreva T.F., Katbeh I., Khasan A.M. Evaluation of the effect of sodium hypochlorite gel on composite bonding strength to enamel of primary teeth after salivary contamination: in vitro study. *Stomatologiya.* 2021;100(1):15–18. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/stomat202110001115>
32. Хасан А.М., Косырева Т.Ф., Тутуров Н.С., Катбех И., Гарави А.М.М., Салман И. Клинические наблюдения отклеивания металлических брекетов от эмали зубов при использовании отечественного адгезивного комплекса. *Стоматология для всех.* 2023;(2):58–63. [https://doi.org/10.35556/idr-2023-2\(103\)58-63](https://doi.org/10.35556/idr-2023-2(103)58-63)
Khasan A.M., Kosyreva T.F., Tuturov N.S., Katbeh I., Gharawi A.M., Salman I. Clinical observations of metal brackets detachment using a Russian adhesive complex. *Stomatology for All / Int. Dental Review.* 2023;(2):58–63. (In Russ.) [https://doi.org/10.35556/idr-2023-2\(103\)58-63](https://doi.org/10.35556/idr-2023-2(103)58-63)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Хаян Алмокаддам – аспирант кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», 117198, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; <https://orcid.org/0000-0002-5131-8401>

Тутуров Николай Станиславович – к.м.н., доцент, зав. кафедрой стоматологии детского возраста и ортодонтии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», 117198, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; <https://orcid.org/0000-0001-8048-5703>

Имад Катбех – старший преподаватель кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», 117198, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; <https://orcid.org/0000-0002-4591-7694>

Ахмад Салех – ординатор кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», 117198, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; <https://orcid.org/0000-0002-9597-3109>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Hayan Almokaddam – Postgraduate Student of the Department of Dentistry Pediatric Dentistry and Orthodontics, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), Medical Institute, 6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow 117198, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-5131-8401>

Nikolay S. Tuturov – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), Medical Institute, 6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow 117198, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-8048-5703>

Imad Katbeh – Senior Lecturer at the Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), Medical Institute, 6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow 117198, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-4591-7694>

Ahmad Saleh – Resident of the Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), Medical Institute, 6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow 117198, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-9597-3109>

ВКЛАД АВТОРОВ

Х. Алмокаддам – концепция исследования, обработка данных, обзор литературы.

Н.С. Тутуров – концепция и дизайн исследования.

И. Катбех – статистическая обработка данных, написание текста.

А. Салех – статистическая обработка данных, написание текста.

Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

AUTHORS' CONTRIBUTION

Hayan Almokaddam – study concept, data processing, literature review.

Nikolay S. Tuturov – concept and design of the study.

Imad Katbeh – statistical data processing, text writing.

Ahmad Saleh – statistical data processing, text writing.

All authors contributed substantially to the conception, research and writing of the article, read and approved the final version before publication.