

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

**ГОНЧАРИК  
ИРИНА  
НИКОЛАЕВНА**

**Обоснование выбора современных адгезивов, применяемых для фиксации  
брекетов, в практике врача-ортодонта**

3.1.7. Стоматология

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

Соколович Наталия Александровна

Доктор медицинских наук

Санкт-Петербург – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	12
1.1 Адгезия в ортодонтии .....	12
1.2 Требования к адгезивам в ортодонтии .....	15
1.3 История развития адгезивных техник в ортодонтии .....	16
1.4 Классификация адгезивных систем в ортодонтии .....	25
1.5 Адгезивная подготовка эмали. Гибридный слой .....	41
1.5.1 Техника тотального протравливания эмали.....	42
1.5.2 Техника самопротравливания эмали.....	43
1.6 Вязкость ортодонтического адгезива .....	47
1.7 Предел прочности адгезивной связи. Методы определения.....	48
1.8 Систематический обзор исследований предельной прочности адгезивных систем на сдвиг в экспериментальных условиях .....	58
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ .....	63
2.1 Дизайн и этапы исследования .....	63
2.2 Методы исследования .....	76
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	95
3.1 Определение относительной вязкости .....	95
3.2 Исследования предельной прочности адгезивной связи на сдвиг в эксперименте.....	97
3.2.1 Результаты анализа предельной прочности адгезивной связи на сдвиг по группам .....	97
3.2.2 Распределение значений индекса остаточного адгезива по группам зубов .....	101
3.2.3 Определение клинико-экономической эффективности фиксации брекетов с помощью исследуемых ортодонтических адгезивов .....	103
3.3 Исследование прочности адгезивной связи в клинике.....	105

3.3.1	Определение частоты дебондинга брекетов .....	105
3.3.2	Оценка индекса остаточного адгезива брекетов, подвергшихся дебондингу .....	115
3.3.3	Определение клинической эффективности применения ортодонтического адгезива .....	117
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	119
	ВЫВОДЫ .....	125
	ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	128
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	130
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	131
	ПРИЛОЖЕНИЯ .....	151
	Приложение А (справочное) Эволюция адгезивных техник в ортодонтии ....	151
	Приложение Б (справочное) Форма информированного добровольного согласия на обработку персональных данных.....	152
	Приложение В (справочное) Форма информированного добровольного согласия на проведение ортодонтического лечения.....	153
	Приложение Г (справочное) Медицинская карта ортодонтического пациента.....	155

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Успех ортодонтического лечения брекет-системой зависит от прочности связи между брекетом и поверхностью зуба [65, 69, 74, 142].

Внеплановый дебондинг брекетов может значительно увеличить время лечения, материальные затраты и дискомфорт пациента. Одной из причин дебондинга брекетов может быть недостаточная прочность связи используемого адгезива с эмалью и/или с конструкцией ортодонтического брекета (его основанием) [51, 91].

Техника идеального бондинга брекета предусматривает создание достаточно прочной связи, чтобы выдерживать силовые нагрузки, возникающие при ортодонтическом лечении и жевании [156]. В то же время процедура фиксации брекета должна быть достаточно безопасной для того, чтобы избежать повреждения поверхности эмали как во время ортодонтического лечения, так и на завершающем этапе лечения при снятии аппаратуры [31, 36, 63, 99].

Соблюдение инструкции производителя и основных принципов адгезивной подготовки в большинстве случаев гарантирует долговременный успех фиксации ортодонтической аппаратуры, позволяет избежать осложнений [5, 14, 139].

На сегодняшний день ассортимент привычных зарубежных адгезивных систем для фиксации брекетов на рынке Российской Федерации сократился и требуются новые решения применения альтернативных адгезивов. Появился новый отечественный адгезив «Компофикс-орто» (Владивосток, Россия). Сложившаяся ситуация ставит практикующего врача-ортодонта перед необходимостью ознакомления с новым адгезивом отечественного производителя, сравнительного анализа химических, физико-механических свойств адгезивов, а также анализа использования адгезивов совместно с выбранной конструкцией брекет-системы, изучение потенциальных изменений свойств современных адгезивных систем под воздействием среды полости рта.

Исследования по клинической и клинико-экономической эффективности использования адгезива «Компофикс-орто» для фиксации брекетов в научной литературе в настоящее время описаны недостаточно.

### **Степень разработанности темы исследования**

Бондингу в стоматологии посвящено большое количество исследований, однако большая их часть охватывает область терапевтической и ортопедической стоматологии [8, 30, 32].

Ортодонтическое лечение брекет-системой не представляется возможным без использования надежных адгезивных материалов с доказанной эффективностью [1, 10].

Ассортимент выпускаемых адгезивов для фиксации брекетов невелик [137]. В настоящее время экспорт большинства из них затруднен, а сведения о сравнительной эффективности материалов, оставшихся на рынке Российской Федерации, описаны недостаточно. Единый протокол исследования прочности адгезивной связи в ортодонтии в Национальных стандартах Российской Федерации отсутствует, рекомендации по определению прочности адгезивной связи от экспертных организаций противоречивы. Недостаточно информации о новом отечественном адгезиве «Компофикс-орто», представленном на рынке в 2023 году, его физических свойствах и эффективности применения. Мало изучена клиническая и клинико-экономическая эффективность применения зарубежных и отечественных адгезивов для фиксации брекетов в сравнительном аспекте. Эти факторы указывают на актуальность исследования.

**Цель исследования:** улучшить качество работы врачей-ортодонтсов современными адгезивными системами в условиях настоящего времени.

## **Задачи исследования**

1 Охарактеризовать адгезивы, применяемые в ортодонтической практике, на основании обзора литературы.

2 Определить предельную прочность связи на сдвиг ортодонтических адгезивов «Компофикс-орто», «Enlight» с наиболее широко используемыми в клинической практике конструкциями оснований современных брекетов «Damon Q», «Orthos» и влияние прочности адгезивной связи на структуру эмали при дебондинге в эксперименте и клинике.

3 Изучить характеристики отечественного адгезива «Компофикс-орто» и адгезива зарубежного производства «Enlight» для фиксации брекет-системы в сравнительном аспекте с последующей оценкой частоты дебондинга в течение первых 26 недель ортодонтического лечения.

4 Определить относительную вязкость адгезива «Компофикс-орто» в сравнительном аспекте с импортным адгезивом «Enlight», ее влияние на рабочие характеристики данных адгезивов.

5 Определить сравнительную клиническую и клинико-экономическую эффективность применения адгезивов «Компофикс-орто», «Enlight» для фиксации брекетов.

6 Разработать клинические рекомендации по выбору ортодонтического адгезива, учитывая его физико-химические свойства и рабочие характеристики.

## **Научная новизна исследования**

Впервые определен предел прочности адгезивной связи на сдвиг отечественного адгезивного материала «Компофикс-орто» в сравнительном аспекте с зарубежным ортодонтическим адгезивом «Enlight» в сочетании с использованием различных конструкций брекетов: самолигирующих «Damon Q» и лигатурных «Orthos». Впервые дана оценка влияния прочности адгезивной связи с использованием отечественного адгезива «Компофикс-орто» на структуру эмали

при дебондинге. Впервые в сравнительном аспекте определена частота дебондинга при использовании отечественного адгезива «Компофикс-орто» и зарубежного адгезива «Enlight», наблюдаемая во время клинического исследования на протяжении первых 26 недель ортодонтического лечения. Впервые изучена относительная вязкость и зависящие от консистенции манипуляционные характеристики отечественного адгезива «Компофикс-орто» в сравнительном аспекте с импортным адгезивом «Enlight». Впервые обозначена клиническая и клинико-экономическая эффективность применения адгезивов «Компофикс-орто», «Enlight» для фиксации брекетов. Впервые выполнен сопоставительный анализ рабочих характеристик ортодонтических адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight».

### **Практическая значимость результатов исследования**

На основании полученных данных в эксперименте и клинике отечественный адгезив «Компофикс-орто» рекомендован для широкого применения в практике врача-ортодонта для фиксации как самолигирующих, так и лигатурных брекетов. Может стать полноценным заменителем его зарубежного аналога адгезива «Enlight». Обладая пределом прочности в безопасном диапазоне, низкой вязкостью и улучшенными рабочими характеристиками, адгезив может быть использован как на зубах со здоровой эмалью, так и с атипичной эмалью. Сравнительная клиническая и клинико-экономическая оценка результатов применения двух адгезивов для фиксации брекет-системы определяет универсальным и экономически целесообразным к использованию адгезивный материал «Компофикс-орто».

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1 В результате экспериментального исследования определен предел прочности адгезивных материалов на сдвиг «Компофикс-орто» и «Enlight», в клиническом исследовании определена частота дебондинга данных материалов в

течение первых 26 недель ортодонтического лечения. Среднее значение предела прочности адгезивного материала на сдвиг «Компофикс-орто» – 11,98–12,17 МПа, «Enlight» – 22,51–22,79 МПа. Средняя частота дебондинга была практически одинакова: «Компофикс-орто» – 2,188%, «Enlight» – 2,143%.

2 Определена относительная вязкость и зависящие от консистенции манипуляционные характеристики отечественного адгезива «Компофикс-орто» в сравнительном аспекте с импортным адгезивом «Enlight». Низкая вязкость данных адгезивов определили удобство и скорость работы для врача-ортодонта, а также легкость проникновения в сетчатое основание брекета и хорошую адаптацию к поверхности эмали.

3 Дана оценка влияния прочности связи адгезива на структуру эмали при дебондинге в эксперименте и клинике для обоих адгезивов. В клиническом исследовании после произошедшего дебондинга остатки адгезива были выявлены на брекетах, на поверхности эмали их практически не было. В экспериментальных условиях ситуация была противоположной. После дебондинга с помощью индентора испытательной машины остатки адгезива в большей степени были выявлены на поверхности эмали.

4 Значение клинической эффективности у отечественного адгезива «Компофикс-орто» ниже, чем у зарубежного адгезива «Enlight» на 0,045%, что незначительно. Наибольшей клинико-экономической эффективностью по критериям CER и ICER обладает адгезив «Компофикс-орто». Применение адгезива «Enlight» требует высоких экономических затрат при практически аналогичной клинической эффективности.

### **Апробация результатов диссертации и внедрение в практику**

Результаты исследования внедрены в работу кафедры стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», а также стоматологической клиники ООО «ОМЕГАДЕНТАЛ».



## **Публикации**

По теме диссертации опубликовано четыре научные работы: в журналах, индексируемых ВАК – три, в материалах научно-практической конференции – одна.

## **Личный вклад автора**

Автором произведен анализ источников научной литературы по тематике исследования, составлена программа диссертационной работы, осуществлена выборка исследуемой группы пациентов и фиксация брекетов исследуемой группе пациентов с последующим динамическим наблюдением в течение первых 26 недель ортодонтического лечения, подобраны экстрагированные зубы для выполнения задач экспериментального исследования, подготовлены образцы для испытания в лаборатории, проведены исследования в клинике, клинико-экономические расчеты, статистическая обработка и анализ собранной информации. Диссертационная работа завершается выводами и практическими рекомендациями.

## **Объем и структура работы**

Диссертационная работа состоит из 3 глав, содержит 164 страницы, сопровождается 31 рисунками и 23 пояснительными таблицами, дополнена 4 приложениями.

## **Основные научные результаты**

1 «История развития адгезивных техник в ортодонтии Часть I: со времен появления смолы Bowen до концепции фотополимеризации» [26]. Проведено исследование эволюции адгезивных материалов в области ортодонтии с учетом

трансформации и появления новых ортодонтических конструкций, используемых для перемещения зубов. Автором подобрано 90% научных публикаций из печатных изданий и электронных научных информационных баз данных PubMed, eLibrary, ScienceDirect, Springer, Wiley Library; изучены имеющиеся знания и обобщены в хронологическом порядке; осуществлен сравнительный анализ теорий и практик (90%); отмечена взаимосвязанность появления новых медицинских методик и технологий и развития химико-фармацевтической промышленности; сформулированы выводы, выявлена целесообразность исследовательской работы в выбранной научной области (85%).

2 «История развития адгезивных техник в ортодонтии. Часть II. Появление улучшенных адгезивов, современный статус адгезивных систем» [27]. Интегрированы знания о новых адгезивных техниках и их модификациях, о влиянии сил адгезии на зубную эмаль, о фиксации ортодонтических конструкций к атипичной эмали и реставрационным поверхностям, оценена потребность практикующих врачей-ортодонт в сокращении этапов адгезивной техники с сохранением ее эффективности и качества результатов лечения. Автором осуществлен поиск существующих исследований в предметной области, подобрано 85% научных публикаций из печатных изданий и электронных научных информационных баз данных PubMed, eLibrary, ScienceDirect, Springer, Wiley Library; проведены синтез, анализ, сопоставление и обобщение результатов научных исследований, графически представлена обновленная хронология развития адгезивных техник в ортодонтии, сформулированы выводы и рекомендации, подтверждена актуальность темы исследования (85%).

3 «Непрямой метод фиксации брекет-системы с использованием нового отечественного адгезива» [4]. Исследование в контексте актуальной проблематики врачебной деятельности практикующего ортодонта в выборе новых отечественных материалов, методов и технологий, обеспечивающих одновременно с оптимальными затратами временных и экономических ресурсов высокое качество ортодонтической помощи, соответствующей современным стандартам ее оказания в современных условиях ограничения импорта высокотехнологичной продукции и

снижения ее доступности. Автором проведено клиническое исследование (прежде не публиковавшееся) применения нового отечественного адгезива с непрямой фиксацией брекетов для ортодонтического лечения 20-ти пациентов с соблюдением клинических протоколов диагностики и лечения с целью освоения нового отечественного адгезива и информирования профессионального сообщества о функциональных его свойствах, наблюдаемых в клинике. Автором разработан дизайн исследования (85%); определены критерии отбора пациентов, участвующих в исследовании (70%); проведен лабораторный этап фиксации брекетов на рабочих моделях, изготовлены каппы, зафиксированы брекеты непрямым методом, осуществлено наблюдение пациентов на протяжении первых 26 недель ортодонтического лечения (100%); задокументированы случаи дебондинга брекетов и дана количественная оценка частоты дебондинга (95%), обследованы брекеты, подвергшиеся дебондингу, и выполнена оценка модифицированного индекса остаточного адгезива (95%), проведен анализ и обобщение полученных результатов (80%); сформулированы выводы (80%).

Дополнительно автором был представлен стендовый доклад «История развития адгезивных техник в ортодонтии» на Всероссийской научно-практической конференции «Теоретические и практические вопросы клинической стоматологии» [25]. С целью передачи мировых научно-практических знаний, изложенных в многочисленных публикациях, подготовлен систематический обзор эволюционирования адгезивных техник и материалов для фиксации ортодонтической аппаратуры. Кратко, содержательно и наглядно отражен большой объем синтезированной и проанализированной научной информации по тематике, подведены итоги и сделано заключение. Данное стендовое сообщение значимо не только для врачей-ортодонт, но и для исследователей-химиков, физиков, отечественных производителей, совместно работающих над научными проблемами в междисциплинарном пространстве для создания инновационных отечественных продуктов в сфере медицины, так необходимых в объективных условиях ограниченного импорта.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Адгезия в ортодонтии

**Адгезия** – это сцепление двух разнородных веществ, находящихся в жидкой и/или твердой фазе, которое обусловлено межмолекулярным взаимодействием в поверхностном слое. Межмолекулярное взаимодействие может быть механическим, химическим или диффузионным [13, 84].

**Субстрат в ортодонтии** – поверхность эмали зуба / реставрационного материала, на которую фиксируется основание брекета с предварительно нанесенным адгезивом.

**Адгезивная система при работе с несъемной ортодонтической техникой (брекет-системой)** – комплект сложных материалов (протравливающий агент, праймер, адгезив) в различных комбинациях, который способен осуществить микромеханическую и химическую связь брекета с твердыми тканями зуба.

**Адгезивная техника при работе с несъемной ортодонтической техникой (брекет-системой)** – процесс модификации эмали зуба / реставрационной поверхности в планируемой зоне фиксации брекета/аттачмента с целью обеспечения прочной связи брекета/аттачмента с эмалью зуба / реставрационной поверхностью. Как правило, последовательно включает в себя этапы: протравливание, прайминг, бондинг брекета/аттачмента к подготовленной поверхности с помощью адгезива.

**Адгезивная система с тотальным протравливанием** – это разновидность адгезивных систем, при работе с которыми эмаль зуба или реставрационная поверхность обрабатываются 37%-м гелем ортофосфорной кислоты для создания микромеханического сцепления с композитным материалом. Протравливающий агент после обработки поверхности субстрата смывается.

**Самопротравливающая адгезивная система** – это разновидность адгезивных систем, которые не требуют смывания протравливающего агента с поверхности эмали зуба или реставрационной поверхности.

**Протравливающий агент** – ортофосфорная кислота в жидком состоянии в концентрации 37%, необходимая для образования микрошероховатости на эмали зуба / реставрационной поверхности, что способствует проникновению компонентов адгезива в эмаль зуба / реставрационную поверхность.

**Гибридный слой** – искусственная структура, которая формируется на поверхности эмали / реставрационной поверхности после ее обработки протравливающим агентом и инфильтрацией следующими компонентами адгезивной системы [17].

**Праймер** – компонент адгезивной системы, предназначенный для пропитывания структур протравленной поверхности эмали зуба / реставрационной поверхности и формирования гибридного слоя, благодаря которому осуществляется связь между брекетом с нанесенным на его основание адгезивом и поверхностью эмали зуба / реставрационной поверхностью. Является сложным химическим комплексом, основными компонентами которого являются гидрофильные мономеры и растворитель.

**Гидрофильный мономер** – это низкомолекулярные метакрилаты (4-МЕТА; НЕМА; ВРДМ; РЕНТА; GРДМ; РМДМ; РМГДМ), представляющие собой полярные органические молекулы с низким показателем кислотности водной среды рН и выраженными гидрофильными свойствами. Эти свойства в комбинации с растворителем способствуют образованию ионных связей с гидроксиапатитами.

**Растворитель** – это сложное химическое вещество, которое способно обеспечить жидкую однородную консистенцию праймера. Жидкая/полугелевая форма праймера способствует проникновению компонентов адгезивной системы в ткани зуба. В качестве растворителя для праймеров могут быть использованы ацетон, спирт или вода, а также их комбинации. Растворитель является летучим веществом, и при его испарении компоненты адгезивной системы переходят из жидкой фазы в фазу вязкого полугеля. Летучесть растворителя требует плотного укупоривания емкости с праймером сразу после использования.

**Адгезив** – компонент адгезивной системы, предназначенный для пропитывания структур протравленной эмали и формирования гибридного слоя в

ней. Гидрофобные мономеры, наполнители, инициаторы, стабилизаторы полимеризации – ключевые ингредиенты адгезива. Служит для адгезии брекета с предварительно обработанной эмалью зуба.

**Гидрофобный мономер** – это высокомолекулярные метакрилаты высокой вязкости (Bis-GMA; UDMA; TEGDMA; PEG-DMA). При полимеризации эти молекулы сшиваются и образуют органическую матрицу.

**Наполнитель** – в адгезивной системе состоит из неоднородных по величине частиц неорганического вещества (диоксид кремния, акросил), которые придают прочность и стабильность гибриднему слою.

**Инициатор** – это химическое вещество, которое при определенных условиях вызывает образование свободных радикалов. Свободные радикалы, в свою очередь, способствуют образованию связей между низко- и высокомолекулярными метакрилатами, что приводит к образованию единой органической матрицы. В светоактивируемых материалах применяется кампфорохинон, люстерин, фенилпропандион, в хемоактивируемых материалах – третичные амины, перекись бензоила.

**Стабилизатор** – химическое вещество, препятствующее самопроизвольному взаимодействию мономеров в компонентах адгезивной системы и их преждевременной полимеризации. Стабилизатор определяет срок годности материала [3, 20, 28, 52].

**Дебондинг брекета** – это разрушение адгезивной связи брекета с эмалью зуба / реставрационной поверхностью зуба, приводящее к отклеиванию брекета.

**Частота дебондинга брекетов по неизвестной причине** – это отношение числа отклеившихся брекетов по неизвестной причине за определенный промежуток времени к общему числу зафиксированных брекетов, выраженное в процентах.

**Частота дебондинга по известной и неизвестной причине** – это отношение числа отклеившихся брекетов по известной (например, при употреблении твердой пищи) и неизвестной причине за определенный промежуток времени к общему числу зафиксированных брекетов, выраженное в процентах.

## 1.2 Требования к адгезивам в ортодонтии

Перед выходом нового адгезива на рынок и его поступлением в широкое использование врачами-ортодонтами в клинике исследователи проводят как доклинические, так и клинические испытания. На каждом из этапов испытаний оценивают свойства адгезива на предмет соответствия принятым стандартам. На доклиническом этапе оценивается цитотоксичность, тератогенность, аллергизирующие эффекты в экспериментах на культурах клеток и животных, проводятся тесты с определением предельных прочностных характеристик, растяжения, растворимости и другие [68, 71, 134, 159].

При условии успешности прохождения адгезивом доклинических испытаний исследователи имеют возможность начать проведение клинических испытаний в различных экспертных организациях, где к адгезивам, применяющимся в ортодонтической практике, предъявляют следующие научно-обоснованные требования:

- быть универсальными и совместимыми с большинством конструкций брекетов, представленных на рынке;
- обеспечивать немедленную, устойчивую к нагрузке, прочную связь в системе «брекет-адгезив-праймер-эмаль»;
- компенсировать напряжение, возникающее в результате полимеризационной усадки адгезива;
- выдерживать нагрузки, развиваемые брекетами и дугами в процессе ортодонтического лечения;
- обеспечивать оптимальный прочностной уровень фиксации. Брекеты фиксируются на эмаль зуба в среднем на 1,5–2 года, в отличие от пломбирочного материала, который рассчитан на более длительный срок. После завершения ортодонтического лечения брекеты необходимо удалить вместе с адгезивом без повреждения эмали зуба;

- иметь более жидкую консистенцию по сравнению с пломбирочными материалами. Адгезив для фиксации брекетов должен легко и равномерно распределяться между основанием брекета и эмалью зуба, затекая при этом в поднутрения металлической сетки основания брекета;
- предотвращать развитие деминерализации эмали вокруг основания брекета;
- быть биосовместимыми;
- быть нерастворимыми при контакте с ротовой жидкостью;
- обеспечивать удобство и легкость в использовании;
- иметь длительный срок хранения;
- не обладать сенсibiliзирующим действием на пациента и врача [17, 19, 97].

### **1.3 История развития адгезивных техник в ортодонтии**

Со времен появления несъемной ортодонтической техники брекеты традиционно припаивались к золотым или стальным кольцам. Бандажное кольцо охватывало зуб, что требовало создания межапроксимального пространства. Первоначально для сепарации использовали проволочные металлические лигатуры, на смену которым пришли эластомерные. Проведение сепарации требовало дополнительного посещения ортодонта. Данная процедура была дискомфортна для пациента, так как бандажные кольца зачастую вызывали травму десен при установке и декальцинацию эмали под ними во время длительного периода ортодонтического лечения. В конце лечения межапроксимальные промежутки должны были быть закрыты. Очевидным решением этих проблем была фиксация брекетов непосредственно к зубу.

В 1955 году Buonocore M. продемонстрировал повышенную адгезию аттачментов к эмали при обработке её поверхности 85%-м раствором фосфорной кислоты в течение 30 секунд. Он предположил, что повышенная адгезия к эмали может быть связана с увеличением площади поверхности, поддающейся



механической адгезии, а также повышенной смачиваемостью адгезивной поверхности, что обеспечивает более тесный контакт с адгезивом. Так было дано обоснование техники кислотного протравливания эмали [59].

В 1962 году доктор Bowen R. запатентовал новый тип композитного пломбировочного материала, который содержал ароматические диметакрилаты Bis-GMA и неорганический наполнитель. Этот материал стал известен как смола Bowen и положил начало развитию широкого спектра композитных пломбировочных материалов, которые используются сегодня в стоматологии [56].

В начале 1970-х гг. на основе исследований Bowen были разработаны и стали популярными композиционные реставрационные системы «Concise» (3M Unitek) и «Adaptic» (Johnson & Johnson), имеющие взаимосвязанные адгезивы с минимальной полимеризационной усадкой. Обе системы требовали кислотного травления эмали 40%-м раствором фосфорной кислоты. Затем на эмаль наносили ненаполненную смолу в качестве смачивающего агента, а металлические брекететы фиксировали к кондиционированной эмали химически отверждаемой пастой.

Доктор Newman G., ортодонт из Оранжа, штат Нью-Йорк, Джерси и профессор Miura F., заведующий кафедрой ортодонтии Токийского медицинского и стоматологического университета, Япония, первыми зафиксировали брекететы к эмали зуба [169]. В середине 1960-х гг. они начали свои эксперименты по разработке адгезива для фиксации пластиковых брекетов к эмали зубов. По их мнению, ортодонтический адгезив должен был: противостоять силам окклюзии и напряжению дуги во время ортодонтического лечения; позволять осуществлять снятие брекетов без повреждения эмали; быть гидрофильным, учитывая тот факт, что процесс фиксации выполняется во влажной среде; быть стабильным во время длительного периода ортодонтического лечения, сохраняя при этом необходимую прочность связи.

Newman G. опубликовал работу «Эпоксидные адгезивы для ортодонтических аттачментов: отчет о ходе работы» (1965), где дал описание адгезива на основе эпоксидной смолы для фиксации пластиковых брекетов к эмали [169].

К преимуществам эпоксидных смол Newman G. отнес незначительную полимеризационную усадку при отверждении, одинаковый коэффициент теплового расширения с эмалью, минимальное водопоглощение. Эти свойства обеспечили необходимую прочность связи при фиксации пластикового брекета к эмали, дали возможность противостоять окклюзионным силам и напряжению ортодонтической дуги, возникающим при жевании и перемещении зубов. Для протравливания эмали он использовал 40%-й раствор фосфорной кислоты. Его статья была охарактеризована как новая, а концепция фиксации брекет-системы как более эстетичная и гигиеничная. В 1980 году Newman G. представил адгезив на основе эпоксидной смолы в виде пасты «Contacto», особенностью которого являлось то, что он не полимеризовался до тех пор, пока паста не соприкоснется с праймером на брежете и зубе [121].

Miura F. разработал технику фиксации пластиковых брекетов из поликарбоната к предварительно протравленной фосфорной кислотой эмали с помощью адгезива «Orthomite», который был разработан Masuhara E. в Медицинском и стоматологическом университете г. Токио. Адгезив «Orthomite» состоял из метилметакрилата и полиметилметакрилата. Роль ускорителя химической реакции выполнял три-н-бутилборан. Miura F. обнаружил, что прочность связи брекета с эмалью уменьшалась со временем в результате воздействия ротовой жидкости. Кроме того, жевание и использование металлических дуг приводило к поломке лигатурных крыльев пластиковых брекетов, деформации их слота [117]. Однако в это время система стала достаточно популярной как альтернатива бандажным кольцам. Недостатки данной техники фиксации стимулировали исследования по разработке адгезивов, устойчивых к ротовой жидкости, выбору более прочного поликарбоната для изготовления пластиковых брекетов, а также внедрению металлических брекетов в ортодонтическую практику. На рынке появлялись новые метил- и полиметилметакрилатные системы адгезивов, такие как GAC International и TP Orthodontics, которые имели те же свойства.

В середине 1970-х гг. для изготовления пластиковых брекетов стали использовать новый поликарбонат Lexan (General Electric, Fairfield, Conn). Этот улучшенный поликарбонат был более твердым, менее подверженным износу и излому крыльев; однако не такой прочный и надежный, как нержавеющая сталь. Постоянный спрос пациентов на улучшенную эстетику привел к разработке керамических материалов для прозрачных брекетов. Керамика выдерживает нагрузки, не ломается, не изменяет цвет и до сих пор является предпочтительным материалом для изготовления эстетичных брекетов.

В 1974 году компания Dentsply/Caulk представила первый ультрафиолетовый (УФ) светоотверждаемый адгезив для брекетов в виде одной пасты Nuva Tach. В этой системе использовалась УФ-ненаполненная связующая смола (Nuva Seal) для эмали и одна УФ-отверждаемая паста (Nuva Tach). Паста и ненаполненная смола были полимеризованы светоизлучающей энергией в диапазоне 280 нм. Эти композиты, отверждаемые УФ-светом, как и их химически отверждаемые предшественники, изначально вводились как реставрационные материалы из терапевтической стоматологии с небольшим изменением вязкости пасты. Однако в отличие от химически отверждаемых систем, УФ-светоотверждаемые системы не имели ограничений по рабочему времени. Эта характеристика давала клиницисту неограниченное рабочее время на установку брекета, очищение периферической области вокруг брекета от излишков материала, а также, при необходимости, изменение положения брекета перед фотополимеризацией. Однако использование этих систем, отверждаемых УФ-светом, было прекращено, когда было обнаружено, что они были вредны для открытых участков кожи и глаз, а иногда даже приводили к ожогам мягких тканей.

В 1975 году в компании Lee Pharmaceuticals (Саут-Эль-Монте, Калифорния) была разработана химически отверждаемая система для прямой фиксации брекет-системы, что требовало от ортодонта нанесения жидкого активатора на протравленную эмаль и на металлическое (или пластиковое) основание брекета. На обработанное активатором основание брекета наносилась одна паста. Затем основание брекета помещалось на зуб, и брекет таким образом фиксировался в

нужном положении. Жидкий активатор эмали и паста, нанесенные на основание брекета, смешивались, что приводило к полимеризации.

В 1983 году для фиксации больших акриловых аппаратов-расширителей, предложенных в самом начале 1980-х гг. McNamara J.A. для лечения мезиального прикуса, компанией Reliance Orthodontic Products был разработан адгезив «Excel» в виде прочной жидкой пасты [116].

Материал «Excel» хорошо адгезировался к пластику, не вымывался из-под прибора, успешно удалялся без признаков декальцинации после лечения.

В 1979 году компания Ormco разработала и запатентовала метод припаивания сетки к металлическому фольгированному основанию брекета. Такая конструкция позволяла клею проникать между сеткой и фольгированным основанием брекета, тем самым увеличивая механическую ретенцию.

В первой половине восьмидесятых годов Tavas J. и Watts M. представили концепцию светоотверждаемых композитов. Фиксируя брекететы с помощью фотополимеризации, они доказали, что прочность связи брекетов с эмалью при активации светом, сравнима с прочностью связи, достигаемой при использовании двух химически отверждаемых адгезивов [151]. В отличие от адгезивов, отверждаемых УФ-светом, катализатором в этом случае выступает камфорохинон. Материал отверждается под влиянием лучей видимой части спектра галогенового полимеризатора в диапазоне от 400 до 500 нм, что делает их безопасными для глаз и кожи. При попадании видимого света на адгезив фотоинициатор камфорохинон переходит в активированное состояние. В этом состоянии он способен реагировать с аминами, образуя свободные радикалы. Свободные радикалы взаимодействуют с молекулами мономера, присоединяя их к себе. В результате образуются цепочки из мономерных звеньев, которые увеличиваются в длину. При дальнейшем росте цепей они активизируют взаимодействие, что запускает процесс формирования сшитой сетки. Описанная реакция порождает модификацию физических свойств адгезива – его отверждение. Для начала и продолжения полимеризации необходима достаточная интенсивность светового потока, которая обеспечивает возбуждение фотоинициатора [151].

В 1985 году Suh E. произвел адгезив «Enhance» (Reliance Orthodontic Products), который был предназначен для зубов с флюорозом и атипичной поверхностью эмали и использования с любой химической или светоотверждаемой системой. «Enhance» наносили на протравленную эмаль перед нанесением ненаполненной смолы. Мономер в «Enhance» (бифенил диметакрилат) химически связывался с композитом и металлом. С этого момента клиницисты получили возможность бондинга к любой металлической поверхности без использования металлического праймера или к композитной реставрации без кондиционера для пластика.

Адгезив «Crypsis», изменяющий цвет после полимеризации, был представлен в 1986 году компанией Orec (Бивертон, штат Орегон). Этот адгезив состоял из двух паст, был желтым после смешивания и в период гелеобразования, а после полимеризации приобретал цвет зуба. Такая цветовая характеристика позволяла ортодонту видеть излишки композита вокруг брекета и удалить их до полимеризации. Механизм изменения цвета был функцией фотоотверждающего катализатора.

В 2004 году компании Reliance Orthodontic Products, 3M Unitek иOrmco выпустили на рынок несколько светоотверждаемых адгезивов, изменяющих цвет при полимеризации. Механизм изменения цвета в адгезиве отOrmco был вызван температурой. Для того, чтобы идентифицировать остатки адгезива, оставшиеся после дебондинга брекета, необходимо было смочить холодной водой зуб.

В 1995 году Silverman B. и другие исследователи разработали методику фиксации металлических брекетов к влажной эмали без протравливания кислотой с использованием «Fuji Ortho LC» (GC, Япония), стеклоиономерного цемента двойного отверждения. Эта двухкомпонентная система состоит из порошка (фтороалюмосиликатного стекла) и жидкости (полиакриловая кислота, вода, гидроксиэтилметакрилат и активатор света камфорохинона). Эмаль пациента очищают, промывают и сушат. Порошок и жидкость смешивают вместе и наносят на металлическое основание брекета, затем брекеты фиксируют на эмаль. Паста под основанием брекета отверждается светом в течение 20 секунд с помощью

полимеризационной лампы, через 5 минут после полимеризации врач может устанавливать активную дугу [144].

В 1996 году компания 3М Unitek представила систему металлических брекетов с предварительно нанесенным на основание брекета светоотверждаемым адгезивом. Ортодонт протравливал эмаль зуба, обрабатывал праймером и устанавливал брекеты. Преимуществом данной системы стало отсутствие необходимости предварительного нанесения материала на основание брекета [49].

В 1998 году было представлено несколько гидрофильных праймеров, таких как «Ortho Solo» (Ormco, США), «Assure» (Reliance Orthodontic Products, США) и «Transbond MIP» (3М Unitek, США). Эти праймеры хорошо фиксируются как к влажной, так и к сухой эмали. За счет содержания бифенил диметакрилата в праймере «Assure» фиксация брекета возможна к зубам с флюорозом, гипоплазией, атипичной поверхностью эмали, а также к различным поверхностям (золоту, амальгаме, цирконию, керамике, нержавеющей стали и композиту) без использования специальных металлических, керамических или пластиковых праймеров.

В начале 1990-х гг. микротравление (пескоструйная обработка) стало механической подготовкой к фиксации несъемных ортодонтических аппаратов в области зубов с реставрациями [175]. Оксид алюминия, абразивный порошок для внутриротового микротравления, создавал тонкую шероховатость и значительно повышал механическую ретенцию к искусственным поверхностям. Такая механическая подготовка перед фиксацией брекетов показала увеличение адгезии почти на 100%. После микротравления поверхность керамической коронки была химически протравлена 8%-й плавиковой кислотой, чтобы еще больше увеличить прочность адгезии.

В 2000 году самопротравливающие праймеры «Transbond Plus» (3М Unitek, США) и «SEP» (Reliance Orthodontic Product, США) стали эффективными в кондиционировании эмали при ортодонтическом лечении. Эти праймеры представляют собой двухжидкостные системы из воды и метакрилового эфира фосфорной либо азотной кислоты. Преимуществом самопротравливающих

праймеров является отсутствие этапов промывки и сушки после их нанесения, которые необходимы при традиционном протравливании фосфорной кислотой. Самопротравливающие праймеры гидрофильны, что означает, что их можно наносить на слегка влажную поверхность. Однако, как и любая процедура фиксации, существует чувствительность техники нанесения праймера, которая определяет успех или неудачу. Эмаль сначала очищают с помощью профилактических средств с пемзой, а затем промывают и сушат. Две жидкости должны быть тщательно перемешаны. Далее эмаль покрывается активным раствором, который втирают 5 секунд. Самопротравливающий праймер работает аналогично фосфорной кислоте – кальций высвобождается из гидроксиапатита. Разница заключается в том, что промывание после нанесения самопротравливающего праймера не производится, высвобожденный кальций не удаляется, а образует связь с фосфатной группой при полимеризации. Самопротравливающий праймер проникает на всю глубину протравливания и, благодаря этому процессу, достигает своей адгезивной прочности с эмалью [48].

Исследования нового органически модифицированного керамического реставрационного материала ормокера «Admira» в качестве адгезива для фиксации брекет-системы показало его высокую биосовместимость и износостойкость [38].

Уход от использования бандажных колец и фиксация брекетов непосредственно к эмали означали, что меньшая поверхность эмали будет защищена во время лечения и потребуются более ответственное отношение пациента к гигиене полости рта. К сожалению, дисциплинированное сотрудничество пациентов встречается не всегда. В результате 23% всех ортодонтических пациентов имеют декальцинацию эмали по завершении лечения [89]. Фирмы-изготовители ортодонтических адгезивов стали предлагать решения для снижения степени декальцинации во время лечения. В 2003 году на рынке был представлен «Pro Seal» (Reliance Orthodontics, США) как светоотверждаемый, фторсодержащий наполненный герметик, который остается неповрежденным на открытой эмали в течение 2-3-х лет при регулярной чистке зубов. Этот герметик

был более долговечным и эффективнее своих предшественников за счет модификации катализатора триметилбензоилдифенилфосфиноксида (ТПО), при котором смола полностью подвергалась отверждению. Полное отверждение смолы устраняло дисперсионный слой и возникающую при этом пористость. Кислоты, бактерии из ротовой жидкости не могли проникнуть внутрь структуры герметика без пористости и повредить его.

В 2010 году «Select Defense» (ClassOne Orthodontics, Калифорния) был представлен как селенсодержащий герметик для эмали. Tran P. и другие исследователи сообщили, что селенорганические соединения ковалентно прикрепляются к различным биоматериалам, ингибируя таким образом бактериальные биопленки.

В 2013 году компанией 3M была предложена технология Flash-Free для защиты зубной эмали в процессе ортодонтического лечения, которая заключается в том, что новый прозрачный клей в момент прикрепления брекета растекается, идеально прилегая к поверхности зуба. У врача-ортодонта нет необходимости удалять излишки материала по контуру, когда брекеты фиксируются на зубах. Брекеты, зафиксированные с помощью данной технологии, прилегают к поверхности зубов без щелей и полостей, создавая по периметру ободок «брони», предотвращающий попадание остатков пищи и слюны. Технология Flash-Free доступна на брекетах 3M Clarity Advanced, Clarity SL и Smart Clip [82].

В 2014 году были представлены универсальные гидрофильные праймеры, содержащие бифенил диметакрилат. Такие праймеры позволили врачу-ортодонту осуществлять фиксацию брекета к золотым, керамическим и стальным коронкам, реставрациям из композита и амальгамы без дополнительного использования специальных праймеров для керамики, металла или пластмассы.

С развитием нанобиотехнологий в период с 2017 по 2022 годы были разработаны многочисленные новые противомикробные наноматериалы для применения в стоматологии. В ряде исследований предприняты попытки оценить антимикробные и механические свойства ортодонтических адгезивов, содержащих различные наночастицы [129].



Так, добавление наночастиц оксида двухвалентной меди в композит «Transbond XT» в концентрациях 0,01; 0,50 и 1,00% показало значительный антимикробный эффект по сравнению с контрольной группой. С увеличением концентрации наночастиц антимикробный эффект имел тенденцию к росту. На прочность на сдвиг добавление наночастиц не повлияло по сравнению с контрольной группой [155].

Исследования по включению в адгезив наночастиц серебра также показало хороший антибактериальный эффект и не повлияло на прочность на сдвиг по сравнению с контрольной группой [39].

Эксперименты в лаборатории по добавлению наночастиц диоксида циркония и титана в ортодонтический адгезив увеличили прочность на сжатие, растяжение и сдвиг [80].

Произошло улучшение механических свойств адгезива «Heliosit» при включении в его состав наночастиц гидроксиапатита кальция в концентрации 2% [92].

Летопись событий в области материаловедения и новых технологий для ортодонтии за период 1955–2022 годы представлена в Приложении А [25–27].

#### **1.4 Классификация адгезивных систем в ортодонтии**

Адгезивные системы в ортодонтии классифицируются по следующим критериям [124].

По способу полимеризации адгезивной системы:

- химической полимеризации (самоотверждаемые);
- световой полимеризации (фотополимеризуемые, светоотверждаемые);
- гибридные;
- термоотверждаемые.

По принципу действия:

- самопротравливающие системы;
- системы с тотальным протравливанием тканей зуба.

По содержанию фтора:

- фторсодержащие;
- не содержащие фтор.

По отношению к присутствию влаги во время полимеризации:

- влагостойкие;
- влагоактивные.

Классификация по способу полимеризации адгезивной системы и по присутствию влаги во время полимеризации представлена в таблице 1.

Таблица 1 Классификация адгезивов в ортодонтии

Адгезив	Инициация полимеризации	Рабочие характеристики	Свойства	Дополнение
<b>Химической полимеризации, двухфазные</b>	Смешивание компонентов жидкости и пасты	Трудоемкий, времязатратный	Увеличенное время контактов компонентов с воздухом вызывает ингибирование кислорода. В процессе смешивания образуются пустоты из-за захвата кислорода, что снижает прочность, увеличивает микроподтекание	Появился первым на рынке. Представитель: «Concise» (3M Unitek, США)
<b>Химической полимеризации, однофазные</b>	Применение жидкостного компонента на эмаль зуба и основание брекета. Смешивание не требуется	Эффективное применение, требуется ограниченное время	Ограниченные данные о степени отверждения и прочности связи. Неоднородная картина полимеризации из-за «сэндвич» – метода, заключающегося в диффузии жидкого компонента в пасту во время нанесения. Стороны адгезива на эмали и брежете более полимеризованы по сравнению со средними зонами	Разработка этих материалов пришла на смену двухфазным системам. Не рекомендуется в случаях, где толщина адгезива увеличена, например, при фиксации щечных трубок моляров. Представители: «System 1» (Ormco, США); «Rely-a-bond» (Reliance Orthodontics, США); «Unite» (3M Unitek, США)

Продолжение таблицы 1

<b>Светоотверждаемые</b>	Воздействие источника света	Увеличено рабочее время для возможности выбора оптимального расположения брекета. Идеальны для процесса обучения. Трудоемкий процесс отверждения	Высокие прочностные свойства, гидрофобны, оптимальная вязкость	Доступны с 1980-х годов. Более вязкостратанги, чем однофазные системы химического отверждения. Большинство производителей на рынке предлагают фотоотверждаемые адгезивы: «Enlight» (Ormco, США), «GrenGloo» (Ormco, США), «Bugloo» (Ormco, США), «Компофикс-орто» (Владмива, Россия), «High-Q-Bond Bracket Adhesive» (BJM Lab, Израиль)
<b>Гибридные</b>	Инициация происходит посредством воздействия света. Реакция протекает по типу химического отверждения	Сочетает в себе недостатки рабочих характеристик как светоотверждаемых, так и химически отверждаемых материалов. Самые трудоемкие	Прочность адгезивной связи ниже, чем у светоотверждаемых адгезивов. Гидрофильны. Высвобождение, восполнение ионов фтора. Химическая адгезия к эмали и основанию брекета	Введен в профессию из ортопедической стоматологии. Идеальный материал для фиксации щечных трубок на моляры и частично прорезавшиеся зубы. Представитель: «Fuji Ortho LC» (GC, Япония), «Ortho Glass LC» (DFL, Бразилия)

## Продолжение таблицы 1

<b>Термоотверждаемые</b>	Инициация происходит при воздействии тепла	Не предназначен для прямой фиксации	Превосходные свойства	Инициатор полимеризации ограничивает их использование для прямого бондинга. Представитель: «Therma-Cure» (Reliance Orthodontics, США)
<b>Влагоактивные</b>	Цианоакрилаты. Отсутствие жидкости в составе. Состоит только из пасты. Полимеризация инициируется воздействием воды	Одноэтапная процедура. Поверхность эмали должна быть намеренно влажной	Некоторые исследования показали приемлемую прочность связи	Представитель: «SmartBond» (Gestenco, Швеция)
<b>Влагостойкие</b>	Праймер, совместимый с использованием адгезивов	Нанесение праймера на влажную поверхность эмали	Обеспечивает приемлемую прочность адгезивной связи в случае загрязнения поверхности эмали влагой	Подходит для фиксации брекетов в областях, где существует высокий риск контаминации поверхности эмали. Представители: «Компофикс-орто» (Владмива, Россия), «Ortho Solo Universal Bond Enhancer» (Ormco, США), «Transbond MIP» (3M Unitek, США), «Assure» (Reliance Orthodontics, США)

### Адгезивы химической полимеризации

Данные адгезивные системы использовались с момента появления бондинга в современной истории ортодонтии, с 1970-х годов [169].

Адгезивы химической полимеризации бывают двух- и однофазные. В качестве инициатора полимеризации выступает пероксид бензоила, который активируется третичным амином (диметил-п-толуидин, дигидроксиэтил-п-толуидин). Инициирование происходит в результате смешивания двух компонентов адгезивной системы, в результате чего образуются свободные радикалы, которые и обеспечивают полимеризацию.

Двухфазные адгезивные системы – это разновидность адгезивных систем, которые требуют смешивания пасты и жидкого компонента. Это трудоемкая манипуляция, которая может привести к появлению поверхностной пористости и воздушных пустот из-за захвата пузырьков воздуха (Рисунок 1). В связи с этими недостатками двухфазные адгезивные системы постепенно были исключены из ортодонтической практики.

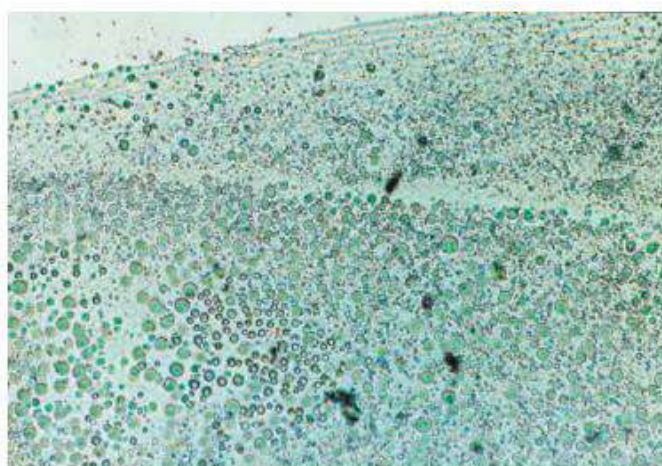


Рисунок 1 Пористость двухфазной химически отверждаемой ортодонтической смолы (исходное увеличение x150) [76]

## Однофазные адгезивные системы

Однофазные адгезивные системы – это разновидность адгезивных систем, которые не требуют смешивания двух компонентов. Они были разработаны для устранения основного недостатка двухфазных систем, такого как образование пузырьков воздуха и пористости. В однофазных системах катализатор диффундирует от поверхности эмали зуба к брекету, что приводит к образованию гибридного слоя. Толщина слоя адгезива варьируется от 120 до 230 мкм и зависит от нескольких факторов, включая морфологию эмали зуба, конструкцию основания брекета и вязкость адгезива.

## Светоотверждаемые адгезивные системы

В данных мономерных системах для инициирования полимеризации используется источник света. Степень полимеризации зависит от нескольких факторов: времени воздействия; концентрации фотоинициатора; интенсивности света, излучаемого фотополимеризационной лампой, а также объемной доли наполнителя [123].

Спектральное распределение источника света существенно влияет на полимеризацию материала [34].

Интенсивность света на максимальной длине волны поглощения фотоинициатора ( $\lambda$ ), а также продолжительность светового воздействия оказывают большое влияние на степень полимеризации адгезива. Рассеивание света на поверхности наполненного композита может снизить интенсивность падающего света, достигающего объемного материала, что приводит к значительному снижению степени полимеризации в толщине образца. Размер наполнителя является решающим фактором для степени рассеивания, а оптимальный размер частиц составляет  $\sqrt{\lambda/2}$ .

Частота светоизлучения фотополимеризационной лампы также имеет значение. В стоматологических лампах длина волны источника света варьирует от 400 до 500 нм. В условиях стационарной или импульсной полимеризации с высокой частотой вспышек источника света концентрация свободных радикалов пропорциональна корню квадратному из интенсивности света в диапазоне максимальной длины волны поглощения. При более низких частотах излучения источника света концентрация свободных радикалов уменьшается в ( $\sqrt{2}$ ) раз [64].

В клинических условиях фотоотверждаемые композиты обеспечивают превосходные механические свойства и лучшую периферическую герметизацию брекетов по сравнению с химически отверждаемыми системами. Это связано с тем, что увеличение времени полимеризации и интенсивности света приводит к повышению прочности композита, а также с тем, что быстрая реакция отверждения относительно тонких слоев адгезивов значительно сокращает время, необходимое для диффузии кислорода в объем композита и дезактивации свободных радикалов [45, 166].

Светоотверждаемые адгезивы обладают превосходными характеристиками поверхностного отверждения, поскольку адгезивный слой имеет очень высокое соотношение поверхности к объему. Это означает, что на единицу объема адгезива приходится больше поверхности, которая может быть отверждена светом [42].

### **Гибридные адгезивные материалы**

Данная группа материалов сочетает в себе преимущества быстрой инициации фотополимеризации адгезива и высокой скорости конверсии химически отверждаемых смол в объемный материал [150]. В этих системах активация полимеризации происходит путем воздействия на поверхность материала источника видимого света, а полимеризация в толще материала происходит в результате процесса химического отверждения, а также инициирования катализатором концевых метакрилатных групп поликарбоновых кислот. Помимо



химического связывания с поверхностью эмали, мономеры композитной смолы проникают в неровности эмалевой поверхности, создавая микромеханическое соединение после полимеризации. Активируемая светом полимеризация протекает значительно быстрее, чем реакция кислотно-основного сшивания макромолекул поликислот ионами металлов, что приводит к улучшению ранних физических свойств, особенно устойчивости к разрушению. Фотоотверждение позволяет врачу-ортодонту использовать столько времени, сколько требуется для прецизионного позиционирования брекета [79]. Устойчивое высвобождение и восполнение ионов фтора, ингибирование кариеса, а также возможность осуществления бондинга в присутствии влаги аналогично классическим стеклоиономерным цементам [33].

На рынке ортодонтии гибридный адгезивный материал для фиксации брекетов представлен как «Fuji Ortho LC» [165].

Гибридный адгезив «Fuji Ortho LC» состоит из порошка (алюмофторсиликатное стекло, пигменты, система катализатора) и жидкости (сополимеры акриловой и малеиновой кислот, гидроксиэтил метакрилат, вода, камфорохинон, толуолсульфат натрия).

При фиксации брекетов с помощью «Fuji Ortho LC» отсутствует необходимость в протравливании/высушивании поверхности эмали зуба. Смешивание «Fuji Ortho LC» производится в соотношении три четверти мерной ложки порошка и две капли жидкости. Базовая порция материала наносится на основание брекета без образования пустот. После позиционирования брекета с поверхности эмали удаляются излишки материала по периферии брекета. Засвечивание материала осуществляется стоматологической фотополимеризационной лампой на протяжении 30–60 секунд.

В ортодонтической литературе сообщалось о широких вариациях прочности адгезивной связи на сдвиг гибридных материалов – от 5,4 до 18,9 МПа.

Исследование Fricker J. (1998), сравнивающее прочность адгезивной связи на сдвиг между гибридным и композитным материалом, показало, что частота

дебондинга брекетов составила 5% для гибридного и 8,3% для композитного адгезива [85].

В рандомизированном контролируемом клиническом исследовании, проведенном Gorton J., Featherstone D. (2003), качественный тест на микротвердость зубов показал, что эмаль зуба, на которую брекеты были зафиксированы с помощью гибридного адгезива «Fuji Ortho LC», имеет значительно меньшую потерю минералов по сравнению с эмалью зубов, на которую брекеты были зафиксированы с помощью светоотверждаемого композитного адгезива «Transbond XT» [89].

Гибридные адгезивы являются предпочтительными материалами для фиксации ортодонтических деталей в ситуациях крайней влажности, например, в области вторых моляров.

Koyal S., Valiathan A. (2003) сравнивали частоту нарушения адгезивной связи в клинике между «Fuji Ortho LC» и «Transbond XT», используя технику сегментирования полости рта, в течение 6 месяцев. Исследование показало, что «Transbond XT» и «Fuji Ortho LC» имеют сопоставимую частоту нарушения адгезивной связи. В исследовании не было зарегистрировано существенных различий в индексе зубного налета, а также в состоянии пародонта в обеих группах. Авторы пришли к выводу, что «Fuji Ortho LC» является альтернативным материалом композитному адгезиву для фиксации брекет-системы в ортодонтии [107].

Pithon M. и соавторы (2006) оценили прочность адгезивной связи на сдвиг металлических брекетов с помощью гибридных адгезивов «Fuji Ortho LC» и «Ortho Glass LC». Исследователи осуществляли фиксацию брекетов к эмали без ее протравливания, с протравливанием эмали 37%-м гелем фосфорной кислоты, а также предварительно обрабатывая эмаль самопротравливающим праймером «Transbond Plus». Авторы пришли к выводу, что «Fuji Ortho LC» обеспечивает более высокие показатели прочности адгезивной связи на сдвиг, чем «Ortho Glass LC» независимо от обработки эмали [128].

Hegarty D. и Macfarlane T. (2002) в рандомизированном клиническом исследовании определили частоту нарушения адгезивной связи между брекетами, зафиксированными с помощью гибридного адгезива и композитного адгезива, и сравнили их клиническую эффективность в течение 12 месяцев у 61 пациента. Частота дебондинга брекетов составила 10% для гибридного адгезива и 4% для композитного адгезива. По сравнению с композитным адгезивом гибридный адгезив продемонстрировал отсутствие потери поверхности эмали при дебондинге, меньшую степень деминерализации эмали и легкое удаление остатков адгезива с эмалевой поверхности. Однако у гибридного адгезива частота дебондинга брекетов была в 2,6 раза выше, чем у композитного адгезива [93].

Ali H. и Marali S. (2012) пришли к выводу, что «Fuji Ortho LC» можно использовать в качестве ортодонтического адгезива при условии протравливания эмали. Композитные адгезивы превосходят гибридные по прочности адгезивной связи на сдвиг. Преимуществами гибридных адгезивов является высвобождение фторидов, адгезия как к эмали, так и к металлическому основанию брекета. Наличие данных качеств гибридных адгезивов обуславливает их применение в клинической практике врача-ортодонта [41].

### **Влагостойкие адгезивные системы**

Фиксация брекетов к протравленной эмали с помощью композитных адгезивов чувствительна к технике. Смачивание эмали влагой – наиболее распространенная причина нарушения адгезивной связи [86]. При увлажнении протравленной эмали большая часть пор на поверхности эмали закупоривается и проникновение композитной смолы ухудшается. Normati A. и соавторы в своем исследовании выявили, что прочность адгезивной связи на сдвиг снижается на 50% в присутствии влаги [96]. Высыхания слюны недостаточно для увеличения прочности адгезивной связи. На сканированных электронных микрофотографиях исследователи продемонстрировали протравленный рисунок эмали с порами, заполненными влагой. Глубина композитных канальцев была недостаточной для

адекватной ретенции адгезивного материала. Композитные адгезивы имеют гидрофобные свойства и требуют сухой протравленной эмали для осуществления механической адгезии к поверхности эмали. Во избежание сложностей, связанных с чувствительностью данной техники, были разработаны влагостойкие праймеры. На рынке данный праймер доступен в качестве «Компофикс-орто» (Владмива, Россия), «Ortho Solo Universal Bond Enhancer» (Ormco, США), «Transbond MIP» (3M Unitek, США), «Assure» (Reliance Orthodontics, США). Производители рекомендуют использовать влагостойкий праймер на сухой или влажной эмали в сочетании с химически и фотоотверждаемым композитным адгезивом. Влагостойкий праймер идентичен по химическому составу праймеру для дентина, содержащему этанол. Соплимер полиалкеновой кислоты с метакрилатными функциональными группами является важным реактивным составляющим влагостойкого праймера [124].

Littlewood S. и соавторы (2001) провели исследование по изучению прочности адгезивной связи брекетов в экспериментальных условиях. Используя стандартную методику фиксации брекетов, прочность адгезивной связи брекетов, зафиксированных при помощи гидрофильного праймера, сравнивали с прочностью адгезивной связи брекетов, зафиксированных с использованием традиционного гидрофобного праймера. Эксперимент был проведен в условиях сухого рабочего поля. Средняя прочность адгезивной связи с гидрофильным праймером составила 6,43 МПа и была значительно ниже, чем у обычного праймера (8,71 МПа) [114].

Grandhi R. и соавторы (2001) провели экспериментальное исследование на эмали быков, чтобы оценить прочность адгезивной связи на сдвиг брекетов из нержавеющей стали, зафиксированных в сухом и влажном рабочем поле с использованием влагостойкого праймера «Transbond MIP», а также оценить эффективность «Transbond MIP» в сочетании с химически отверждаемым адгезивом «Concise» и фотоотверждаемым композитным адгезивом «Transbond XT». Результаты этого исследования показали, что «Transbond MIP» следует использовать только со светоотверждаемыми адгезивами, поскольку эта комбинация обеспечивает более высокую прочность адгезивной связи.

Исследователями было предложено использовать «Transbond MIP» в клинических ситуациях, когда контроль влажности затруднен [90].

Rajagopal R. (2004) сравнил прочность адгезивной связи с использованием трех адгезивных праймеров: традиционного «Transbond XT», влагостойкого «Transbond MIP» и самопротравливающего «Transbond plus». Прочность адгезивной связи определялась в лабораторных условиях на брекетах, зафиксированных как на сухую эмаль, так и на эмаль, загрязненную естественной слюной. Самопротравливающий праймер показал максимальную прочность адгезивной связи как в сухих, так и во влажных условиях. Традиционный праймер был сравним с влагостойким в сухих условиях, но не обеспечивал клинически адекватной прочности адгезивной связи в случае загрязнения влагой. И самопротравливающий праймер «Transbond plus», и влагостойкий праймер «Transbond MIP» показали достаточную прочность адгезивной связи, превосходящую прочность традиционного праймера «Transbond XT» в случае загрязнения влагой [130].

Valiathan A. и Ashil A. (2006) изучали эффективность влагостойкого праймера «Transbond MIP» в экспериментальных условиях во влажном и сухом поле, а также сравнивали прочность адгезивной связи брекетов, зафиксированных с помощью праймера «Transbond MIP» с традиционным «Transbond XT». Было установлено, что при наличии загрязнения слюной, брекететы, зафиксированные с помощью «Transbond MIP», имеют значительно более высокую прочность связи на сдвиг (14,53 МПа) по сравнению с брекетами, зафиксированными с помощью традиционного праймера «Transbond XT» (9,36 МПа) [108].

Madhu S. и соавторы (2014) пришли к выводу, что «Transbond MIP» продемонстрировал приемлемые средние значения прочности адгезивной связи на сухой, влажной и загрязненной кровью поверхности эмали, поэтому подходит для фиксации брекетов в условиях, где существует высокий риск контаминации поверхности эмали [75].

## Влагоактивные адгезивы

В отличие от влагостойких праймеров, они требуют присутствия влаги для правильной полимеризации [62]. Эти адгезивы выпускаются в виде пасты, имеют характерный химический цианоакрилатный состав и режим полимеризации, не требуют протравливания эмали и последующего покрытия поверхности эмали праймером.

Уникальным свойством цианоакрилатов является способность полимеризоваться при комнатной температуре без добавления катализатора в случае, когда цианоакрилатная паста спрессована в тонкую пленку между двумя склеиваемыми поверхностями. Адгезия между двумя склеиваемыми поверхностями является результатом анионной полимеризации. Незначительное субмикроскопическое количество воды или спирта инициируют реакцию полимеризации, тогда как кислые вещества делают адгезив неактивным. Адгезия возникает частично из-за механического сцепления между полимером и поверхностью, а частично из-за сильных вторичных сил связи. Изоцианатная группа цианоакрилата реагирует с водой с образованием нестабильного компонента карбаминовой кислоты. Этот нестабильный компонент далее диссоциирует на диоксид углерода и амин. Затем амин реагирует с остаточными изоцианатными группами и приводит к сшиванию адгезива через замещенные группы мочевины.

Munajed M. и соавторы (2000) оценили прочность адгезивной связи на растяжение цианоакрилатного ортодонтического адгезива и место нарушения адгезивного соединения по сравнению с композитным ортодонтическим адгезивом для фиксации металлических и керамических брекетов. Средняя прочность адгезивной связи на растяжение цианоакрилатного адгезива была значительно ниже, чем у брекетов, зафиксированных с помощью композитного адгезива. Это исследование показало, что цианоакрилатные адгезивы непригодны для использования в качестве адгезивного материала в практике врача-ортодонта [43].

Bishara S. и соавторы (2001) провели сравнительное исследование прочности адгезивной связи на сдвиг для адгезивов цианоакрилатного «SmartBond» и композитного «Transbond XT» и определили характер нарушения адгезивной связи в системе «эмаль-адгезив-брекет» в обеих группах адгезивов. В экспериментальном исследовании брекетыв фиксировались на экстрагированные зубы человека по одному из двух протоколов. В первой группе зубы были протравлены 37%-й фосфорной кислотой, после нанесения праймера брекетыв были зафиксированы с помощью «Transbond XT» и отверждены светом в течение 20 секунд. Во второй группе зубы были протравлены 35%-й фосфорной кислотой, после чего брекетыв были зафиксированы с помощью «SmartBond». Полученные результаты прочности адгезивной связи на сдвиг показали, что использование цианоакрилатного адгезива для фиксации брекетов к поверхности эмали не привело к значительному изменению прочности адгезивной связи на сдвиг (в среднем  $5,8+2,4$  МПа) по сравнению с первой группой (в среднем  $5,2+2,9$  МПа). После осуществления дебондинга сравнение показателей индекса остаточного адгезива показало, что на зубах с цианоакрилатным адгезивом осталось значительно меньше остатков адгезива по сравнению с зубами, где был использован композитный адгезив. В заключение было отмечено, что новый адгезив «SmartBond» может использоваться для фиксации брекетов, сокращая при этом общее время фиксации брекет-системы [55].

Karamouzou A. и соавторы (2002) сравнивали частоту дебондинга в клинике между брекетами, зафиксированными с помощью цианоакрилатного адгезива, и брекетами, зафиксированными с помощью композитного адгезива, на протяжении 9-ти месяцев. У цианоакрилатного адгезива была выявлена высокая частота дебондинга брекетов (22,4%) по сравнению с композитным адгезивом (5,1%). У резцов и клыков дебондинг брекетов регистрировался реже, чем у премоляров. Исследователи сделали вывод о необходимости дальнейших исследований, направленных на улучшение физико-механических свойств цианоакрилатного адгезива [101].

Sunny J., Valiathan A. (2003) провели сравнительное экспериментальное исследование прочности адгезивной связи на сдвиг брекетов, зафиксированных с помощью цианоакрилатного адгезива «SmartBond» и композитного адгезива «Right-On». Измерения прочности адгезивной связи на сдвиг проводили через один час нахождения образца в сухом рабочем поле, через 24 часа и 48 часов нахождения образца в искусственной слюне. Композитный адгезив показал более высокую прочность адгезивной связи на сдвиг, чем цианоакрилатный материал, во всех временных интервалах. «Smart Bond» достиг максимальной прочности адгезивной связи 5,07 МПа через 24 часа, которая затем снизилась через 48 часов. Авторы пришли к выводу, что «SmartBond» уступает по прочностным характеристикам традиционному композитному ортодонтическому адгезиву «Right-On» [157].

Le P. и соавторы (2003) в сравнительном клиническом исследовании определили частоту нарушения адгезивной связи и частоту возникновения декальцинации эмали для цианоакрилатного адгезива «SmartBond» и композитного адгезива «Light Bond». Всего было исследовано 327 зубов в период от 12 до 14 месяцев от начала ортодонтического лечения: брекеты на 163 экспериментальных зуба были зафиксированы с помощью цианоакрилатного адгезива, брекеты на 164 контрольных зуба были зафиксированы с помощью светоотверждаемого композитного адгезива. У цианоакрилатного адгезива была выявлена высокая частота дебондинга брекетов (55,6%) по сравнению с композитным адгезивом (11,3%). Эмаль всех резцов верхней челюсти была оценена на предмет декальцинации по ступенчатой шкале. Частота декальцинации эмали между двумя адгезивами через один год ортодонтического лечения была сходной. Частота дебондинга цианоакрилатного адгезива отмечалась в исследованиях ученых в 4 раза чаще частоты дебондинга композитного адгезива. Степень декальцинации эмали у цианоакрилатного адгезива «SmartBond» была такой же, как и у традиционного композитного «Light Bond». Авторы пришли к выводу, что цианоакрилатный адгезив «SmartBond» не является подходящим материалом для использования в качестве фиксирующего материала для брекет-системы [110].



### 1.5 Адгезивная подготовка эмали. Гибридный слой

Эмаль – твердая, резистентная к изнашиванию минерализованная ткань человеческого организма [2].

Толщина зубной эмали неодинакова: на жевательных буграх постоянных зубов она достигает 2,3–3,5 мм, на латеральных поверхностях – 1,1–1,3 мм, а на шейке зуба – всего 0,01 мм [9]. Главными структурно-функциональными единицами эмали являются эмалевые призмы (Рисунок 2), проходящие пучками через всю ее толщу радиально и несколько изогнутые в виде буквы S. Эмалевые призмы отсутствуют в области дентино-эмалевой границы, а также в наиболее наружном слое эмали [15]. Химический состав зубной эмали включает минеральные вещества (95%), органические вещества (1,2%) и воду (3,8%). Минеральные соединения представлены преимущественно гидроксиапатитом, карбонатапатитом, фторапатитом и другими. В составе органических веществ зубной эмали содержатся белки, липиды и углеводы. Вода связана с кристаллами и органическими компонентами, а также находится в свободном состоянии. Химический состав эмали, толщину слоя эмали, а также ход эмалевых призм следует принимать во внимание при осуществлении адгезивного протокола [29].



Рисунок 2 Ход эмалевых призм [153]

### 1.5.1 Техника тотального протравливания эмали

В данной технике подготовка эмали начинается с обработки поверхности эмали концентрированным раствором ортофосфорной кислоты. Растворение неорганических веществ в поверхностном слое эмали приводит к образованию микрошероховатости, включающей поры, канавки и бороздки и, как следствие, увеличению контактной области сцепления эмали с адгезивом [11, 12].

Научными исследованиями установлено, что наиболее эффективным для травления эмали является 37%-й гель ортофосфорной кислоты с рН 0,5–0,8 единиц. Концентрация протравливающего агента более 40% приводит к полному растворению поверхностного слоя эмали без образования микрошероховатости, а концентрация менее 20% недостаточна для создания микрошероховатости эмали. В обоих случаях площадь контакта и сила сцепления адгезивной системы с эмалью будут значительно меньше, что сможет сказаться на прочности связи «брекет-эмаль». Для получения микрошероховатости эмали необходимо протравить ее в течение 15–30 секунд. После смывания протравливающего агента эмаль высушивают, она должна быть матовой [18].

Гидрофобные мономеры адгезива с легкостью проникают в микропространства эмали. Последующая полимеризация адгезива приводит к формированию гибридного слоя на поверхности эмали (Рисунок 3).

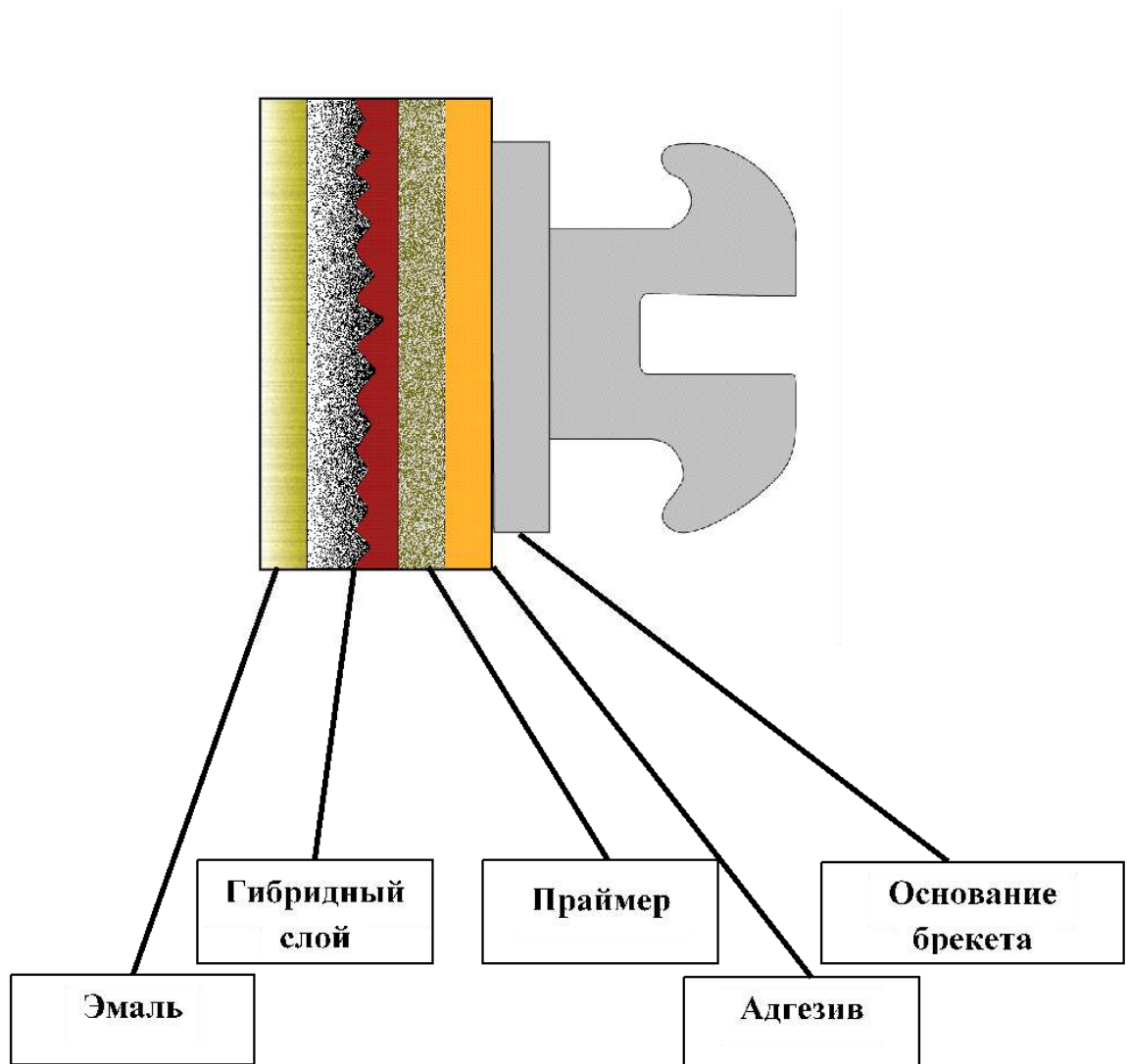


Рисунок 3 Образование гибридного слоя в эмали

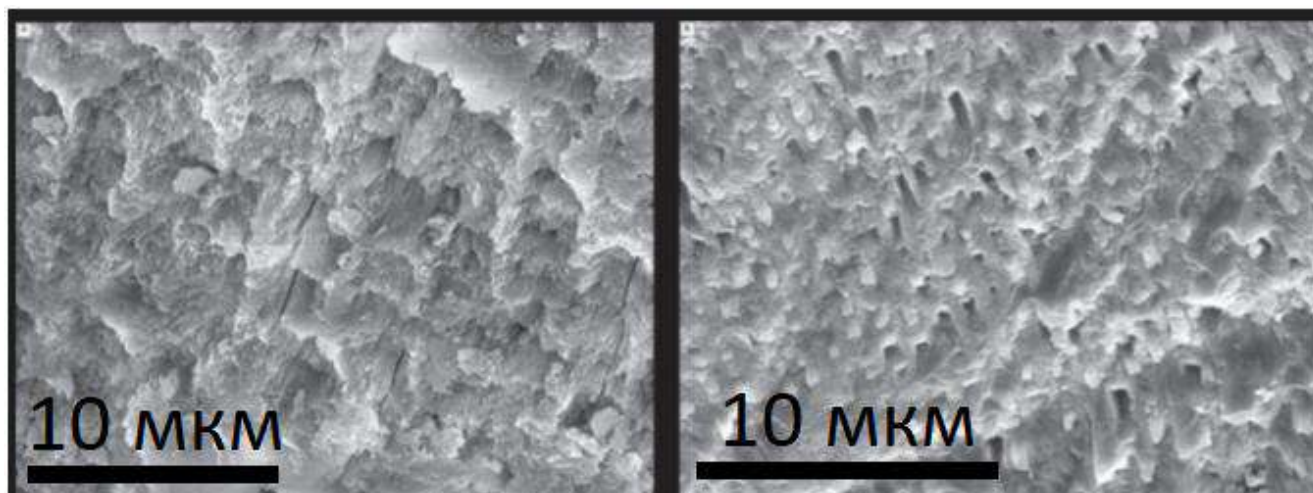
### 1.5.2 Техника самопротравливания эмали

При использовании самопротравливающего праймера деминерализация эмали происходит без этапа смывания протравливающего геля и последующего высушивания эмали. Кислотные мономеры в их составе служат для создания микрошероховатости эмали. Ключевым фактором для адгезии является значение pH протравливающего компонента, который определяет степень деминерализации поверхностного слоя эмали. Значение водородного показателя менее 1,5 единицы благоприятно для работы самопротравливающего адгезива. Необходимая

продолжительность выдержки самопротравливающих адгезивных систем 15–30 секунд [24].

В адгезивной системе реакция нейтрализации происходит между молекулами кислотного компонента праймера и ионами кальция, высвободившимися из кристаллов гидроксиапатита эмали [70].

Используя растровый электронный микроскоп (РЭМ), исследователи обнаружили, что поверхности эмали, обработанные системой тотального протравливания, имеют более четкий рисунок травления, чем поверхности эмали, обработанные самопротравливающей системой. Рисунок 4 представлен микрофотографиями поверхности эмали, полученными с помощью РЭМ в 2000-кратном увеличении, после нанесения адгезивной системы тотального протравливания и самопротравливающей системы.



а

б

Рисунок 4 Поверхность эмали после нанесения

а – адгезивной системы тотального протравливания,

б – самопротравливающей адгезивной системы [127]

Уникальной характеристикой самопротравливающих бондинговых систем в оперативной стоматологии является то, что они объединяют кондиционирующие и прайминговые агенты в одном продукте. Сочетание кондиционирования и прайминга экономит время врача и является более комфортным для пациента [120].

Помимо экономии времени, меньшее количество шагов в процессе адгезивного соединения может привести к меньшему числу процедурных ошибок, сводя к минимуму чувствительность метода.

Представители самопротравливающих праймеров: «Ex-First Step» (Reliance Orthodontics, США), «Transbond Plus» (3M Unitek, США), «Ideal 1» (GAC Orthodontic products, США), «Prompt L-Pop» (3M ESPE, Германия).

Активным ингредиентом самопротравливающих праймеров является метакрилатный эфир фосфорной либо азотной кислоты, который высвобождает кальций из гидроксиапатита. Высвобожденные ионы кальция не смываются после нанесения самопротравливающего праймера, а включаются в мономерную сетку в процессе полимеризации. Травление и проникновение праймера происходят одновременно, что приводит к идентичным глубинам протравливания и проникновения праймера [163].

Процесс травления в данной методике останавливают три механизма:

- 1 Кислотные группы, присоединенные к мономеру, нейтрализуются путем образования комплекса с кальцием из гидроксиапатита.

- 2 Поскольку растворитель вытесняется из праймера на этапе раздувания воздухом, вязкость снижается, замедляя транспорт кислотных групп к границе раздела эмали.

- 3 Поскольку праймер отверждается светом и мономеры праймера полимеризуются, транспорт кислотных групп к границе раздела прекращается.

Клиническая последовательность действий при использовании самопротравливающего праймера «Transbond Plus» [58].

- 1 Высушить поверхность зуба.

- 2 Нанести «Transbond Plus», состоящий из трёх отсеков:

Первый отсек содержит метакрилатные эфиры фосфорной кислоты, фотосенсибилизаторы и стабилизаторы.

Второй отсек содержит воду и растворимый фторид.

В третьем отсеке располагается аппликатор-микрокисть.

Сжатие и складывание ингредиентов первого отсека во второй активирует систему.

Затем смешанный компонент выбрасывается в третий отсек для смачивания кончика аппликатора.

3 Зафиксировать брекет с помощью адгезива «Transbond XT» и полимеризовать светом.

Основные ингредиенты «Transbond Plus»:

- вода;
- метакрилатные эфиры фосфорной кислоты;
- оксид фосфина;
- стабилизатор;
- фторидный комплекс;
- парабены.

Химический состав самопротравливающего праймера «Transbond Plus» подобен химическому составу фосфорной кислоты с двумя цепочками праймера, которые при отверждении образуют твердую матрицу. Жидкость начинает протравливание эмали сразу после нанесения, но превращается в праймер, когда две гидроксидные цепи преобразуются и высвобождается водород. Поскольку на эмали не остается протравливающего агента, смывать ее не нужно.

Реакционноспособные компоненты самопротравливающих праймеров образованы полимеризуемыми кислотными мономерами, содержащими кислоту с моно- или биэфирами в качестве функциональной группы. Таким образом, один из двух атомов водорода фосфорной кислоты замещается, по меньшей мере, одной метакрилатной группой.

Когда активируется самопротравливающий праймер и мономер втирается в зуб, катионы водорода высвобождаются из фосфатной группы мономера и протравливают структуру зуба. В ответ ионы гидроксида кальция высвобождаются

из кристаллов гидроксиапатита, которые реагируют с мономером, вступающим в реакцию полимеризации. Этот мономер далее реагирует с композитной смолой, применяемой для фиксации брекетов, и образует комплекс.

Благодаря собственной кислотности самопротравливающий праймер растворяет поверхность эмали и тем самым создает трехмерный микроретенционный рисунок поверхности, одновременно способствуя проникновению мономеров. Таким образом, глубина деминерализации эмали и глубина проникновения связующего вещества идентичны, поскольку оба процесса протекают параллельно друг другу. В результате светоотверждение этих взаимопроникающих мономеров и сополимеризация с покрывающим связующим веществом и композитной смолой образуют непрерывную связь с поверхностью эмали [66].

Поскольку мономеры, вызывающие травление, также отвечают за связывание, глубина проникновения полимеризуемых мономеров точно такая же, как и глубина деминерализации, в результате чего образуется полный гибридный слой.

## **1.6 Вязкость ортодонтического адгезива**

В медицинской литературе понятие вязкости трактуется как сопротивление скольжению слоев жидкости, возникающему под воздействием межмолекулярных сил взаимодействия. Чем слабее силы взаимодействия между молекулами, тем выше текучесть и ниже вязкость [16].

Для композитных ортодонтических адгезивов общая вязкость неполимеризованной пасты зависит от вязкости диметакрилата и количества наполнителя. Вязкость композита растет с повышением концентрации наполнителя. Такие параметры, как степень отверждения и манипуляционные качества, зависят от вязкости неполимеризованного композита. Кроме того, вязкость диметакрилатного компонента будет влиять на количество наполнителя, которое добавляется в композит. Существует верхний предел неполимеризованной

вязкости, поэтому диметакрилатный компонент будет влиять на количество наполнителя, который можно включить в рецептуру композита. В полимерной матрице композита Bis-GMA производит прочную и жесткую полимерную сетку, имеет высокую вязкость и при добавлении наполнителей может привести к образованию пасты, манипуляции с которой будут невозможны в условиях клинического приема. Для достижения оптимальной вязкости композита применяется мономер TEGDMA [40, 168, 173].

Вязкость композитного ортодонтического адгезива является одним из важнейших свойств, которое напрямую влияет на выраженность таких факторов, как полимеризационное напряжение, долю конверсии мономера в процессе полимеризации, твердость материала, модуль упругости. Вязкость адгезива также обуславливает манипуляционные характеристики материала во время клинического приема врача-ортодонта. Липкость материала, возможность качественной адаптации к поверхности сетчатого основания брекета, адаптация материала в момент фиксации непосредственно к эмали зуба косвенно влияет на рабочее время адгезива [170].

Ортодонтический адгезив, обладающий оптимальной вязкостью, способен предотвращать нарушение краевого прилегания в системе «эмаль-адгезив-брекет», что служит профилактикой возникновения микроподтеканий, снижая риск бактериальной инвазии, тем самым препятствуя появлению постоперативной чувствительности эмали, образованию кариеса и его осложнений [7, 50, 174].

### **1.7 Предел прочности адгезивной связи. Методы определения**

С момента появления прямой фиксации брекет-системы надежность бондинга к эмали зуба стала предметом пристального внимания исследователей. Это связано с тем, что стабильное положение брекета на поверхности эмали зуба имеет важное значение при ортодонтическом лечении, которое, как правило, длится несколько лет. Появление новых адгезивов стимулировало развитие



исследований в данной области, что привело к возросшему числу публикаций в научной литературе [141, 143].

Несмотря на то, что исследования в области прочности адгезивной связи проводятся с 1970-х годов, консенсусного мнения о ее клинических значениях до сих пор не существует. Единый протокол для экспериментального определения прочности адгезивной связи в ортодонтии не разработан.

В большинстве тематических исследований под прочностью адгезивной связи понимают физическую величину, характеризующую силу, необходимую для разрушения адгезивного соединения, которая приводит к разрушению адгезивного соединения на или около границы раздела двух поверхностей.

Все существующие исследования прочности адгезивной связи в ортодонтии можно классифицировать в зависимости:

А) от среды тестирования:

1 Лабораторные испытания – исследования, которые определяют прочность адгезивной связи путем механического воздействия с помощью испытательной машины или путем моделирования процедуры снятия брекетов. Тип разрушения адгезивной связи визуализируется с помощью микроскопа.

2 Определение частоты дебондинга брекетов в клинике. В таких исследованиях внимание обращается на тип брекета и групповую принадлежность зуба, в которой произошел дебондинг.

3 Исследования с использованием анализа методом конечных элементов позволяют моделировать распределение напряжения в системе «эмаль-адгезив-брекет».

Б) от метода приложения нагрузки:

- прочность адгезивной связи на сдвиг;
- прочность адгезивной связи на растяжение;
- прочность адгезивной связи на скручивание.

Определение адгезивной прочности связи на сдвиг популярно из-за относительной простоты эксперимента и достаточно высокой надежности моделирования процесса дебондинга, возникающего в период ортодонтического лечения. Определение адгезивной прочности на растяжение и на скручивание вызывают гораздо меньший интерес исследователей ввиду сложности воспроизведения, потому становятся менее актуальными.

В) от поверхности, к которой фиксируется брекет:

- эмаль;
- композитные реставрации;
- керамические реставрации;
- амальгамные реставрации.

Эти исследования становятся все более актуальными в связи с возрастающей необходимостью ортодонтического лечения у взрослых пациентов, необходимостью фиксации брекетов к реставрационным поверхностям.

## **Основные этапы определения прочности адгезивной связи в ортодонтии в эксперименте**

### **1 Выбор зубов**

Использование зубов различной групповой принадлежности (резцов, премоляров) в испытаниях по прочности связи адгезивных материалов приводило к невозможности корректного сопоставления результатов испытаний, проведенных в разных лабораториях. По показаниям ортодонтическое лечение может быть проведено с удалением премоляров, в таких случаях сбор зубов данной группой принадлежности для испытаний облегчается. Однако, замечено, что вариативность контура поверхности коронковой части премоляров может создать сложности при стандартизации процедуры фиксации брекетов к данным зубам [152].

Верхние и нижние резцы в основном удаляются у пациентов, имеющих заболевания пародонта. Как правило, это группа пациентов преклонного возраста. Использование зубов данной групповой принадлежности не пригодны для эксперимента. Исследования показали, что с возрастом в эмали зуба происходят изменения, которые приводят к снижению ее проницаемости. Эти изменения заключаются в том, что кристаллическая решетка эмали становится более плотной, а микропространства между кристаллами уменьшаются. В результате снижается количество воды, находящейся между кристаллами. В эмали при старении возрастает концентрация кальция, фосфора, цинка и фтора [146, 160].

Кроме того, различные факторы, такие как адсорбция неорганических или белковых частиц слюны, последствия различных терапевтических процедур и применяемых фармацевтических препаратов, могут изменять реактивность поверхностных слоев эмали, что может повлиять на прочность адгезивной связи [161].

## **2 Хранение образцов**

В испытаниях по прочности адгезивной связи изучалось влияние времени хранения образцов от 24 часов до пяти лет в различных растворах хранения: тимоле, физиологическом растворе, водном хлорамине и формалине [162].

Сочетания разных растворов и времени экспозиции в них образцов не дают возможности делать объективные выводы, а также сравнивать полученные результаты по прочности адгезивной связи в ортодонтии.

Различия в результатах прочности адгезивной связи побудили исследователей проводить испытания, определяющие влияние времени хранения образцов и среды хранения на прочность адгезивной связи в лабораторных условиях [57, 158].

При хранении образцов более 20 минут не было выявлено значительного влияния на прочность адгезивной связи [148].

В другом исследовании сообщалось, что значения прочности адгезивной связи зубов, хранившихся в формалине, были в два раза выше, чем у аналогичных образцов, хранившихся в физиологическом растворе [104].

В статье «О влиянии среды хранения на эмаль» Muhlemann H. сообщил, что образцы эмали, хранившиеся в физиологическом растворе, были более мягкими, чем соответствующие образцы, хранившиеся в воде [119].

Linden L. при исследовании структуры эмали экстрагированных зубов, соблюдая разные условия хранения, обнаружил лишь незначительные различия в цвете [113].

Silverstone L. в своем исследовании рекомендует избегать формальдегида в качестве среды хранения образцов, поскольку его сильная кислотность и последующее окисление до муравьиной кислоты могут изменить рН среды хранения [145].

Исследование прочности адгезивной связи между эмалью и стеклоиономерным цементом показало, что значения прочности связи в лабораторных условиях в два раза выше, чем в клинических условиях, при прочих равных условиях [100].

В большинстве недавних опубликованных исследований по адгезии в стоматологической практике основное внимание уделяется прочности адгезивной связи с дентином. Прочность связи между адгезивом и дентином обеспечивает долговечность стоматологических реставраций и отсутствие отдаленных негативных последствий. Результаты исследований прочности адгезивной связи дентина не могут быть экстраполированы на эмаль из-за различий в химическом составе этих тканей. Дентин, содержащий большое количество органических веществ, может быть поврежден ионной и ферментативной средой хранения. Эмаль, напротив, более устойчива к таким воздействиям из-за высокого содержания неорганических веществ [132].

Таким образом, вполне вероятно, что время и среда хранения практически не влияют на адгезивную прочность связи с эмалью.

Некоторые исследователи считают, что срок хранения образцов в течение шести месяцев может быть использован для стандартизации различных экспериментальных протоколов [132].

Зачастую при подготовке образцов зубов требуется выравнивание поверхности эмали путем шлифования [77]. Это делается для стандартизации топографии поверхности, поскольку вестибулярная поверхность эмали зубов, особенно премоляров, может иметь различный контур и выпуклость. Различный контур и выпуклость вестибулярной поверхности зубов может привести к неравномерной адаптации адгезива к поверхности зуба и стать причиной изменения толщины адгезива при фиксации брекета.

Очевидно, что данная процедура не может быть применима в клинике, так как ее основным недостатком является существенное изменение субстрата. Внешняя поверхность эмали обильнее насыщена фторидами, что отличает ее от более глубоких слоев эмали. Шлифовка эмали зубов с помощью шлифовальных камней и алмазных дисков является субъективной манипуляцией, поскольку степень шероховатости поверхности эмали определяется визуально [136]. Изменение состояния поверхности эмали зуба после проведения данной манипуляции затрудняет сравнение результатов разных лабораторных исследований.

Rueggeberg F. в своей статье обратил внимание на интересный аспект хранения образцов в спирте, формалине и других дезинфицирующих веществах [109]. Он обнаружил, что растворы для хранения образцов могут содержать патогенные микроорганизмы (*Staphylococci*, *Pseudomonas*, *Shigella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Proteus*), которые могут распространяться в виде аэрозоля и колонизировать окружающую среду лаборатории [133]. Бактериальные колонии, полученные из образцов зубов, значительно различались по видовому составу. Это привело к перекрестному загрязнению образцов при их хранении в растворе. Поскольку в экстрагированных зубах содержатся патогенные бактерии, их необходимо автоклавировать для их уничтожения.

Использование автоклавирования для подготовки зубов к испытаниям обусловило необходимость изучения влияния стерилизации на прочность адгезивной связи и структуру эмали. Было обнаружено, что автоклавирование зубов при 127°C в течение 20 минут с последующим хранением в 1%-м растворе гипохлорита натрия оказывает влияние на прочность адгезивной связи, но не изменяет структуру эмали [140].

### **3 Бондинг**

Фиксация брекета к эмали зуба включает:

- проникновение жидкого материала в протравленную эмаль и образование петель смолы после полимеризации;
- образование прочносвязанных поверхностных преципитатов, которые служат субстанцией для механической и химической связи адгезива [60];
- химическое связывание адгезива с ионами кальция гидроксиапатита эмали [147].

Процесс нанесения адгезива на основание брекета и приложения силы при фиксации брекета к эмали зуба ставит перед исследователями два вопроса: какое количество адгезива необходимо для надежной фиксации брекета и какая сила требуется для обеспечения прочной адгезии.

В одном из исследований предложено два подхода к количественному применению адгезива. Первый подход заключается в нанесении стандартного количества адгезива, второй – в использовании произвольного количества адгезива. Стандартное количество адгезива делает процесс нанесения более предсказуемым. Это позволяет оценить такие свойства исследуемого материала, как степень конверсии и выщелачивания мономера. Однако смоделировать данную ситуацию на клиническом приеме практически невозможно, поэтому предлагается стандартизировать базовое количество адгезива.

В исследованиях предлагается преодолеть недостатки существующих методов путем стандартизации нанесения базового количества адгезива на

основание брекетов. Это может быть достижимо путем проведения испытаний, в которых адгезив наносится специально обученным врачом-ортодонтом.

В большинстве испытаний сила фиксации брекетов не контролировалась, что могло привести к субъективной оценке прочности адгезивной связи. Фиксированная сила, приложенная во время фиксации брекета, может привести к стабильной адгезии, но слишком большая сила может привести к образованию тонких слоев адгезива, которые могут снизить его фиксирующие свойства [73].

Моделирование клинической среды в лабораторных исследованиях не может полностью воссоздать условия полости рта. В частности, невозможно воссоздать напряжения, возникающие из-за активированной дуги в сочетании с окклюзионными нагрузками, экстремальные колебания pH и температуры, а также наличие микрофлоры полости рта. Микробная флора может значительно изменить структуру и свойства адгезивных материалов, дуг и брекетов [125].

Matasa С., который исследовал брекеты, подвергшиеся дебондингу, обнаружил, что микробная колонизация во время ортодонтического лечения может привести к ухудшению адгезии [115].

#### **4 Испытание**

Метод приложения нагрузки и использование универсальной испытательной машины для проведения испытаний на прочность адгезивной связи были исследованы Katona Т. и его коллегами [103].

Анализ методом конечных элементов установил, что распределение напряжений внутри адгезивного слоя и возникающие напряжения в брекетах и эмали при тестировании неоднородны, что противоречит равномерному предположению о стрессе, которое преобладало в большинстве экспериментальных исследований [102]. Исследования показали, что максимальные напряжения, возникающие при нагрузке на растяжение в системе «эмаль-адгезив-брекет», могут быть в пять раз больше, чем средние значения напряжения, полученные в исследованиях, использующих другие методы нагрузки (сдвиг, скручивание). Это говорит о том, что результаты исследований,

использующих разные методы нагрузки, не могут быть напрямую сопоставимы. Традиционные исследования прочности адгезивной связи не учитывают максимальные напряжения, возникающие при нагрузке на растяжение системы «эмаль-адгезив-брекет», что является причиной существенной недооценки вероятности дебондинга брекетов.

Анализ причин дебондинга брекетов, основанный на предположении о равномерном распределении напряжений, может привести к ошибочным выводам о прочности отдельных компонентов адгезива. Это связано с тем, что локальное разрушение адгезивной связи может быть вызвано более высокими напряжениями в определенных областях.

Фох N. обнаружил, что экспериментальная тестовая конфигурация может повлиять на результаты исследований прочности адгезивной связи [83]. Это связано с тем, что приложенная сила может создавать моменты силы различной величины в зависимости от расстояния до точки приложения силы до поверхности основания брекета. Это может затруднить экстраполяцию выводов о вероятности дебондинга.

Таким образом, результаты испытаний прочности адгезивной связи в ортодонтии могут быть подвержены влиянию следующих факторов:

1 Стандартная скорость траверсы нагрузочной пластины при испытании на сдвиг составляет 0,5 мм/мин, но это не соответствует клиническим условиям [77]. В клинических условиях адгезивная связь может разорваться при гораздо более высокой скорости нагрузки. В этом случае вязкоупругие свойства адгезива, которые могут быть важны при низких скоростях, практически себя не проявляют.

2 При снятии брекета с помощью проволочной петли петля может деформироваться и вызывать трение, что может затруднить интерпретацию результатов. Katona T., Chen J. предложили использовать длинную и тонкую проволоку для того, чтобы уменьшить эти эффекты [103].

3 Конструкция брекета может привести к неравномерному распределению нагрузки, что может привести к разрушению системы «эмаль-адгезив-брекет».



Вариабельность конструкции брекетов с одинаковой прописью от разных производителей затрудняет сравнение исследований прочности адгезивной связи [102].

Усталостное разрушение является еще одним фактором, влияющим на прочность адгезивной связи. Оно происходит в адгезивном компоненте «эмаль-брекет» и включает в себя пять основных стадий [149]:

- 1 микроструктурные изменения, инициирующие зарождение необратимых повреждений;
- 2 образование микроскопических трещин;
- 3 рост дефектов с образованием макроскопических трещин;
- 4 стабильное распространение макротрещин;
- 5 структурная нестабильность, ведущая к разрыву адгезивной связи.

Скорость распространения трещин и прогрессирования нарушения адгезивной связи зависит от ряда переменных, включая условия окружающей среды, механические свойства и структурную конфигурацию адгезива. Исследования в этой области используют два основных подхода к изучению усталости [149]:

- 1 Подход, учитывающий весь срок службы, определяет диапазон циклических напряжений или деформаций, необходимых для распространения трещины в исходно нерастрескавшемся образце до разрыва адгезивной связи.

- 2 Устойчивый подход к дефектам, который предполагает, что все инженерные компоненты изначально содержат дефекты. В этом подходе усталостная долговечность определяется количеством циклов усталости или временем распространения трещины от ее первоначального размера до критического размера.

Для понимания усталости ортодонтических адгезивных систем необходимо проводить пост-мортем анализ, чтобы получить данные о сложных

взаимодействиях между компонентами системы. Недостаток таких доказательств может быть объяснен разнообразием материалов, сложным механическим поведением и микроскопическим характером усталости.

Усталостное разрушение адгезивных систем зависит от среды тестирования, молекулярной структуры полимеров, характера цикличности, условий нагрузки и типа деформации (упругая, линейная или нелинейная вязкоупругая). Поскольку подробные стадии усталости трудно обнаружить в лаборатории, локализация и описание дефектов могут быть ограничены местом окончательного разрушения.

Клинические последствия усталостного разрушения адгезивов в ортодонтии неизвестны, и в ближайшее время не ожидается разработки чувствительных методов для их исследования.

### **1.8 Систематический обзор исследований предельной прочности адгезивных систем на сдвиг в экспериментальных условиях**

Экспериментальные исследования позволяют использовать стандартизированные процедуры для тестирования конкретной системы фиксации. Однако различные условия испытаний, которые используются, затрудняют сравнение их результатов [72, 83, 98].

Одними из основных условий проведения испытаний, влияющих на прочность адгезивной связи, являются происхождение эмали (бычий, человеческий), хранение субстрата (физиологический раствор или вода) и предварительная обработка поверхности эмали (шлифование, использование очищающих средств) [95, 112, 126, 154]. Таким образом, объяснение довольно разных результатов исследований прочности адгезивной связи в эксперименте может состоять в том, что прочность связи как таковая изолированно не фиксируется. А неизвестное сочетание механических свойств и факторов, связанных с испытаниями, искажает реальную оценку величины предела прочности адгезивной связи. В настоящее время нет единого протокола определения предела прочности адгезивной связи в ортодонтии, на основании

которого можно было бы сделать общие выводы. Из-за отсутствия стандартизации растущее число публикуемых экспериментальных исследований можно оценивать только индивидуально.

В связи с этим была предпринята попытка Finnema K. обратить внимание исследователей на условия проведения испытаний, которые могут значительно повлиять на получаемые значения предельной прочности адгезивной связи.

Для детальной оценки условий проведения испытаний на прочность адгезивной связи было выбрано 121 исследование. Был подобран список из 27-ми пунктов (Таблица 2), который отражал условия, влияющие на результаты испытаний прочности адгезивной связи в эксперименте [81].

В 121-м исследовании сообщалось об использовании в экспериментах в среднем около 20 условий испытаний, минимум 12 условий [138] и максимум 26 условий [61, 173]. Условие величины приложения силы при установке брекета было освещено хуже всего, о нем сообщалось в 18-ти из 121-го исследования. Наиболее распространенные условия проведения испытаний определения прочности адгезивной связи в эксперименте были зарегистрированы в следующем порядке: тип адгезива – 98%, скорость траверсы – 97% [105], метод очищения эмали – 93% [112], тип протравливающего агента – 92% [67], время протравливания – 90% [87], время хранения образца – 90% [164], раствор для хранения зубов перед бондингом – 89% [154], тип брекета – 78% [54], общее время полимеризации – 69%, приложение силы к брекету – 69% [105], тип фотополимеризационной лампы – 62% [122], конструкция наконечника – 60% [118].

Таблица 2 Экспериментальные условия, описанные в 121-м исследовании

<b>Экспериментальное условие</b>	<b>Количество (%) исследований, в которых сообщалось об условиях эксперимента</b>
Происхождение субстрата	121 (100)
Тип зуба	121 (100)
Время хранения перед бондингом	38 (31)
Температура хранения перед бондингом	38 (31)
Раствор для хранения перед бондингом	108 (89)
Очищение образцов	113 (93)
Материал брекета	121 (100)
Тип брекета	94 (78)
Тип обработки, протравливания	111 (92)
Время протравливания	109 (90)
Тип адгезива	119 (98)
Величина силы при установке брекета	18 (15)
Тип полимеризационной лампы	75 (62)
Время фотополимеризации	84 (69)
Направление света	65 (54)
Время хранения образцов	109 (90)
Раствор для хранения образцов	103 (85)
Температура хранения образцов	97(80)
Термоциклирование	26 (22)
Испытательная машина	119 (98)
Тест на прочность сдвига	121 (100)
Скорость траверсы	117 (97)
Приложение силы к брекету	83 (69)
Дизайн индентора (наконечника)	73 (60)
Индекс остаточного адгезива (ИОА)	93 (77)
Используемое увеличение в определении ИОА	70 (58)
Адгезивная прочность в мегапаскалях (МПа)	121 (100)

Результаты мета-анализа показали, что экспериментальные условия хранения образцов, время фотополимеризации и скорость траверсы оказали значительное влияние на значения адгезивной прочности связи на сдвиг в эксперименте [111].

Способность образцов накапливать воду снизило прочность адгезивной связи на сдвиг в среднем на 10,7 МПа. На это наблюдение повлияла большая выборка образцов, для которых искусственная слюна использовалась в качестве среды для хранения [61]. В большинстве экспериментальных исследований прочности адгезивной связи для хранения образцов использовалась дистиллированная вода. В 11% исследований о среде для хранения образцов не сообщалось.

Вторым экспериментальным условием, которое значительно влияло на прочность адгезивной связи, было время фотополимеризации. Каждая дополнительная секунда фотополимеризации увеличивала прочность адгезивной связи на 0,077 МПа. Исследования в рамках этого мета-анализа показали значительные колебания времени фотополимеризации от 2 до 50 секунд. Более того, в 31% исследований не сообщалось о времени полимеризации. В большинстве исследований полимеризацию адгезива проводили в течение 40 секунд, что соответствует обычному клиническому стандарту.

Третьим экспериментальным условием, которое значительно влияло на прочность адгезивной связи, была скорость траверсы испытательной машины. Увеличение скорости траверсы на 1 мм в минуту приводило к увеличению средней прочности связи на 1,3 МПа. Противоположный эффект был продемонстрирован в двух экспериментальных исследованиях, в которых увеличение скорости траверсы с 0,5 до 5,0 мм в минуту и с 1 до 200 мм в минуту, соответственно, было связано со значительным снижением адгезивной прочности связи [53].

Предположили, что воздействие траверсы испытательной машины вызывает индукцию реакции жесткого тела и устранение вязкоупругих характеристик адгезива. В другом исследовании не наблюдалось влияния на прочность

адгезивной связи при изменении скорости траверсы испытательной машины от 0,1 до 5 мм в минуту.

Значения прочности адгезивной связи, указанные в исследованиях этого мета-анализа, варьировались от 3,5 до 27,8 МПа.

В литературе по ортодонтическим материалам существует спор о том, какая минимальная прочность адгезивной связи необходима для обеспечения успешного ортодонтического лечения. Большинство исследований ссылаются на статью Reynolds I. (1975), в которой он предложил значение 6–8 МПа, основанное на нагрузках, возникающих во время адаптации дуги в пазах брекета [131].

Это значение было принято за эталон и упоминалось в литературе более 150 раз.

Предложенное Reynolds I. значение прочности адгезивной связи (6–8 МПа) устарело и не учитывает многих факторов, влияющих на прочность адгезии в клинической практике (напряжения, развивающиеся во время жевания и связанные с ними нагрузки, циклическая усталость адгезивных материалов в полости рта, экстремальные колебания pH, температуры, микробной колонизации полости рта).

Это значение основано на данных о механике и материалах, актуальных более 30 лет назад, а также на неопределенных предположениях о нагрузках, возникающих в период ортодонтического лечения. Кроме того, адгезивы подвержены старению, что может привести к снижению прочности связи. В исследовании Reynolds I. отсутствуют данные о сопоставимости нагрузок в клинике и эксперименте.

В систематическом обзоре и мета-анализе Finnema K. дается сводка факторов, которые могут повлиять на прочность адгезивной связи в эксперименте [81]. Условия, обозначенные в таблице 2, можно считать обязательными к соблюдению по стандартизации условий исследований прочности адгезивной связи в эксперименте.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### 2.1 Дизайн и этапы исследования

Исследование включает восемь этапов, дизайн отражен на рисунке 5.

Исследование содержит две части. Первая часть исследования состояла в экспериментальном изучении относительной вязкости и предельной прочности адгезивной связи на сдвиг в лаборатории на базе Научного парка Санкт-Петербургского Государственного Университета; Центра диагностики функциональных материалов для медицины, фармакологии и наноэлектроники; Центра экстремальных состояний материалов и конструкций; Центра микроскопии и микроанализа; Института Химии Санкт-Петербургского Государственного Университета. Вторая часть исследования состояла в изучении прочности адгезивной связи в клинике, была проведена на учебно-клинической базе факультета стоматологии и медицинских технологий Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» – ООО «Омегадентал» (г. Санкт-Петербург).

С целью системного подхода к проблеме исследования на начальном этапе проведена большая работа с источниками информации по изучаемому направлению, рассмотрена проблема в историческом развитии, проведен анализ научного опыта отечественных и зарубежных ученых, изложенного в публикациях, оценено состояние проблемы прочности адгезивной связи при проведении ортодонтического лечения брекет-системой, определены нерешенные вопросы и подтверждена актуальность темы исследования.

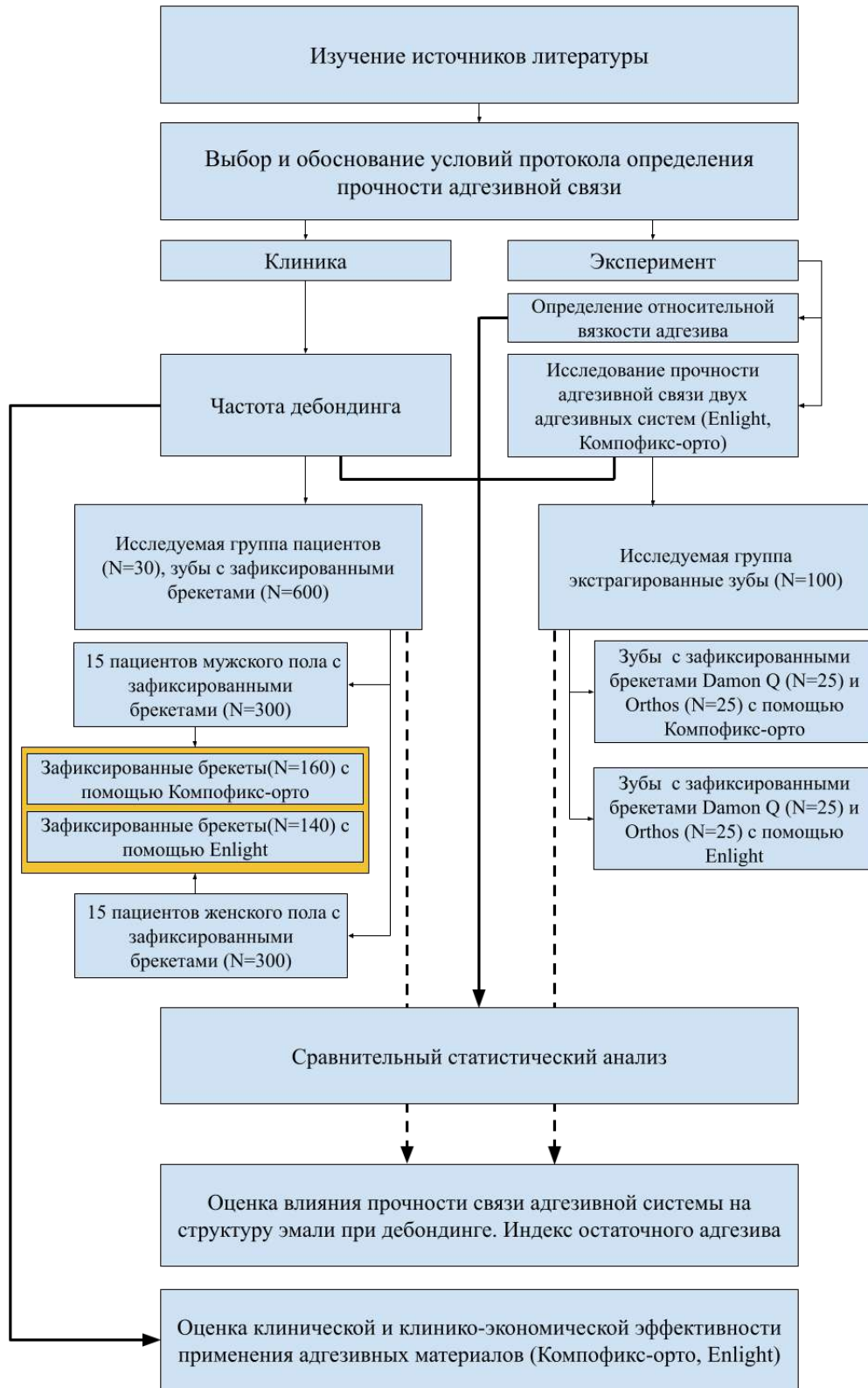


Рисунок 5 Дизайн исследования



На втором этапе исследования происходил выбор условий проведения исследований в эксперименте для определения относительной вязкости сравниваемых адгезивов и предела прочности адгезивной связи на сдвиг на основании мирового опыта проведения исследований по данной тематике, а также в соответствии с имеющимися протоколами в стоматологии. Относительная вязкость адгезивов определялась в соответствии с рекомендацией Американской стоматологической ассоциации по оценке текучести эндодонтических пломбировочных материалов. Предельная прочность адгезивной связи на сдвиг определялась с учетом требований ГОСТ Р 59423 – 2021 (ISO 29022 : 2013). Национальный стандарт Российской Федерации. Стоматология. Материалы реставрационные. Методы испытаний на сдвиг для определения прочности адгезионных соединений. М., 2021. Условия, обозначенные в рекомендациях, протоколах и нормативном документе по стандартизации были запротоколированы. При проведении лабораторного испытания по определению предельной прочности адгезивной связи на сдвиг ориентировались на 25 экспериментальных условий, отраженных в таблице 3.

Таблица 3 Перечень экспериментальных условий проведения лабораторных испытаний по предельной прочности адгезивной связи на сдвиг

<b>Экспериментальное условие</b>	<b>Обоснование</b>
Происхождение субстрата	Экстрагированные интактные зубы человека
Тип зуба	Вестибулярная поверхность третьего постоянного моляра
Время хранения перед бондингом	3 месяца
Температура хранения перед бондингом	$4 \pm 4^{\circ}\text{C}$
Раствор для хранения перед бондингом	Дистиллированная вода

## Продолжение таблицы 3

Очищение образцов	После экстракции зубы тщательно промыты под проточной водой, удалены все кровяные остатки и прилипшие ткани. Перед бондингом зубы очищены резиновой чашечкой с помощью профилактической пасты без фтора «Полидент №2»
Материал брекетов Orthos, Damon Q	Нержавеющая сталь
Тип брекета Orthos, Damon Q	Лигатурный, самолигирующий
Тип обработки, протравливания	Гель «Травекс-37» (OmegaDent, Россия)
Время протравливания	25–30 секунд
Тип адгезива	Композитный
Тип полимеризационной лампы	Светодиодная лампа (длина волны 440–480 нм, мощность светового потока 1000–1200 мВт/см <sup>2</sup> )
Время фотополимеризации адгезива «Enlight», «Компофикс-орто»	30 секунд
Направление света	Направленная полимеризация с медиальной, дистальной, окклюзионной, гингивальной сторон
Время хранения образцов	24 часа
Раствор для хранения образцов	Дистиллированная вода
Температура хранения образцов	37°C

## Продолжение таблицы 3

Термоциклирование образцов	500 циклов в воде температурой 5°C и 55°C с выдержкой при каждой температуре не менее 20 секунд и времени переноса из емкости с одной температурой в другую 5–10 секунд
Испытательная машина	Schimadzu AG-50kNXD
Скорость траверсы	0,1 мм/мин
Приложение силы к брекету	Прямоперпендикулярно, с окклюзионной стороны
Дизайн индентора (наконечника)	В виде серповидного ножа
ИОА	Определялся с помощью стереомикроскопа Leica M205 с выведением изображения на персональный компьютер и оценкой индекса остаточного адгезива на брежете и зубе в программе LAS v4.10
Используемое увеличение в определении ИОА	10-ти кратное увеличение
Предельная прочность адгезивной связи на сдвиг, МПа	<p>Определяли по формуле:</p> $\sigma_{адг} = \frac{F}{S},$ <p>где F – максимальная сила, при которой происходит разрушение образца, Н; S – площадь поверхности, по которой происходит разрушение, мм<sup>2</sup></p>

При проведении исследования в клинике особое внимание было уделено выбору групп пациентов, участвующих в исследовании; определению срока наблюдения за данными группами пациентов, а также методике нанесения базового количества адгезива одним и тем же врачом-ортодонтом.

Определение относительной вязкости осуществляли на третьем этапе. Вначале помещали порцию адгезива на предметное стекло и накрывали тремя предметными стеклами. После чего с помощью программного обеспечения FII оценивали площадь композитных дисков двух адгезивов.

Непосредственное исследование предельной прочности адгезивной связи на сдвиг происходило на четвертом этапе.

В экспериментальном исследовании 100 отобранных экстрагированных третьих постоянных моляров со здоровой эмалью без признаков кариозного и некариозного повреждения были тщательно промыты под проточной водой, с их поверхности были удалены все кровяные остатки и прилипшие ткани. Перед бондингом брекетов зубы очищались резиновой полировочной чашечкой с пастой без фтора «Полидент №2» (Владмива, Россия), затем были разделены случайным образом на четыре группы по 25 зубов в каждой группе. В группе 1 использовалась техника прямой фиксации брекета с помощью светоотверждаемого ортодонтического адгезива «Enlight» совместно со светоотверждаемым адгезивным праймером «Ortosolo». В данной группе использовался традиционный лигатурный брекет для верхнего правого второго премоляра «Orthos». В группе 2 также использовалась техника прямого бондинга с помощью светоотверждаемого ортодонтического адгезива «Enlight» совместно со светоотверждаемым адгезивным праймером «Ortosolo». Использовался самолигирующий брекет «Damon Q» для верхнего правого второго премоляра. В группе 3 использовали технику прямой фиксации с помощью светоотверждаемого ортодонтического адгезива «Компофикс-орто» совместно со светоотверждаемым адгезивным праймером «Компофикс-орто». В данной группе использовался традиционный лигатурный брекет для верхнего правого второго премоляра «Orthos». В группе 4 использовали технику прямой фиксации с помощью светоотверждаемого ортодонтического адгезива «Компофикс-орто» совместно со светоотверждаемым адгезивным праймером «Компофикс-орто». Использовался самолигирующий брекет «Damon Q» для верхнего правого второго премоляра (Таблица 4, Таблица 5).

Таблица 4 Группы отобранных зубов для экспериментального исследования

Группа зубов	Количество зубов	Конструкция брекета
<b>1 Orthosolo, Enlight</b>	25	Orthos
<b>2 Orthosolo, Enlight</b>	25	Damon Q
<b>3 Компофикс-орто</b>	25	Orthos
<b>4 Компофикс-орто</b>	25	Damon Q

Таблица 5 Используемые адгезивы и праймеры в исследовании

Материал	Производитель	Метод отверждения	Механизм адгезии	Выделение фтора	Срок годности и номер партии	Средняя рыночная стоимость, рублей
<b>Адгезив Enlight</b>	Ormco, Orange, Calif	фотоотверждение, 30 секунд	механический	нет	09.06.2025 № 9101122	6500
<b>Праймер Orthosolo</b>	Ormco, Orange, Calif	не требует фотоотверждения	–	нет	09.06.2025 № 9101122	8660
<b>Адгезив Компофикс-орто</b>	Владмива Белгород, Россия	фотоотверждение, 30 секунд	механический	да	01.09.2024 № 9633	1540
<b>Праймер Компофикс-орто</b>	Владмива Белгород, Россия	не требует фотоотверждения	–	да	01.09.2024 № 9633	1320

После фиксации брекетов экстрагированные зубы были вмонтированы в блоки из вязкого и медленно твердеющего полимера EPOCHiCure 2 (Buehler) (Рисунок 6, Рисунок 7).

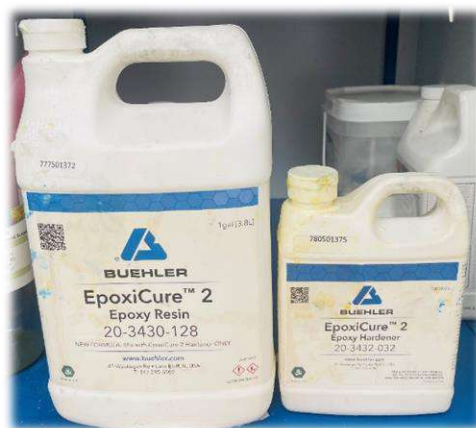


Рисунок 6 Используемый в испытании медленно твердеющий полимер для  
монтажа зубов

Монтируемый в блоке зуб помещался в воду температурой 23°C как можно раньше, чтобы пластмасса отверждалась под водой. При этом условии можно исключить абсорбцию полимера тканями зуба, а также перегрев зуба выделяющимся теплом полимеризации.



Рисунок 7 Экстрагированные зубы, помещенные в пластмассовые блоки и  
подготовленные для проведения испытания

Перед непосредственным проведением испытаний зубы были погружены в дистиллированную воду и выдержаны при температуре 37°C в течение 24 часов, далее подвергнуты термоциклированию. После извлечения образцов из воды влага

удалялась с помощью фильтровальной бумаги. Образец был выровнен с помощью захватов и металлической рамки и закреплен в зажимах испытательной машины Shimadzu для проведения испытаний предельной прочности адгезивной связи на сдвиг (Рисунок 8, Рисунок 9).



Рисунок 8 Испытательная машина Shimadzu



Рисунок 9 Экстрагированный зуб с зафиксированным брекетом помещен в акриловый блок, закрепленный в зажимах испытательной машины

Испытание проводили при температуре 24°C, относительной влажности воздуха 30%.

На пятом этапе работы, в клиническом исследовании, участвовало 30 пациентов подросткового возраста (от 14 до 18 лет), нуждающихся в ортодонтическом лечении [4]. Пациенты были разделены на две равные по количеству группы по половому признаку (15 пациентов женского пола и 15 пациентов мужского пола). Всем пациентам были зафиксированы брекеты «Damon Q» (Ormco, США) с помощью следующих ортодонтических адгезивов «Компофикс-орто» (Владмива, Россия), «Enlight» (Ormco, США) (Рисунок 10, Рисунок 11).





Рисунок 10 Праймер и адгезив «Компофикс-орто» (Владмива, Белгород), примененный в исследовании



Рисунок 11 Праймер «Orthosolo» (Ormco, США) и адгезив «Enlight» (Ormco,CA), примененный в исследовании

В группе А семи пациентам женского пола, включенным в исследование, брекеты были зафиксированы с помощью светоотверждаемого ортодонтического адгезива «Enlight» совместно со светоотверждаемым адгезивным праймером «Orthosolo», используя технику прямого бондинга. В группе Б семи пациентам мужского пола, включенным в исследование, брекеты были зафиксированы с помощью светоотверждаемого ортодонтического адгезива «Enlight» совместно со светоотверждаемым адгезивным праймером «Orthosolo», используя технику прямого бондинга. В группе В восьми пациентам женского пола, включенным в исследование, брекеты были зафиксированы с помощью светоотверждаемого ортодонтического адгезива «Компофикс-орто», совместно со светоотверждаемым адгезивным праймером «Компофикс-орто», используя технику прямого бондинга. В группе Г восьми пациентам мужского пола, включенным в исследование, брекеты были зафиксированы с помощью светоотверждаемого ортодонтического

адгезива «Компофикс-орто», совместно со светоотверждаемым адгезивным праймером «Компофикс-орто», используя технику прямого бондинга (Таблица 6).

Таблица 6 Группа пациентов, принявших участие в клиническом исследовании

<b>Исследуемая группа пациентов</b>	<b>Количество пациентов</b>	<b>Количество зубов</b>	<b>Используемый праймер и адгезив</b>	<b>Конструкция брекета</b>
<b>Группа А</b>	7	140	Orthosolo, Enlight	<b>Damon Q</b>
<b>Группа Б</b>	7	140	Orthosolo, Enlight	
<b>Группа В</b>	8	160	Компофикс-орто	
<b>Группа Г</b>	8	160	Компофикс-орто	

Восьми пациентам женского пола и восьми пациентам мужского пола брекеты «Damon Q» были зафиксированы с помощью адгезива «Компофикс-орто» (Владмива, Россия), семи пациентам женского пола и семи пациентам мужского пола брекеты «Damon Q» были зафиксированы с помощью адгезива «Enlight» (Ormco, США). Перед началом клинического исследования пациентам-участникам были разъяснены условия проводимого исследования, после чего они предоставили добровольные информированные согласия на обработку персональных данных (Приложение Б) и добровольные согласия на проведение ортодонтического лечения (Приложение В). Подбор пациентов для участия в исследовании проводился по следующим критериям: подростки возраста от 14 до 18 лет, нуждающиеся в ортодонтическом лечении с 1-й и 2-й степенью сложности ортодонтического лечения, информированное согласие пациента. Степень сложности ортодонтического лечения определялась по методике оценки степени выраженности зубочелюстно-лицевых аномалий (ЗЧЛА) Л.С. Персина [22]. В процессе исследования не принимали участия пациенты при наличии у них воспалительных заболеваний пародонта; тяжелых соматических патологий; наследственных и приобретенных пороков развития твердых тканей зубов; аномалий формы зубов; наличия реставраций на вестибулярной поверхности

зубов; окклюзионной интерференции; клинических случаев ортодонтической коррекции, в которых требуется удаление отдельных зубов для нормализации окклюзионных контактов; 3-й и 4-й степени сложности ортодонтического лечения; при отказе пациента от участия в исследовании. Для выполнения задач исследования пациенты находились под наблюдением первые 26 недель ортодонтического лечения. Брекеты на верхнюю и нижнюю челюсть были установлены в одно посещение. Все пациенты были проинформированы о правилах пищевого поведения во время прохождения ортодонтического лечения на брекет-системе, были даны инструкции по особенностям индивидуальной гигиены полости рта. Периодичность контрольных осмотров с целью активации брекет-системы «Damon Q» происходила каждые семь недель, при отклеивании брекетов пациенты записывались на прием внепланово. Анамнез, данные об отклеившихся брекетах были описаны в ортодонтической амбулаторной карте пациента (Приложение Г).

Полученные данные по прочности адгезивной связи материалов «Компофикс-орто» (Владивосток, Россия), «Enlight» (Ormco, США) в клиническом и экспериментальном исследованиях были подвергнуты статистическому анализу с использованием прикладных программ на шестом этапе работы.

После снятия брекетов каждый зуб и брекет (в экспериментальном исследовании), каждый брекет (в клиническом исследовании) был рассмотрен с помощью оптического стереомикроскопа с внешним источником света для изучения структуры эмали при дебондинге (в экспериментальном исследовании), определении индекса остаточного адгезива (в экспериментальном и клиническом исследованиях) на седьмом этапе работы.

На восьмом этапе работы проводилась оценка клинической и клинико-экономической эффективности применения адгезивов «Компофикс-орто», «Enlight» для фиксации брекет-системы.

## 2.2 Методы исследования

### **Прямой метод фиксации брекетов «Orthos», «Damon Q» с помощью адгезива «Enlight» (Ormco, США) в экспериментальных условиях**

Перед бондингом брекетов экстрагированные зубы были очищены резиновой полировочной чашечкой с пастой без фтора «Полидент № 2» (Владмива, Россия). Далее промыты и высушены воздушно-водным наконечником в течение 5–10 секунд. Для травления наносили 37%-й гель фосфорной кислоты «Травекс-37» (OmegaDent, Россия) на 20 секунд, после чего тщательно промывали в течение 20 секунд. Зубы высушивали с помощью воздушно-водяного наконечника в течение 20 секунд и осматривали, чтобы убедиться в характерной матовости эмали. Тонкий слой праймера «Orthosolo» (Ormco, США) наносился на каждый зуб с помощью аппликатора и слегка просушивался. Затем на поверхность основания брекета «Orthos», «Damon Q» наносился адгезив «Enlight», после чего брекеты с нанесенным адгезивом позиционировались на зуб по центру коронки. После центровки брекета излишки адгезива были удалены с помощью скалера, брекеты «Orthos», «Damon Q» были фотополимеризованы с мезиальной и дистальной поверхности.

### **Прямой метод фиксации брекетов «Orthos», «Damon Q» с помощью адгезива «Компофикс-орто» (Владмива, Россия) в экспериментальных условиях**

Перед бондингом брекетов экстрагированные зубы были очищены резиновой полировочной чашечкой с пастой без фтора «Полидент №2» (Владмива, Россия). Далее промыты и высушены воздушно-водным наконечником в течение 5–10 секунд. Для травления наносили 37%-й гель фосфорной кислоты «Травекс-37» (OmegaDent, Россия) на 20 секунд, после чего тщательно промывали в течение 20 секунд. Зубы высушивали с помощью воздушно-водяного наконечника в течение 20 секунд и осматривали, чтобы убедиться в характерной матовости эмали.

Тонкий слой праймера «Компофикс-орто» (Владмива, Россия) наносился на каждый зуб с помощью аппликатора и слегка просушивался. Затем на поверхность основания брекета «Orthos», «Damon Q» наносился адгезив «Компофикс-орто», после чего брекеты с нанесенным адгезивом позиционировались на зуб по центру коронки. После центровки брекета излишки адгезива были удалены с помощью скалера, брекеты «Orthos», «Damon Q» были фотополимеризованы с мезиальной и дистальной поверхности.

### **Подготовка образцов для испытаний. Метод для воссоздания среды полости рта**

Термоциклирование включало 500 циклов в воде температурой 5°C и 55°C с выдержкой при каждой температуре не менее 20 секунд и времени переноса из емкости с одной температурой в другую 5–10 секунд (Рисунок 12) [88].



Рисунок 12 Лабораторный сушильный шкаф LOIP LF-60/350-VS2, используемый в испытании для термоциклирования

### **Метод определения относительной вязкости композитов**

Для измерений характеристик относительной вязкости было выбрано два шприца адгезивов: «Enlight» (Ormco, США), номер партии 9101122, и «Компофикс-орто» (Владмива, Россия), номер партии 9633. Измерения проводились 15 раз для

каждой группы материалов. Определение относительной вязкости проводилось в соответствии с рекомендацией Американской стоматологической ассоциации по оценке текучести эндодонтических пломбировочных материалов [78].

Перед нанесением адгезива на предметное стекло была измерена масса шприца «Enlight» на весах (PIONEER OHAUS с точностью 0,1 мг) 12,342 г и «Компофикс-орто» 13,382 г (Рисунок 13).

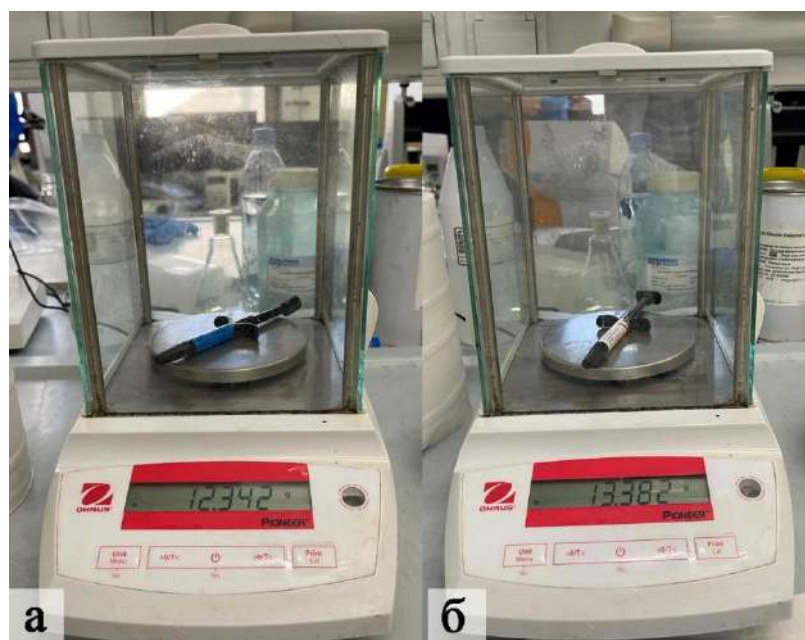


Рисунок 13 Взвешивание исходной массы шприцов адгезивов до проведения испытаний: а – адгезив «Enlight», б – адгезив «Компофикс-орто»

Затем адгезив наносился на предметное стекло для микропрепаратов «МиниМед» (26x76x1 мм), после чего сразу же покрывался тремя предметными стеклами с образованием диска неполимеризованного адгезива (масса каждого предметного стекла около 5 г). Через 30 секунд адгезив засвечивался полимеризационной лампой («GMG» LED WL-070 Dentmate) на протяжении 20 секунд. После нанесения адгезива происходило повторное взвешивание шприца. В такой последовательности производился контроль порции адгезива, наносимого на предметное стекло. Эксперимент выполнялся в следующих климатических условиях – температура составила 24°C, относительная влажность

воздуха 30%. Во избежание получения неточности в результатах исследования все испытания были проведены одним исследователем.

После фотополимеризации адгезива выполнялась фотофиксация дисков на листе с 8-ми битными маркерами. Рядом с предметным стеклом располагалась референтная линейка. Сферические aberrации были удалены в программном обеспечении Photoshop CC 2018, перспективы фотографий скорректированы относительно маркеров (Рисунок 14).

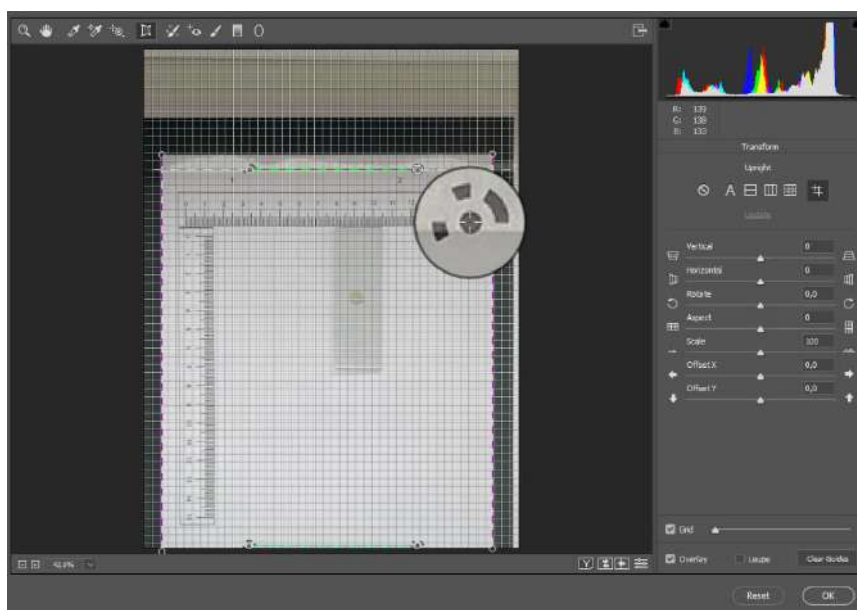


Рисунок 14 Коррекция перспективы и удаление сферических aberrаций в Photoshop CC 2018 при помощи 8-ми битных маркеров

Для обеспечения продуктивной работы был разработан алгоритм на базе программного обеспечения FII [171]. Цель алгоритма заключалась в автоматизации и упрощении процесса линейных измерений размеров дисков адгезива. В макрос были включены следующие действия: открытие файла фотографий, калибровка каждой фотографии по выбранной длине линии в 10 мм, обрезка области интереса фотографии, создание маски, подсчет площади и сохранение данных.

Для измерения площади диска адгезива фотография изображения композитного диска загружалась в программу, на референтной линейке чертилась

линия, длина которой использовалась для калибровки изображения. Затем выделялась область интересов, включающая в себя диск адгезива, и обрезалась по его периметру. Контур диска адгезива создавался вручную. Площадь диска измерялась трижды и использовалось среднее значение.

Результаты измерений сфотографированных дисков адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» автоматически записывались в один файл формата xlsx и обрабатывались в компьютерной программе Excel с целью определения статистических индикаторов (среднего арифметического значения, среднеквадратического (стандартного) отклонения, дисперсии, минимального и максимального значений). Для подтверждения статистической гипотезы об однородности адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» по их относительной вязкости применялся двухвыборочный t-критерий с проверкой нулевой гипотезы ( $H_0$ ) о равенстве средних значений генеральных совокупностей «Компофикс-орто» и «Enlight» на базе выборок значений площади сфотографированных в эксперименте дисков двух адгезивов.

### **Исследование образцов с помощью стереомикроскопа Leica M205 C**

Исследование образцов после дебондинга проводилось с помощью стереомикроскопа Leica M205 C. Выведение изображения на персональный компьютер и оценка индекса остаточного адгезива на брежете и экстрагированном зубе производились с использованием программы LAS v4.10. Стереомикроскоп Leica M205 C позволяет легко реализовать повторяемость параметров эксперимента при съемке и анализе изображений, получить фотографии с большой глубиной фокуса (Рисунок 15).



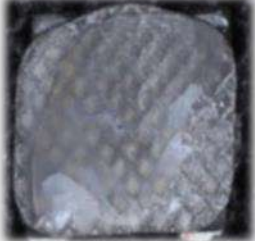
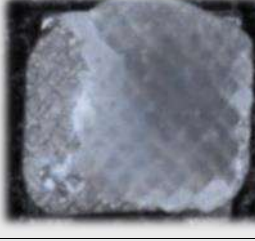

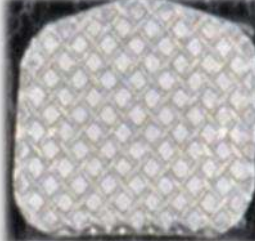


Рисунок 15 Стереомикроскоп Leica M205 C

Индекс остаточного адгезива (ИОА) использовался для оценки остатков адгезива на всех образцах (на эмали зубов и основании брекетов после их дебондинга), участвующих в эксперименте. Для определения индекса остаточного адгезива во время клинического исследования учитывались брекеты, подвергшиеся дебондингу по неизвестной причине. Отклеивание брекетов по неизвестной причине могло быть связано с прочностными свойствами используемого адгезива [135, 167, 172].

Оценивание остатков адгезива на эмали зубов и основании брекетов после их дебондинга осуществлялось в соответствии с индексной оценкой Артуна и Бергланда (Таблица 7).

Таблица 7 Индекс остаточного адгезива (Артун, Бергланд, 1984)

Индексная оценка	Значение	Изображение
0	Не осталось адгезива на зубе, весь адгезив остался на основании брекета	
1	На зубе осталось менее половины адгезива, более половины адгезива осталась на основании брекета	
2	Более половины адгезива осталось на зубе, менее половины адгезива осталась на основании брекета	
3	Весь адгезив остался на зубе с рельефом сетчатого основания брекета, не осталось адгезива на основании брекета	

### Методика оценки степени выраженности зубочелюстно-лицевых аномалий

Методика оценки степени выраженности зубочелюстно-лицевых аномалий (ЗЧЛА) была разработана профессорско-преподавательским составом кафедры ортодонтии ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России.

Персин Л.С. в 1997 году предложил балльную оценку 4-х степеней сложности ортодонтического лечения в зависимости от балльной оценки степени

выраженности признаков зубочелюстно-лицевых аномалий. В основе классификации признаков ЗЧЛА лежит критерий рассмотрения нарушений окклюзии в 3-х направлениях (сагиттальном, вертикальном и трансверзальном) с дальнейшей их дифференциацией по следующим признакам: зависимость от величины щели между зубами; аномалия смыкания зубов и участие верхнего или нижнего зубного ряда в формировании окклюзии.

В зависимости от величины щели между зубами выделяются четыре группы аномалий: первая группа – аномалии одного зубного ряда; вторая группа – величина щели между зубами до 3 мм (Рисунок 16); третья группа – величина щели между зубами 3,0–6,0 мм; четвертая группа – величина щели между зубами более 6 мм (Рисунок 17). В каждой из этих групп анализируются аномалии смыкания зубов в трех направлениях (справа, фронт, слева) и учитывается участие зубов верхнего и нижнего ряда.

Степень выраженности каждого признака ЗЧЛА с глубиной рассмотрения «направление нарушения окклюзии – величина щели между зубами – аномалии смыкания зубов – участие верхнего или нижнего зубного ряда» оценивается в 1 балл. Степень выраженности ЗЧЛА для каждого пациента определяется суммированием баллов по всем признакам, присущим индивидуально каждому пациенту, в разрезе групп, характеризующих величину щели между зубами, и максимально может быть оценена в 18 баллов.

В зависимости от оценки степени выраженности ЗЧЛА и группы аномалии, характеризующей величину щели между зубами, определяется степень сложности ортодонтического лечения от первой до четвертой.

Используя подкатегории степени сложности, можно в дальнейшем разработать, например, критерии оценки стоимости ортодонтического лечения (Таблица 8) [21].

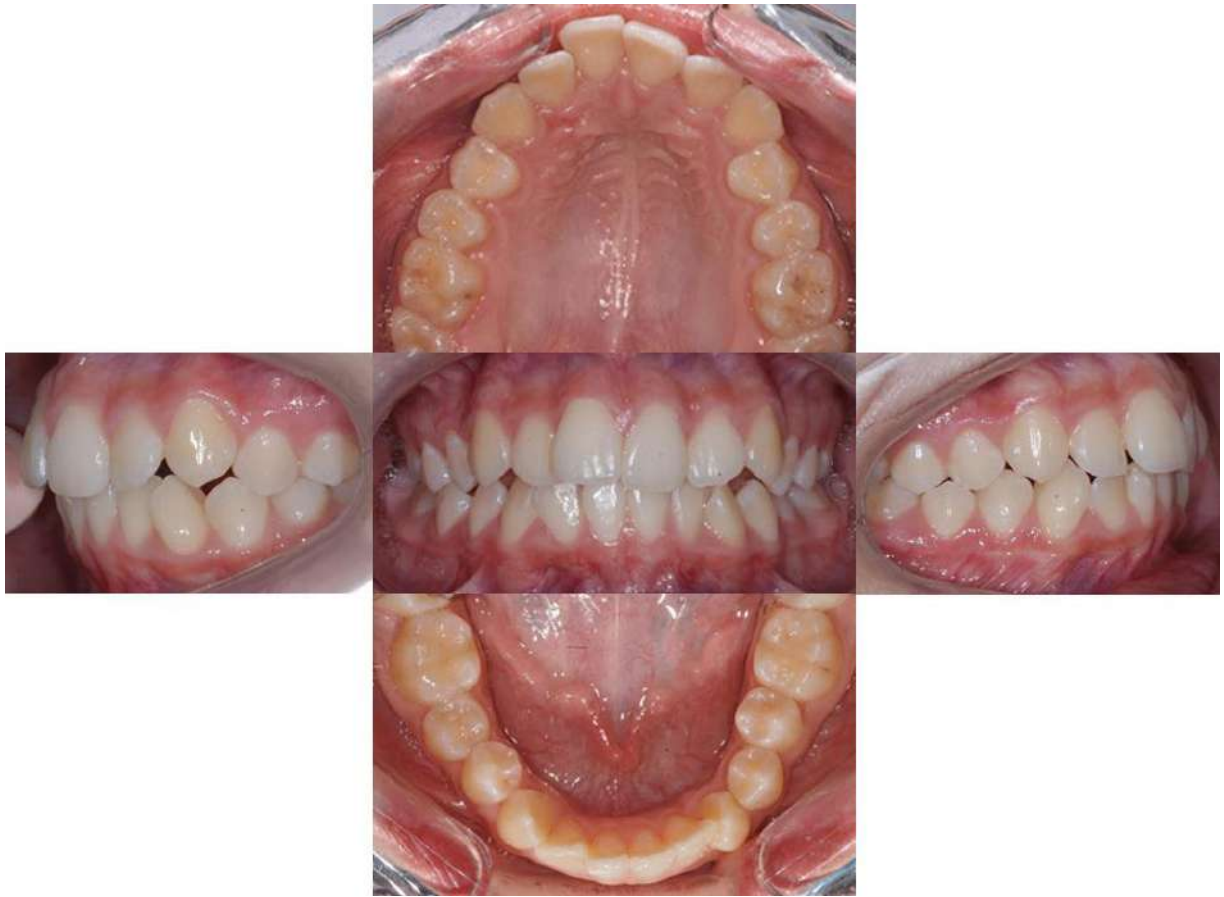


Рисунок 16 Пациент М., включенный в исследование, вторая степень выраженности ЗЧЛА, вторая степень сложности ортодонтического лечения

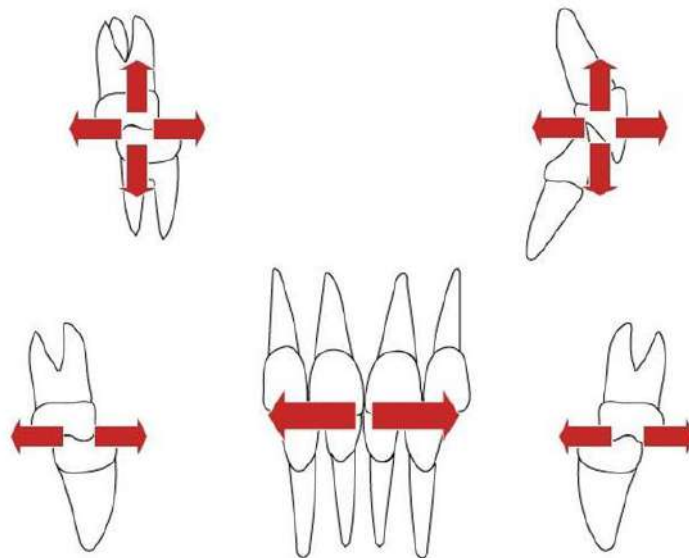


Рисунок 17 Схема определения степени выраженности ЗЧЛА

Таблица 8 Определение степени сложности ортодонтического лечения

Направление	Один зубно й ряд	До 3 мм				3–6 мм				Больше 6 мм			
		справа		слева		справа		слева		справа		слева	
		в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н
Сагиттальное	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Вертикальное	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Трансверзально	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Баллы *</b>													
<b>Категория сложности</b>	1	2				3				4			
<b>Подкатегория (баллы)</b>	– (1–3)	1 (1–6)	2 (7–11)	3 (12–18)	1 (1–6)	2 (7–11)	3 (12–18)	1 (1–6)	2 (7–11)	3 (12–18)	1 (1–6)	2 (7–11)	3 (12–18)

\* – графы в строке «Баллы» служат для заполнения при оценивании степени выраженности ЗЧЛА пациента

**Гигиенический статус пациентов, участвующих в клиническом исследовании. Упрощенный ОНI-S (J. C. Greene, J. R. Vermillion, 1964)**

Гигиенический статус пациентов оценивается с помощью упрощенного индекса гигиены полости рта (ОНI-S), который состоит из двух компонентов – индекса зубного налёта (DI) и индекса зубного камня (CI) – и вычисляется как сумма средних их значений, исходя из количества обследованных зубов [106]. В целях определения гигиенического статуса пациентов в рамках клинического исследования были обследованы поверхности шести зубов (четыре жевательных и два центральных): щечные поверхности верхних первых моляров, язычные поверхности нижних первых моляров, губные поверхности верхнего и нижнего резца при помощи зонда, который перемещался от резцового/окклюзионного края к десневому (Рисунок 18).

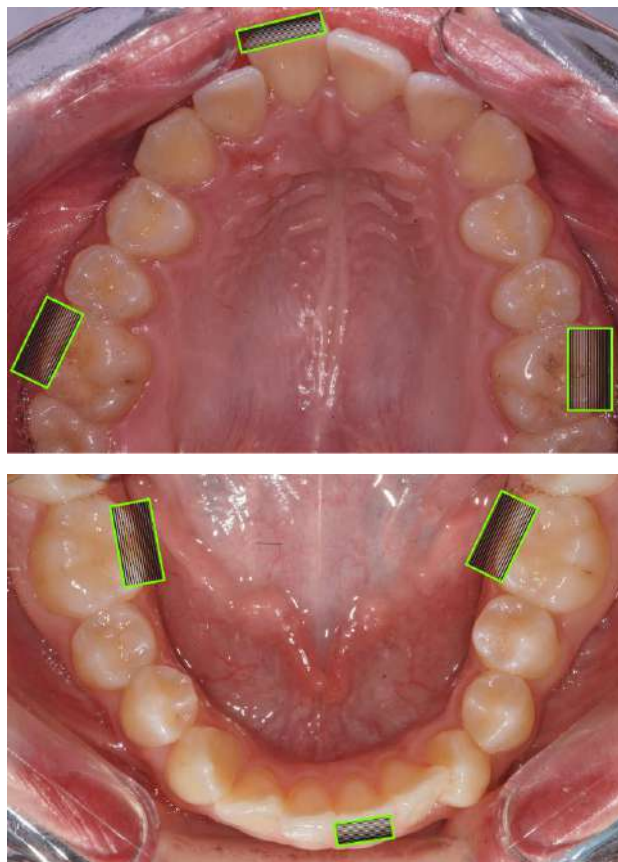


Рисунок 18 Индексные поверхности зубов для оценки ОНI-S

### Определение индекса зубного налёта (DI)

Методика определения зубного налёта проиллюстрирована на рисунке 19.

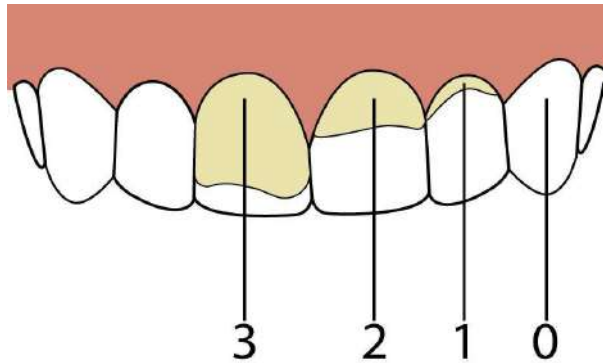


Рисунок 19 Методика определения индекса зубного налёта (DI)

Критерии оценки индекса зубного налёта:

- 0 – нет зубного налёта;
- 1 – мягкий зубной налёт, покрывающий не более одной трети исследуемой поверхности зуба;
- 2 – мягкий зубной налёт, покрывающий более одной трети, но не более двух третей поверхности зуба;
- 3 – мягкий зубной налёт, покрывающий более двух третей поверхности зуба.

### Определение индекса зубного камня (CI)

Методика определения индекса зубного камня проиллюстрирована на рисунке 20.

Критерии оценки индекса зубного камня:

- 0 – зубной камень отсутствует.
- 1 – наддесневой зубной камень, покрывающий не более одной трети обследуемой поверхности зуба.

2 – наддесневой зубной камень, покрывающий более одной трети, но не более двух третей поверхности зуба и/или наличие отдельных конгломератов поддесневого камня вокруг пришеечной части зуба.

3 – наддесневой зубной камень, покрывающий более двух третей поверхности зуба, или непрерывная толстая полоса поддесневого зубного камня вокруг пришеечной части зуба.

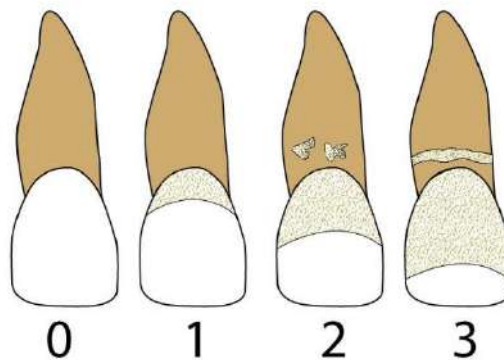


Рисунок 20 Методика определения индекса зубного камня (СІ)

Гигиенический статус пациента по упрощенному индексу гигиены полости рта (ОНИ-S) определяется на основании следующего соответствия вычисленного индекса ОНИ-S и данной ему качественной оценки [23]:

- не более 0,6 – хорошая гигиена полости рта;
- от 0,7 до 1,6 – удовлетворительная гигиена полости рта;
- от 1,7 до 2,5 – неудовлетворительная гигиена полости рта;
- от 2,6 и более – плохая гигиена полости рта.

### **Использование красителя «Колор-тест № 1» (Владмива, Россия) для выявления воспалительных заболеваний пародонта**

Характеристика десны по степени воспаления после окрашивания десны красителем «Колор-тест № 1»: а) соломенно-желтый цвет – отсутствие воспаления



тканей пародонта; б) светло-коричневый цвет – слабо выраженное воспаление тканей пародонта; в) темно-бурый цвет – выраженное воспаление тканей пародонта (Рисунок 21) [35].

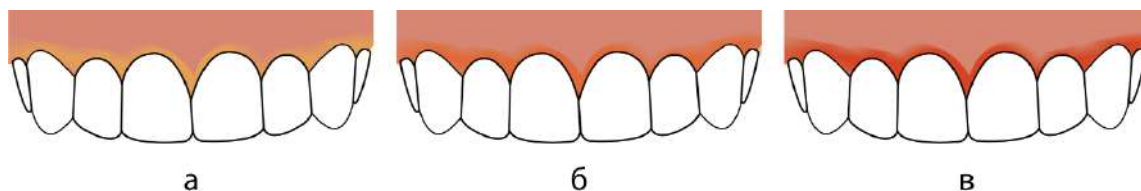


Рисунок 21 Характеристика окрашивания десны с помощью красителя

У всех пациентов, включенных в исследование, десна окрашивалась в соломенно-желтый цвет, что подтверждало отсутствие воспаления в тканях пародонта (Рисунок 22).



Рисунок 22 Отсутствие воспаления в тканях пародонта пациента С., включенного в исследование

### **Прямой метод фиксации брекет-системы с помощью адгезива «Компофикс-орто»**

Перед непосредственной фиксацией брекетов на эмаль зубов производилось очищение поверхности эмали зубов при помощи пасты «Полидент № 2» без фтора (Владмива, Россия). При помощи ретрактора со слюноотсосом «Nola Dry Field System» и абсорбирующих прокладок поверхность зубов изолировалась от слюны. С помощью шприца наносился гель для травления «Травекс-37» (OmegaDent, Россия) на ту часть вестибулярной поверхности эмали зуба, где планировалась

установка брекета. После 30 секунд гель для травления удалялся вакуумным пылесосом и тщательно смывался водно-воздушной струей из расчета 5–7 секунд на один зуб, вестибулярная поверхность эмали зуба высушивалась. Протравленные высушенные участки эмали зубов были меловидно-белого цвета. Далее эмаль покрывалась праймером «Компофикс-орто» и слегка просушивалась. Поверхность эмали зуба, обработанная праймером, имела характерный глянцевый блеск [44].

Паста-адгезив наносилась на основание брекета, брекеты устанавливались на зуб, регулировалось его положение, затем плотно прижимался к зубу, излишки пасты-адгезива удалялись при помощи скалера. Проводилась направленная полимеризация адгезива стоматологической лампой 20 секунд. Сразу после установки брекетов использовались слабые проволочные дуги.

### **Прямой метод фиксации брекет-системы с помощью адгезива «Enlight»**

Перед непосредственной фиксацией брекетов на эмаль зубов производилось очищение поверхности эмали зубов при помощи пасты «Полидент № 2» без фтора (Владмива, Россия). При помощи ретрактора со слюноотсосом «Nola Dry Field System» и абсорбирующих прокладок поверхность зубов изолировалась от слюны. С помощью шприца наносился гель для травления «Травекс-37» (OmegaDent, Россия) на ту часть вестибулярной поверхности эмали зуба, где планировалась установка брекета. После 30 секунд гель для травления удалялся вакуумным пылесосом и тщательно смывался водно-воздушной струей из расчета 5–7 секунд на один зуб, вестибулярная поверхность эмали зуба высушивалась. Протравленные высушенные участки эмали зубов были меловидно-белого цвета. Далее эмаль покрывалась праймером «OrthoSolo» и слегка просушивалась. Поверхность эмали зуба, обработанная праймером, имела характерный глянцевый блеск [44].

Паста-адгезив наносилась на основание брекета, брекеты устанавливались на зуб, регулировалось его положение, затем плотно прижимался к зубу, излишки пасты-адгезива удалялись при помощи скалера. Проводилась направленная

полимеризация адгезива стоматологической лампой 20 секунд. Сразу после установки брекетов использовались слабые проволочные дуги.

### **Методика определения частоты дебондинга брекетов**

В амбулаторной ортодонтической карте регистрировалось количество брекетов, отклеившихся по неустановленной причине в течение первых 26 недель ортодонтического лечения. Для установления связи прочностных свойств адгезива с частотой дебондинга в поле интереса исследования вошли данные о дебондинге брекетов по неизвестной причине.

Частота дебондинга брекетов по неизвестной причине определялась как отношение количества отклеившихся брекетов по неизвестной причине к общему числу зафиксированных брекетов, выраженное в процентах [37].

### **Методика расчета клинической эффективности фиксации брекет-системы с помощью ортодонтического адгезива**

Для оценки клинической эффективности применения ортодонтического адгезива для фиксации брекет-системы (КЭБ) принимается соотношение количества зубов, где в течение первых 26 недель наблюдения не возникало дебондинга брекетов (за исключением случаев, когда причиной дебондинга является невыполнение пациентом рекомендаций врача-ортодонта, например, употребление жесткой пищи), и общего количества зубов с зафиксированными брекетами, выраженное в процентах [47].

Клиническая эффективность применения ортодонтического адгезива для фиксации брекетов (КЭБ) может быть рассчитана как разность общего количества зубов с зафиксированными брекетами, выраженного как 100%, и частоты дебондинга по неизвестной причине.

## Методика расчета клинико-экономической эффективности фиксации брекет-системы с помощью ортодонтического адгезива

Клинико-экономическая эффективность фиксации брекет-системы с помощью адгезива «Компофикс-орто», «Enlight» определялась по критериям Cost-Effectiveness Ratio (CER), соотношение «стоимость-эффективность» и Incremental Cost-Effectiveness Ratio (ICER), прирост соотношения «стоимость-эффективность» [46, 94].

Критерий CER отражает стоимость адгезива для единицы зубов с зафиксированными брекетами, не подвергшимися дебондингу по неизвестной причине. Критерий CER, рублей, вычисляли по формуле (1):

$$CER = A / КЭБ, \quad (1)$$

где А – стоимость адгезивного материала для фиксации брекетов на старте лечения, рублей;

КЭБ – клиническая эффективность фиксации брекетов с использованием адгезива, выраженная в единицах зубов с зафиксированными брекетами, не подвергшимися дебондингу по неизвестной причине.

Стоимость адгезивного материала, использованного для фиксации брекетов на старте лечения, А, рублей, рассчитали как произведение стоимости адгезивного материала для фиксации одного брекета С1Б, рублей, и количества зафиксированных брекетов на старте лечения.

Среднюю стоимость упаковки используемого для фиксации брекет-системы адгезивного материала рассчитывали по данным прайс-листов компаний-продавцов данного материала. Экспериментально устанавливали требуемое количество адгезива для фиксации одного брекета. Процедура заключалась во взвешивании тюбика адгезивной пасты до и после фиксации одного брекета на экстрагированном зубе и вычислении весовой разницы тюбика. Взвешивание осуществлялось на высокоточных весах PIONEER OHAUS с точностью до 0,1 мг.

Процедуру проводили трижды, определяли среднее количество адгезива, необходимого для фиксации одного брекета.

Стоимость адгезивного материала для фиксации одного брекета С1Б, рублей, вычисляли по формуле (2):

$$С1Б = (С / К) \times В, \quad (2)$$

где С – средняя стоимость упаковки, рублей;

К – количество адгезивного материала в упаковке, г;

В – вес адгезивного материала для фиксации одного брекета, установленный в эксперименте, г.

ICER – это показатель прироста затрат на единицу клинической эффективности. Критерий ICER показывает, какие дополнительные затраты на единицу клинической эффективности необходимо понести, отдав предпочтение адгезиву с большей клинической эффективностью [6]. Критерий ICER, рублей, вычисляли по формуле (3):

$$ICER = (A2 - A1) / (КЭБ2 - КЭБ1), \quad (3)$$

где (A2 – A1) – разница в стоимости двух сравниваемых адгезивов для фиксации брекетов, рублей;

(КЭБ2 – КЭБ1) – разница в клинической эффективности фиксации брекетов с использованием сравниваемых адгезивов, выраженная в единицах зубов с зафиксированными брекетами, не подвергшимися дебондингу по неизвестной причине.

### **Статистические методы исследований**

Полученные в исследовании экспериментальные данные были подвергнуты статистическому анализу с расчетом описательных статистик (среднего значения, стандартного отклонения, коэффициента вариации, размаха вариации,

минимального и максимального значений). С использованием дисперсионного анализа (ANOVA) и теста Тьюки была проведена оценка статистической значимости различий прочности адгезивной связи между группами. Для каждого значения ИОА во всех сравниваемых группах зубов проанализирована частота его выявления и вычислена доля зубов с установленным значением ИОА. С использованием критерия хи-квадрат выполнена проверка статистической значимости различий долей в сравниваемых группах зубов. Суждение о статистической значимости результатов опиралось на стандартные уровни значимости, равные 0,05 и 0,01. Сравнение частот возникновения дебондинга по неизвестной причине было произведено с использованием Sign test для парных данных. Для проверки статистической гипотезы об однородности адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» по их относительной вязкости применялись критерии Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка, критерий Ливиня, двухвыборочный t-критерий Стьюдента. Статистические вычисления и анализ выполнены с использованием специальной прикладной программы Excel и SPSS версии 26.

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1 Определение относительной вязкости

Для проверки статистической гипотезы об однородности адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» по их относительной вязкости применялся двухвыборочный t-критерий с проверкой нулевой гипотезы ( $H_0$ ) о равенстве средних значений совокупностей «Компофикс-орто» и «Enlight» на базе выборок значений площади сфотографированных в эксперименте дисков двух адгезивов (Таблица 9).

Были определены описательные статистики выборок (среднее арифметическое значение, среднеквадратическое отклонение, дисперсия, минимальное и максимальное значение). Оба адгезива имели практически одинаковую площадь поверхности композитного диска: среднее арифметическое значение площади поверхности адгезивного диска для выборки «Компофикс-орто» составило 39,330 мм<sup>2</sup>, для выборки «Enlight» – 39,399 мм<sup>2</sup>.

Выбор t-критерия обусловлен результатами проверки распределения значений выборок на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова-Смирнова ( $p$  с поправкой Лилефорс составляет 0,165) и Шапиро-Уилка ( $p=0,172$ ), то есть выборочные данные можно считать выборкой из нормально распределенной совокупности на уровне значимости 0,05. Гипотеза о равенстве дисперсий проверена с помощью критерия Ливиня ( $F = 2,591$ ,  $p = 0,119$ ), на уровне значимости 0,05 гипотеза о равенстве дисперсий не может быть отвергнута.

По результатам расчета t-критерия гипотеза о равенстве средней площади сфотографированных дисков в двух выборках не может быть отклонена на уровне значимости 0,05 ( $t = 1,652$ ,  $p = 0,109$ ), т.е. гипотеза  $H_0$  об однородности адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» по их относительной вязкости не может быть отклонена на уровне значимости 0,05.

Таблица 9 Площадь композитного диска для определения относительной вязкости

<b>№ образца</b>	<b>Компофикс-орто, среднее значение, мм<sup>2</sup></b>	<b>Enlight, среднее значение, мм<sup>2</sup></b>
<b>1</b>	39,421	39,593
<b>2</b>	39,309	39,250
<b>3</b>	39,259	39,217
<b>4</b>	39,272	39,485
<b>5</b>	39,313	39,553
<b>6</b>	39,359	39,278
<b>7</b>	39,420	39,395
<b>8</b>	39,455	39,431
<b>9</b>	39,441	39,510
<b>10</b>	39,258	39,356
<b>11</b>	39,247	39,179
<b>12</b>	39,486	39,324
<b>13</b>	39,253	39,534
<b>14</b>	39,259	39,523
<b>15</b>	39,196	39,354
<b>Mean – среднее арифметическое значение выборки</b>	39,330	39,399
<b>SD – среднеквадратическое отклонение</b>	0,092	0,132
<b>S2– дисперсия выборки</b>	0,009	0,017
<b>Минимальное значение выборки</b>	39,196	39,179
<b>Максимальное значение выборки</b>	39,486	39,593



## **3.2 Исследования предельной прочности адгезивной связи на сдвиг в эксперименте**

### **3.2.1 Результаты анализа предельной прочности адгезивной связи на сдвиг по группам**

Полученные экспериментальные данные были подвергнуты статистическому анализу с расчетом описательных статистик (среднего значения, стандартного отклонения, коэффициента вариации, размаха вариации, минимального и максимального значений). С использованием дисперсионного анализа (ANOVA) и теста Тьюки была проведена оценка статистической значимости различий предельной прочности адгезивной связи на сдвиг между группами. Для каждого значения ИОА во всех сравниваемых группах зубов проанализирована частота его выявления и вычислена доля зубов с установленным значением ИОА. С использованием критерия хи-квадрат выполнена проверка статистической значимости различий долей в сравниваемых группах зубов. Суждение о статистической значимости результатов опиралось на стандартные уровни значимости, равные 0,05 и 0,01. Статистические вычисления выполнены с использованием специальной прикладной программы SPSS версии 26.

В таблице 10 отражены расчетные значения описательных статистик показателя предельной прочности адгезивной связи на сдвиг по группам зубов. В группе 1 среднее значение составляет 22,8 МПа ( $\pm 6,6$ ), значения варьируют от 14,4 до 30,5 МПа, в группе 2 – 21,5 МПа ( $\pm 0,6$ ), варьируют от 20,9 до 22,4 МПа, в группе 3 – 11,98 МПа ( $\pm 4,5$ ), варьируют от 8,9 до 18,3 МПа, в группе 4 – 12,2 МПа ( $\pm 0,95$ ), варьируют от 11,2 до 13,4 МПа. Наименьший коэффициент вариации наблюдается в группе 2 и составляет менее 3,0%, наибольший – в группе 3 (37,6%). Во всех группах значение коэффициента вариации не превышает 50,0%, ввиду этого проведения дополнительных испытаний не требуется.

Таблица 10 Описательные статистики показателя предельной прочности адгезивной связи на сдвиг по группам, МПа

Группа зубов	Количество зубов, n	Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %	Размах вариации	Минимум	Максимум	p*
<b>1 Enlight, Orhos</b>	25	22,79	6,58	28,85	16,07	14,41	30,48	p <sub>1-2</sub> =0,676 <b>p<sub>1-3</sub>&lt;0,001</b> <b>p<sub>1-4</sub>&lt;0,001</b>
<b>2 Enlight, Damon Q</b>	25	21,51	0,63	2,93	1,49	20,89	22,38	p <sub>2-1</sub> =0,676 <b>p<sub>2-3</sub>&lt;0,001</b> <b>p<sub>2-4</sub>&lt;0,001</b>
<b>3 Компофикс- орто, Orhos</b>	25	11,98	4,50	37,60	10,39	7,89	18,29	<b>p<sub>3-1</sub>&lt;0,001</b> <b>p<sub>3-2</sub>&lt;0,001</b> p <sub>3-4</sub> =0,998
<b>4 Компофикс- орто, Damon Q</b>	25	12,17	0,95	7,77	2,26	11,19	13,45	<b>p<sub>4-1</sub>&lt;0,001</b> <b>p<sub>4-2</sub>&lt;0,001</b> p <sub>4-3</sub> =0,998

\* – уровень значимости для дисперсионного анализа и теста Тьюки. Статистически значимые различия выделены жирным шрифтом

Согласно результатам дисперсионного анализа (Таблица 10), предельная прочность адгезивной связи на сдвиг в группе 1 и группе 2 в среднем различается статистически незначимо ( $p > 0,05$ ). Также незначимо различается средняя предельная прочность адгезивной связи на сдвиг в группах 3 и 4 ( $p > 0,05$ ). При этом группа 1 и группа 2 отличаются по средней предельной прочности адгезивной связи на сдвиг от группы 3 и группы 4 статистически значимо ( $p < 0,001$ ). Таким образом, можно сделать вывод, что в группе 3 и группе 4 среднее значение предельной прочности адгезивной связи на сдвиг статистически значимо ниже, чем в группах 1 и 2.

На рисунках 23–26 представлены кривые Вейбулла, характеризующие предел прочности адгезивной связи на сдвиг в каждой группе.

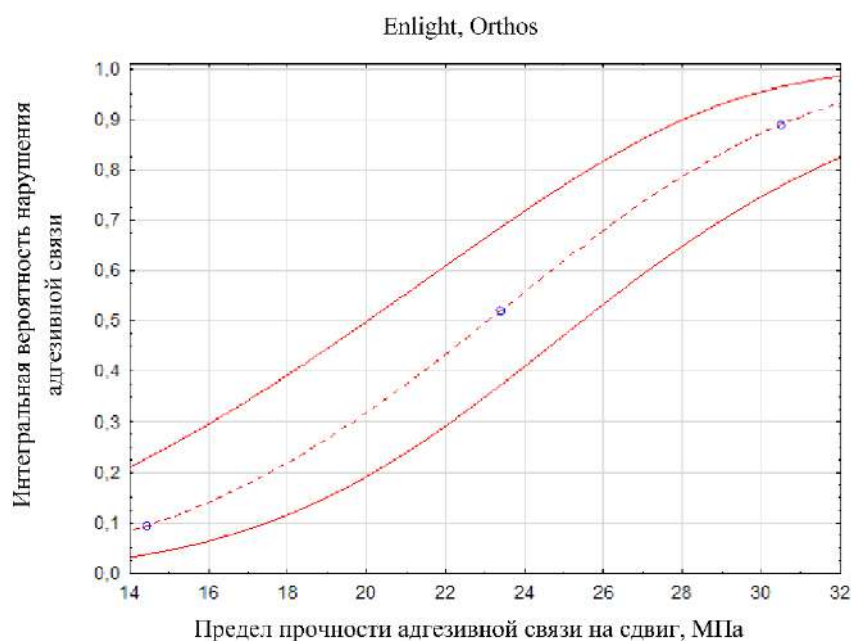


Рисунок 23 Кривая Вейбулла, характеризующая предел прочности адгезивной связи на сдвиг в группе 1

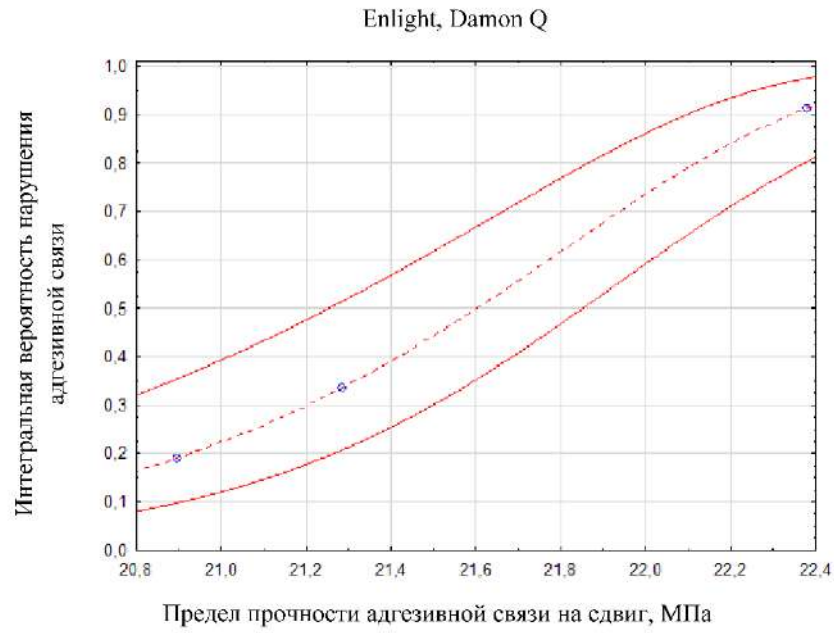


Рисунок 24 Кривая Вейбулла, характеризующая предел прочности адгезивной связи на сдвиг в группе 2

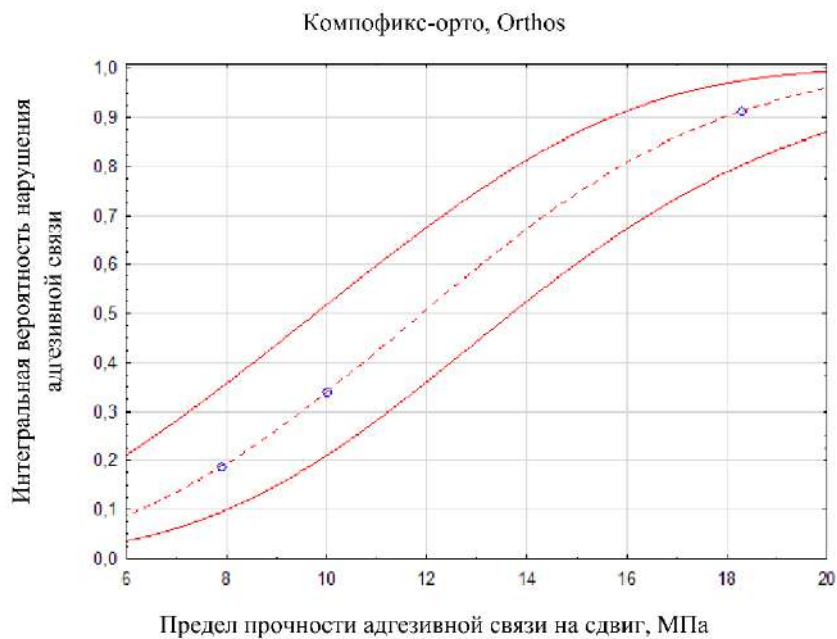


Рисунок 25 Кривая Вейбулла, характеризующая предел прочности адгезивной связи на сдвиг в группе 3

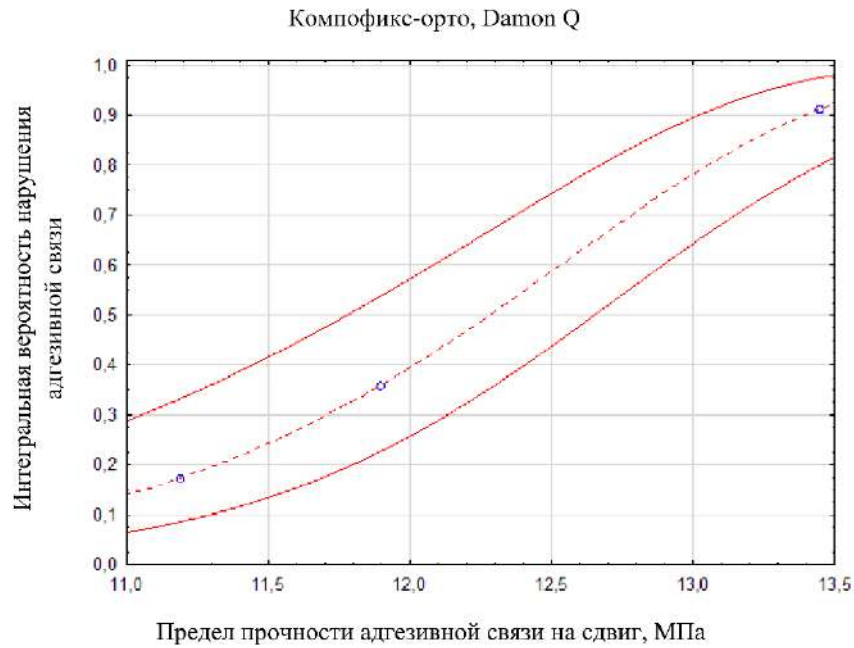


Рисунок 26 Кривая Вейбулла, характеризующая предел прочности адгезивной связи на сдвиг в группе 4

### 3.2.2 Распределение значений индекса остаточного адгезива по группам зубов

В таблице 11 представлено распределение значений ИОА по группам зубов, обработанных сравниваемыми адгезивами. Как видно, во всех группах значение ИОА для большинства образцов зубов (от 88,0 до 96,0%) равно 3.

С помощью критерия хи-квадрат гипотеза о том, что доли образцов зубов в группах распределены по значениям индекса равномерно, была отвергнута ( $p < 0,05$ ). Следовательно, можно констатировать, что высокие доли сравниваемых образцов зубов со значением индекса остаточного адгезива, равным 3, статистически значимы.

Таблица 11 Распределение значений ИОА по группам зубов

Группа зубов	ИОА				Критерий $\chi^2$
	0	1	2	3	
<b>1 Enlight, Orthos</b>	0 (0%)	0 (0%)	2 (8,0%)	23 (92,0%)	$\chi^2 = 14,63$ (p = 0,03)
<b>2 Enlight, Damon Q</b>	1 (4,0%)	0 (0%)	2 (8,0%)	22 (88,0%)	
<b>3 Компофикс-орто, Orthos</b>	0 (0%)	1 (4,0%)	2 (8,0%)	22 (88,0%)	
<b>4 Компофикс-орто, Damon Q</b>	0 (0%)	0 (0%)	1 (4,0%)	24 (96,0%)	

Можно сделать вывод, что все группы обладают высоким значением ИОА, при этом предельная прочность адгезивной связи на сдвиг статистически значимо выше в группах 1 и 2 по сравнению с группами 3 и 4.

На рисунке 27 показано фотоизображение зуба в микроскопе с индексной оценкой остаточного адгезива, равной 3. На зубе виден оставшийся адгезив с отпечатками сетчатого основания брекета Optimesh.

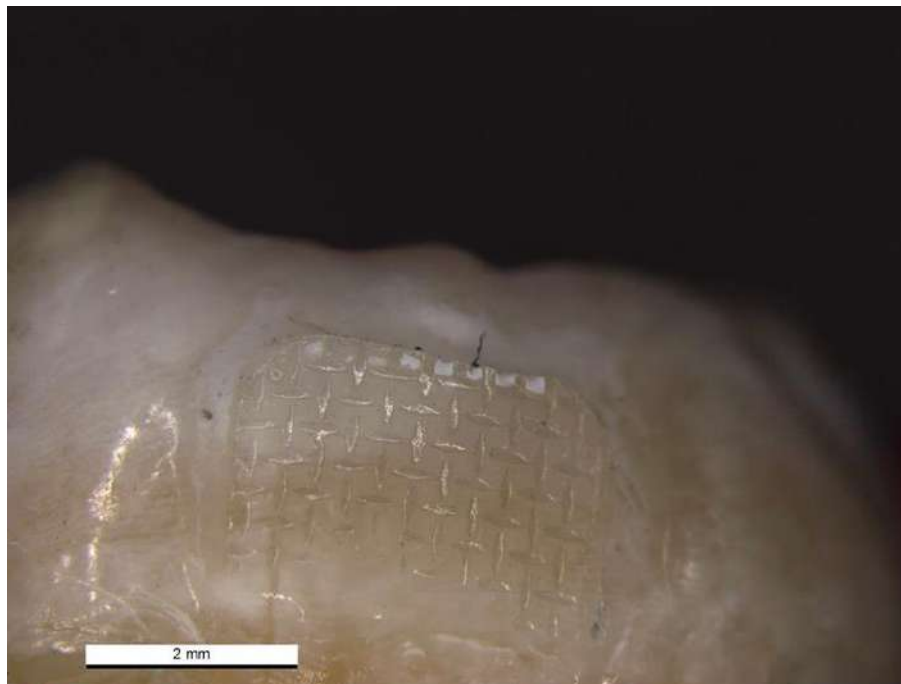


Рисунок 27 Микрофотография экстрагированного зуба с индексной оценкой остаточного адгезива, равной 3

### 3.2.3 Определение клинико-экономической эффективности фиксации брекетов с помощью исследуемых ортодонтических адгезивов

Взвешивание шприца адгезива «Компофикс-орто» до и после фиксации брекета на экстрагированном зубе производили трижды и определяли разницу показателей весов. Эта разница измерений равна массе адгезива, необходимого для фиксации одного брекета. Результаты первого измерения 0,007 г, второго измерения 0,006 г, третьего измерения 0,006 г. Средняя масса адгезива «Компофикс-орто», необходимая для фиксации одного брекета, на основании трех измерений составила 0,0063 г. Взвешивание шприца адгезива «Enlight» производили по такой же схеме, описанной выше. Результаты первого измерения 0,007 г, второго измерения 0,007 г, третьего измерения 0,006 г. Средняя масса адгезива «Enlight», необходимая для фиксации одного брекета, на основании трех измерений составила 0,0066 г. Результаты определения веса адгезива, необходимого для фиксации одного брекета представлены в таблице 12.

Таблица 12 Вес адгезива, необходимого для фиксации одного брекета, г

Адгезив	Номер измерения			Среднее значение
	1	2	3	
<b>Компофикс-орто</b>	0,007	0,006	0,006	0,0063
<b>Enlight</b>	0,007	0,007	0,006	0,0066

Один шприц адгезива «Компофикс-орто» весит 4 грамма. Было определено, что одного шприца должно быть достаточно для фиксации брекетов к 634,9 зубам, т.е. для фиксации брекетов 31,7 пациенту из расчета, что фиксация брекетов каждому пациенту будет проведена на 20 зубов.

Один шприц адгезива «Enlight» весит 4 грамма. Было определено, что одного шприца должно быть достаточно для фиксации брекетов к 606 зубам, т.е. для

фиксации брекетов 30,3 пациентам из расчета, что фиксация брекетов каждому пациенту будет проведена на 20 зубов.

Один шприц адгезива «Компофикс-орто» стоит 1540 рублей. Было определено, что стоимость данного адгезива для фиксации брекета к одному зубу составляет 2,42 рубля, для фиксации брекетов на 20 зубов – 48,51 рубля.

Один шприц адгезива «Enlight» стоит 6500 рублей. Было определено, что стоимость данного адгезива для фиксации брекета к одному зубу составляет 10,72 рубля, для фиксации брекетов на 20 зубов – 214,52 рубля.

Таким образом, стоимость фиксации брекетов с использованием адгезива «Enlight» в 4,43 раза превышает стоимость фиксации брекетов по сравнению с адгезивом «Компофикс-орто».

С целью определения клинико-экономической эффективности применения адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» для фиксации брекет-системы, а также для статистического анализа был произведен перерасчет стоимости адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» в расчете на фиксацию брекетов к 1000 зубам. Стоимость адгезива «Компофикс-орто» на 1000 зубов составила 2420 рублей, адгезива «Enlight» – 10720 рублей. Была определена клинико-экономическая эффективность применения адгезива «Компофикс-орто» и «Enlight» по критерию CER для фиксации брекет-системы, которая составила 2,47 и 10,95 рублей соответственно (Таблица 13).

Таблица 13 Оценка клинико-экономической эффективности применения адгезива для фиксации брекетов по критерию CER

<b>Адгезив</b>	<b>Стоимость адгезивной системы (С) в расчете на 1000 зубов, руб.</b>	<b>Клиническая эффективность применения адгезива для фиксации брекет-системы (КЭБ), зубов</b>	<b>Клинико-экономическая эффективность (CER), руб.</b>
<b>Компофикс-орто</b>	2420	978,12	2,47
<b>Enlight</b>	10720	978,57	10,95



Прирост клинической эффективности адгезива «Enlight» по сравнению с адгезивом «Компофикс-орто» составил 0,45 зафиксированного брекета на зубе. По критерию ICER для того, чтобы повысить клинико-экономическую эффективность применения адгезива для фиксации брекета на один зуб, потребуется дополнительно затратить 18444,44 рублей (Таблица 14).

Таблица 14 Значения критерия ICER для исследуемых адгезивов

Адгезив	Стоимость адгезивной системы (С) в расчете на 1000 зубов, руб.	Клиническая эффективность применения адгезива для фиксации брекет-системы (КЭБ), зубов	Прирост стоимости руб.	Прирост клинической эффективности, зубов	ICER, руб.
Компофикс-орто	2420	978,12	–	–	–
Enlight	10720	978,57	8300	0,45	18444,44

### 3.3 Исследование прочности адгезивной связи в клинике

#### 3.3.1 Определение частоты дебондинга брекетов

Из 320 зафиксированных брекетов (на 160 зубах у пациентов мужского пола и на 160 зубах у пациентов женского пола) с помощью адгезива «Компофикс-орто» дебондинг был зарегистрирован на 12 зубах (на семи зубах у пациентов мужского пола и на пяти зубах у пациентов женского пола), из них по неизвестной причине дебондинг был зафиксирован на семи зубах (на четырех зубах у пациентов мужского пола и на трех зубах у пациентов женского пола). За первые 26 недель ортодонтического лечения частота дебондинга брекетов по известной и

неизвестной причине, зафиксированных с помощью адгезива «Компофикс-орто», составила 3,750% (у пациентов мужского пола – 4,375%, у пациентов женского пола – 3,125%). За первые 26 недель ортодонтического лечения частота дебондинга брекетов по неизвестной причине, зафиксированных с помощью адгезива «Компофикс-орто», составила 2,188% (у пациентов мужского пола – 2,500%, у пациентов женского пола – 1,875%) (Таблица 15, Таблица 16), (Рисунок 28). Частота дебондинга по неизвестной причине статистически значимо зависит от периода осмотра ( $\chi^2 = 9,26$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,01$ ). С увеличением времени лечения растет частота дебондинга по неизвестной причине и снижается – по причине употребления твердой пищи.

Таблица 15 Результаты случаев дебондинга брекетов, зафиксированных с помощью «Компофикс-орто», у пациентов мужского пола

Пациент №	Периодичность осмотров / внеплановых обращений с указанием номера зуба, где произошел дебондинг			Причина дебондинга
	До 7 недель	От 7 до 14 недель	От 14 до 26 недель включ.	
1	–	–	–	–
2	35	–	–	неизвестна
3	–	–	–	–
4	–	–	23	неизвестна
5	–	11,12	–	твердая пища
6	–	25	–	твердая пища
7	–	–	33	неизвестна
8	–	–	15	неизвестна
Количество зубов с отклеившимися брекетами	7			
Количество зубов с отклеившимися брекетами по неизвестной причине	4			
Частота дебондинга по неизвестной причине, %	2,500%			
Общее число зубов	160			

Таблица 16 Результаты случаев дебондинга брекетов, зафиксированных с помощью «Компофикс-орто», у пациентов женского пола

Пациент №	Периодичность осмотров / внеплановых обращений с указанием номера зуба, где произошел дебондинг			Причина дебондинга
	До 7 недель	От 7 до 14 недель	От 14 до 26 недель включ.	
1	–	–	–	–
2	21; 22	–	–	твердая пища
3	–	–	–	–
4	–	–	25	неизвестна
5	–	–	–	–
6	–	–	14	неизвестна
7	–	–	33	неизвестна
8	–	–	–	–
Количество зубов с отклеившимися брекетами	5			
Количество зубов с отклеившимися брекетами по неизвестной причине	3			
Частота дебондинга по неизвестной причине, %	1,875%			
Общее число зубов	160			

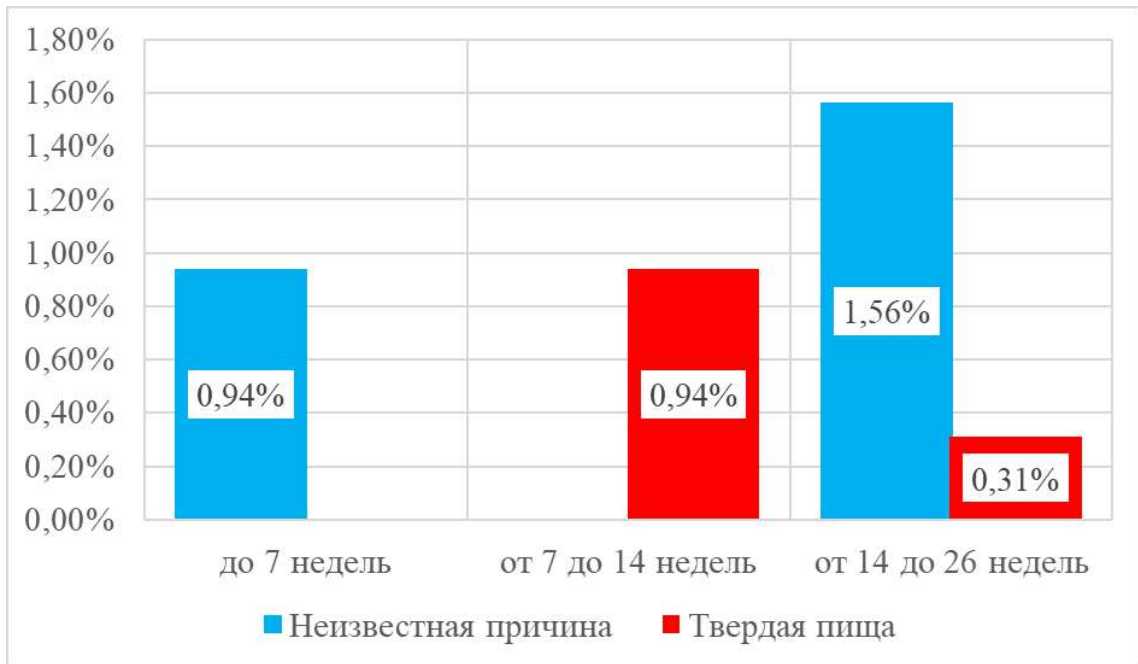


Рисунок 28 Частота дебондинга при применении адгезива «Компофикс-орто» на 320 зубах за период наблюдения 26 недель

Из 280 зафиксированных брекетов (на 140 зубах у пациентов мужского пола и на 140 зубах у пациентов женского пола) с помощью адгезива «Enlight» дебондинг был зарегистрирован на восьми зубах (на четырех зубах у пациентов мужского пола и на четырех зубах у пациентов женского пола), из них по неизвестной причине дебондинг был зафиксирован на шести зубах (на трех зубах у пациентов мужского пола и на трех зубах у пациентов женского пола). За первые 26 недель ортодонтического лечения частота дебондинга брекетов по известной и неизвестной причине, зафиксированных с помощью адгезива «Enlight», составила 2,857% (у пациентов мужского пола – 2,857%, у пациентов женского пола – 2,857%). За первые 26 недель ортодонтического лечения частота дебондинга брекетов по известной причине, зафиксированных с помощью адгезива «Enlight», составила 2,143% (у пациентов мужского пола – 2,143%, у пациентов женского пола – 2,143%) (Таблица 17, Таблица 18), (Рисунок 29). Увеличение частоты дебондинга по известной причине с увеличением длительности лечения растет статистически незначимо ( $\chi^2 = 0,89$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,346$ ).

Таблица 17 Результаты случаев дебондинга брекетов, зафиксированных с помощью «Enlight», у пациентов мужского пола

Пациент №	Периодичность осмотров / внеплановых обращений с указанием номера зуба, где произошел дебондинг			Причина дебондинга
	До 7 недель	От 7 до 14 недель	От 14 до 26 недель включ.	
1	–	–	33	неизвестна
2	–	–	–	–
3	22	–	–	неизвестна
4	–	–	14	неизвестна
5	–	–	45	твердая пища
6	–	–	–	–
7	–	–	–	–
Количество зубов с отклеившимися брекетами	4			
Количество зубов с отклеившимися брекетами по неизвестной причине	3			
Частота дебондинга по неизвестной причине, %	2,143%			
Общее число зубов	140			

Таблица 18 Результаты случаев дебондинга брекетов, зафиксированных с помощью «Enlight», у пациентов женского пола

Пациент №	Периодичность осмотров / внеплановых обращений с указанием номера зуба, где произошел дебондинг			Причина дебондинга
	До 7 недель	От 7 до 14 недель	От 14 до 26 недель включ.	
1	12	–	–	твердая пища
2	–	–	–	–
3	–	–	–	–
4	–	–	23	неизвестна
5	–	–		–
6	–	–	25	неизвестна
7	–	–	33	неизвестна
Количество зубов с отклеившимися брекетами	4			
Количество зубов с отклеившимися брекетами по неизвестной причине	3			
Частота дебондинга по неизвестной причине, %	2,143%			
Общее число зубов	140			

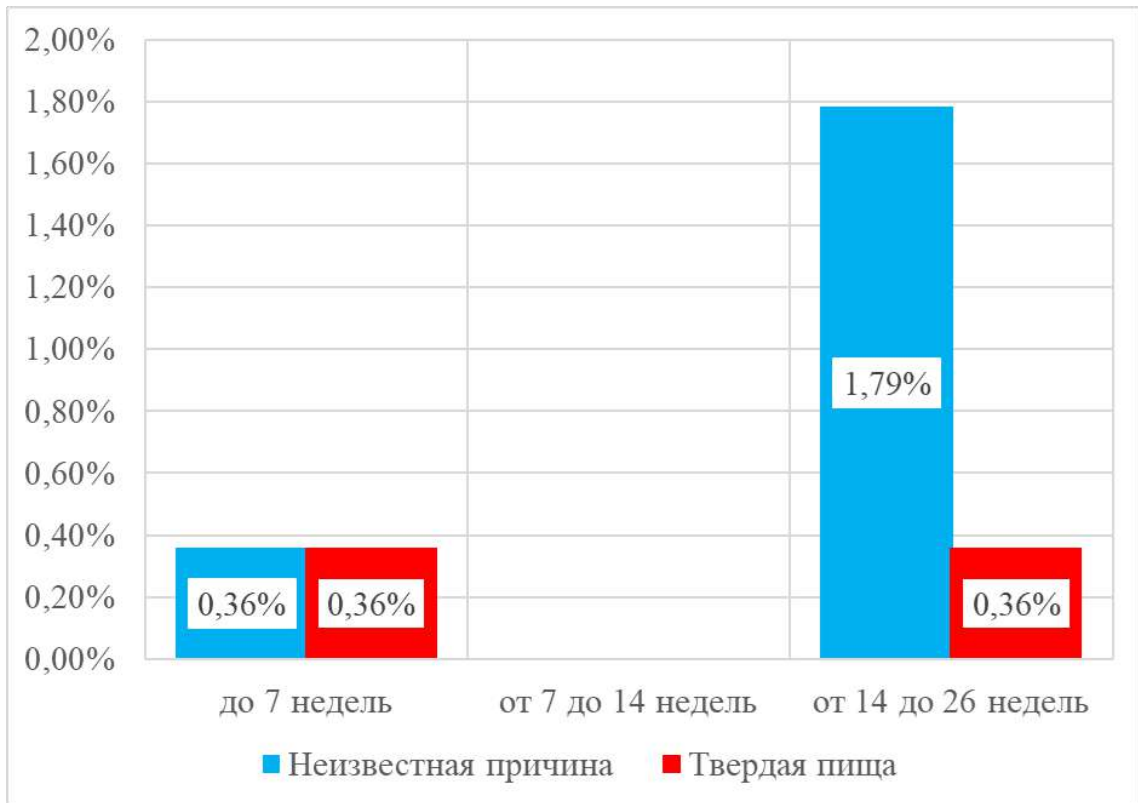


Рисунок 29 Частота дебондинга при применении адгезива «Enlight» на 280 зубах за период наблюдения 26 недель

Частота дебондинга двух ортодонтических адгезивов за период наблюдения 26 недель в сравнительном аспекте представлена на рисунке 30.



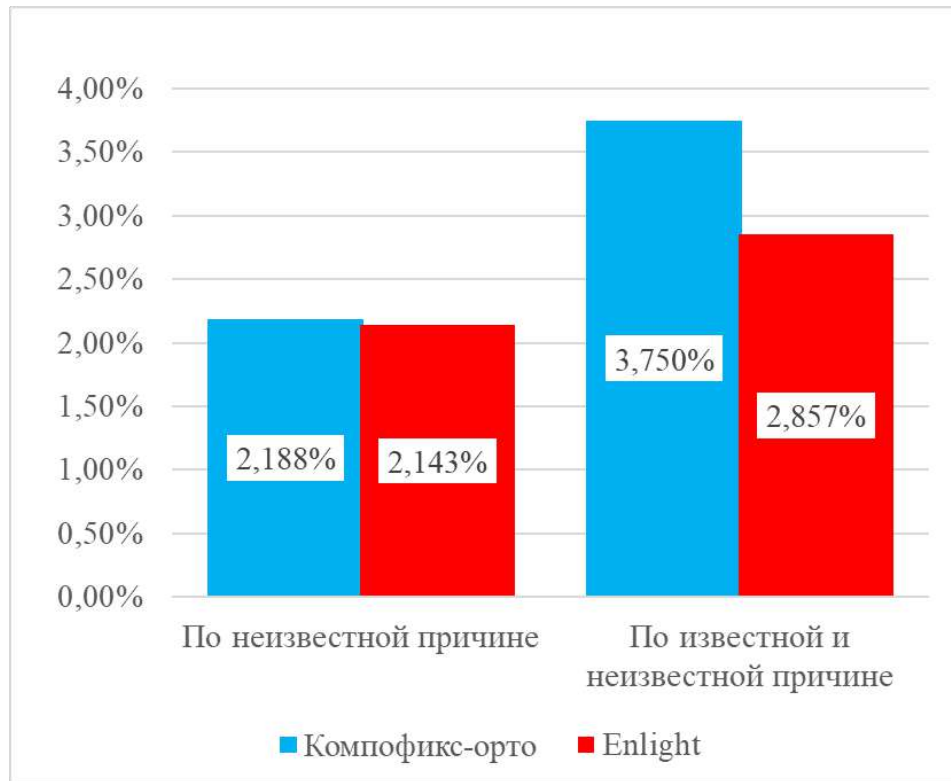


Рисунок 30 Частота дебондинга двух ортодонтических адгезивов за период наблюдения 26 недель

Частота дебондинга по неизвестной причине не зависела от половой принадлежности исследуемых пациентов при применении адгезива «Enlight» ( $\chi^2 = 0,00$ ,  $df = 1$ ,  $p > 0,99$ ). Частота дебондинга по неизвестной причине при применении адгезива «Компофикс-орто» у пациентов мужского пола была выше, чем у пациентов женского пола, на 0,625%, что могло свидетельствовать о более аккуратном и осознанном отношении женского пола к ортодонтическому лечению в данной группе пациентов. Однако данное различие является статистически незначимым ( $\chi^2 = 0,146$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,702$ ).

Дебондинг по неизвестной причине в группе пациентов с зафиксированными брекетами с помощью адгезива «Компофикс-орто» был выше для премоляров (57,143%), чем для клыков (42,857%). Различие статистически значимо ( $\chi^2 = 8,7$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,013$ ) (Таблица 19). Дебондинг по неизвестной причине в группе пациентов с зафиксированными брекетами с помощью адгезива «Enlight» была выше для клыков (50,0%), чем для премоляров (33,333%) и резцов (16,667%).

Однако данные различия являются статистически незначимыми ( $\chi^2 = 1,78$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,411$ ) (Таблица 20).

Таблица 19 Дебондинг по неизвестной причине по признаку групповой принадлежности зуба в группе пациентов с зафиксированными брекетами с помощью адгезива «Компофикс-орто» за 26 недель наблюдения

<b>Групповая принадлежность зуба</b>	<b>Количество зубов с отклеившимися брекетами по неизвестной причине</b>		<b>Дебондинг по неизвестной причине, %</b>
<b>Премоляры</b>	7	4	57,143
<b>Клыки</b>		3	42,857

Таблица 20 Дебондинг по неизвестной причине по признаку групповой принадлежности зуба в группе пациентов с зафиксированными брекетами с помощью адгезива «Enlight» за 26 недель наблюдения

<b>Групповая принадлежность зуба</b>	<b>Количество зубов с отклеившимися брекетами по неизвестной причине</b>		<b>Дебондинг по неизвестной причине, %</b>
<b>Премоляры</b>	6	2	33,333
<b>Клыки</b>		3	50,000
<b>Резцы</b>		1	16,667

Большинство случаев дебондинга по неизвестной причине в обеих группах зарегистрировано в период с 14-й по 26-ю неделю включительно: для адгезива «Компофикс-орто» значение случаев дебондинга по неизвестной причине составило 85,714%, для адгезива «Enlight» – 83,333%. Предположительно это может быть результатом биодеградации композитного материала, возникающей внутри полости рта, возникновения избыточных напряжений внутри адгезива в связи с переходом на более жесткие дуги на этапах ортодонтического лечения. Результатами статистического анализа подтверждено отсутствие значительных

различий в частоте возникновения дебондинга по неизвестной причине между обоими адгезивами ( $\chi^2 = 0,01$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,97$ ) (Таблица 21).

Таблица 21 Дебондинг по неизвестной причине в период с 14-й по 26-ю неделю включительно

<b>Название адгезива</b>	<b>Количество зубов с отклеившимися брекетами по неизвестной причине за 26 недель наблюдения</b>	<b>Количество зубов с отклеившимися брекетами по неизвестной причине в период с 14-й по 26-ю неделю включ.</b>	<b>Дебондинг по неизвестной причине, %</b>
<b>Компофикс-орто</b>	7	6	85,714
<b>Enlight</b>	6	5	83,333

### **3.3.2 Оценка индекса остаточного адгезива брекетов, подвергшихся дебондингу**

Из 320 зафиксированных брекетов с помощью адгезива «Компофикс-орто» дебондинг по неизвестной причине был зафиксирован на семи зубах (на четырех зубах у пациентов мужского пола и на трех зубах у пациентов женского пола). У пациентов мужского пола на всех брекетах, подвергшихся дебондингу, индекс остаточного адгезива для «Компофикс-орто» (ИОАК) был равен 1. У пациентов женского пола на одном брежете, который подвергся дебондингу, ИОАК был равен 0, на остальных двух брекетах, подвергшихся дебондингу, ИОАК был равен 1. Распределение ИОАК в группах пациентов, объединенных по полу, статистически значимо ( $\chi^2 = 5$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,015$ ) (Таблица 22).

Таблица 22 Распределение значений ИОАК по группам пациентов

Группа пациентов	Количество зубов с отклеившимися брекетами по неизвестной причине	ИОАК				p
		0	1	2	3	
Пациенты мужского пола	4	–	4	–	–	0,015
Пациенты женского пола	3	1	2	–	–	

Из 280 зафиксированных брекетов с помощью адгезива «Enlight» дебондинг по неизвестной причине был зафиксирован на шести зубах (на трех зубах у пациентов мужского пола и на трех зубах у пациентов женского пола). У пациентов мужского пола на одном брежете, который подвергся дебондингу, индекс остаточного адгезива для «Enlight» (ИОАЕ) был равен 0, на остальных двух брекетах, подвергшихся дебондингу, ИОАЕ был равен 1. У пациентов женского пола на всех брекетах, подвергшихся дебондингу, ИОАЕ был равен 1. Распределение ИОАЕ в группах пациентов, объединенных по полу, статистически значимо ( $\chi^2 = 3,3$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,04$ ) (Таблица 23).

Таблица 23 Распределение значений ИОАЕ по группам пациентов

Группа пациентов	Количество зубов с отклеившимися брекетами по неизвестной причине	ИОАЕ				p
		0	1	2	3	
Пациенты мужского пола	3	1	2	–	–	0,04
Пациенты женского пола	3	–	3	–	–	

Значения индекса остаточного адгезива в клинике для большинства брекетов (83,333% для «Enlight», 85,714% для «Компофикс-орто») равно 1 ( $\chi^2 = 3,34$ ,  $df = <1$ ,  $p = 0,006$ ). Более половины адгезива оставалось на основании брекетов после случившегося дебондинга (Рисунок 31).

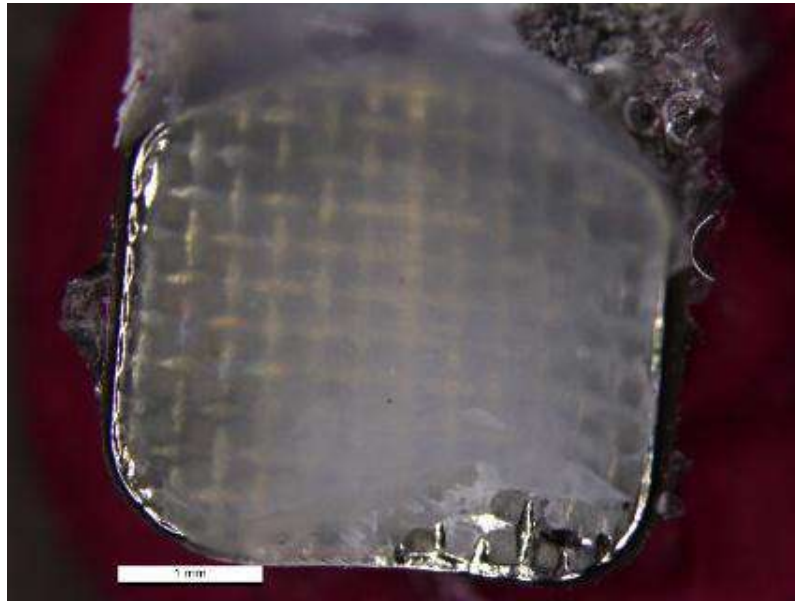


Рисунок 31 Микрофотография брекета с индексной оценкой остаточного адгезива, равной 1

### **3.3.3 Определение клинической эффективности применения ортодонтического адгезива**

Частота дебондинга брекетов по неизвестной причине, зафиксированных с помощью адгезива «Компофикс-орто», составила 2,188% (у пациентов мужского пола – 2,500%, у пациентов женского пола – 1,875%) в течение первых 26 недель ортодонтического лечения. В 97,812% зубов у пациентов мужского и женского пола не возникало дебондинга брекетов по неизвестной причине (в 97,500% зубов у пациентов мужского пола и 98,125% зубов у пациентов женского пола не возникало дебондинга брекетов по неизвестной причине в течение первых 26 недель ортодонтического лечения). Следовательно, клиническая эффективность

применения ортодонтического адгезива «Компофикс-орто» в течение первых 26 недель ортодонтического лечения составила 97,812% у пациентов мужского и женского пола, 97,500% у пациентов мужского пола, 98,125% у пациентов женского пола.

Частота дебондинга брекетов по неизвестной причине, зафиксированных с помощью адгезива «Enlight», составила 2,143% (у пациентов мужского пола – 2,143%, у пациентов женского пола – 2,143%) в течение первых 26 недель ортодонтического лечения. В 97,857% зубов у пациентов мужского и женского пола не возникало дебондинга брекетов по неизвестной причине (в 97,857% зубов у пациентов мужского пола и в 97,857% зубов у пациентов женского пола не возникало дебондинга брекетов по неизвестной причине в течение первых 26 недель ортодонтического лечения). Следовательно, клиническая эффективность применения ортодонтического адгезива «Enlight» в течение первых 26 недель ортодонтического лечения составила 97,857% у пациентов мужского и женского пола, 97,857% у пациентов мужского пола, 97,857% у пациентов женского пола.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс установки брекетов с применением адгезивов является ключевым при терапии несъемной ортодонтической техникой. В 2023 году произошло сокращение ассортимента зарубежных адгезивов, используемых на рынке Российской Федерации, наряду с ростом их стоимости. В связи с указанными обстоятельствами разработка и применение альтернативных отечественных аналогов является важным элементом для обеспечения надлежащей, качественной, своевременной и доступной ортодонтической помощи. Разработка, исследование новых отечественных адгезивов, апробация с дальнейшим применением их в клинической практике являются необходимыми и актуальными в текущих условиях, способствуют улучшению качества медицинской помощи врача-ортодонта.

На основании изучения источников литературы, мирового опыта коллег-исследователей был сделан выбор и обоснованы условия протокола определения относительной вязкости и предельной прочности адгезивной связи на сдвиг нового отечественного адгезива «Компофикс-орто» и зарубежного адгезива «Enlight» в эксперименте.

Определение относительной вязкости проводилось в соответствии с рекомендацией Американской стоматологической ассоциации по оценке текучести эндодонтических пломбировочных материалов при температуре 24°C и относительной влажности воздуха 30% одним исследователем. Вначале помещали порцию адгезива на предметное стекло и накрывали тремя предметными стеклами. После чего с помощью программного обеспечения FIJI оценивали площадь композитных дисков двух адгезивов. Оба адгезива имели практически одинаковую среднюю площадь поверхности композитного диска: для «Компофикс-орто» – 39,330 мм<sup>2</sup>, для адгезива «Enlight» – 39,399 мм<sup>2</sup>. Результаты статистического анализа средних значений площади композитных дисков не отвергли на уровне значимости 0,05 схожесть обоих адгезивов при исследовании относительной вязкости, что является аргументом в пользу желаемых характеристик

ортодонтических адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» таких как: низкая вязкость, отсутствие липкости, легкость проникновения адгезивов в сетчатое основание брекета, обеспечение хорошего краевого прилегания, снижение риска бактериальной инвазии, препятствие появлению постоперативной чувствительности эмали, образованию кариеса и его осложнений.

Определение прочности адгезивной связи на сдвиг проводилось в соответствии с условиями, определенными в ГОСТ Р 59423 - 2021 (ISO 29022 : 2013). Особое внимание было уделено следующим условиям проведения лабораторных испытаний: происхождению субстрата; типу зуба; времени хранения перед бондингом; температуре хранения перед бондингом; раствору хранения перед бондингом; очищению образцов; материалу изготовления брекетов, участвующих в испытаниях; типу брекетов, участвующих в испытаниях; типу подготовки эмали перед бондингом; времени протравливания эмали; типу адгезивов, участвующих в испытаниях; типу полимеризационной лампы, применяемой для фотополимеризации адгезива; времени фотополимеризации адгезива; направлению света при фотополимеризации; времени хранения образцов до проведения испытаний; раствору для хранения образцов до проведения испытаний; температуре хранения образцов до проведения испытаний; термоциклированию образцов; используемому типу испытательной машины для проведения испытания; скорости траверсы испытательной машины во время испытания; направлению приложения сдвиговой нагрузки к брекету; дизайну наконечника испытательной машины; методике определения индекса остаточного адгезива; используемому увеличению микроскопа при определении ИОА; методике анализа данных и представлению результатов измерения предельной прочности адгезивной связи на сдвиг. Для проведения лабораторных испытаний были сформированы экспериментальные группы: в группе 1 для прямой фиксации брекета «Orthos» был использован адгезив «Enlight» совместно со светоотверждаемым праймером «Orthosolo», в группе 2 для прямой фиксации брекета «Damon Q» был использован адгезив «Enlight» совместно со светоотверждаемым праймером «Orthosolo», в группе 3 для прямой фиксации



брекета «Orthos» был использован адгезив «Компофикс-орто» совместно со светоотверждаемым праймером «Компофикс-орто», в группе 4 для прямой фиксации брекета «Damon Q» был использован адгезив «Компофикс-орто» совместно со светоотверждаемым праймером «Компофикс-орто». Полученные значения предельной прочности адгезивной связи на сдвиг были подвергнуты описательному статистическому анализу. В группе 1 среднее значение составляет 22,8 МПа ( $\pm 6,6$ ), значения варьируют от 14,4 до 30,5 МПа, в группе 2 – 21,5 МПа ( $\pm 0,6$ ), варьируют от 20,9 до 22,4 МПа, в группе 3 – 11,98 МПа ( $\pm 4,5$ ), варьируют от 8,9 до 18,3 МПа, в группе 4 – 12,2 МПа ( $\pm 0,95$ ), варьируют от 11,2 до 13,4 МПа. Согласно дисперсионному анализу предельная прочность адгезивной связи на сдвиг в группах 1 и 2 в среднем различается статистически незначимо ( $p > 0,05$ ). Также незначимо различается средняя предельная прочность адгезивной связи на сдвиг в группах 3 и 4 ( $p > 0,05$ ). При этом группа 1 и группа 2 отличается по средней предельной прочности адгезивной связи на сдвиг от группы 3 и группы 4 статистически значимо ( $p < 0,001$ ). В группах 3 и 4 среднее значение предельной прочности адгезивной связи на сдвиг статистически значимо ниже, чем в группе 1 и группе 2. Используемая конструкция брекета самолигирующего «Damon Q» и лигатурного «Orthos» статистически значимо не повлияла на предельную прочность адгезивной связи на сдвиг.

После экспериментального дебондинга поверхность эмали зубов и основания брекетов были изучены с помощью оптического микроскопа в лаборатории, где был определен индекс остаточного адгезива по методике Артуна, Бергланда (1984). Различная предельная прочность адгезивной связи на сдвиг не оказала влияние на структуру эмали при дебондинге (возникновение трещин и повреждение структуры эмали). Значения индекса остаточного адгезива в эксперименте для большинства образцов (от 88,0 до 96,0%) равно 3 ( $\chi^2 = 14,63$ ,  $p = 0,03$ ). Это означало, что весь адгезив остался на зубе с рельефом сетчатого основания брекета.

Для оценки прочности адгезивной связи «Компофикс-орто» и «Enlight» был произведен анализ частоты дебондинга у пациентов в возрасте от 14 до 18 лет,

нуждающихся в ортодонтическом лечении с 1-й и 2-й степенью сложности ортодонтического лечения, подписавших информированное согласие пациента. В процессе исследования не принимали участия пациенты при наличии у них воспалительных заболеваний пародонта; тяжелых соматических патологий; наследственных и приобретенных пороков развития твердых тканей зубов; аномалий формы зубов; наличия реставраций на вестибулярной поверхности зубов; окклюзионной интерференции; клинических случаев ортодонтической коррекции, в которых требуется удаление отдельных зубов для нормализации окклюзионных контактов; 3-й и 4-й степени сложности ортодонтического лечения, при отказе пациента от участия в исследовании. Пациенты, включенные в эксперимент, наблюдались первые 26 недель ортодонтического лечения. Брекеты на верхнюю и нижнюю челюсть были установлены в одно посещение. Все пациенты были проинформированы о правилах пищевого поведения во время прохождения ортодонтического лечения на брекет-системе, были даны инструкции по особенностям индивидуальной гигиены полости рта. Периодичность контрольных осмотров с целью активации брекет-системы «Damon Q» происходила каждые семь недель. Частота дебондинга по известной и неизвестной причине определялась как отношение количества отклеившихся брекетов по известной и неизвестной причине к общему числу зафиксированных брекетов, выраженное в процентах. За первые 26 недель ортодонтического лечения частота дебондинга брекетов по известной и неизвестной причине, зафиксированных с помощью адгезива «Компофикс-орто», составила 3,750% (у пациентов мужского пола – 4,375%, у пациентов женского пола – 3,125%). За первые 26 недель ортодонтического лечения частота дебондинга брекетов по неизвестной причине, зафиксированных с помощью адгезива «Компофикс-орто», составила 2,188% (у пациентов мужского пола – 2,500%, у пациентов женского пола – 1,875%). Частота дебондинга по известной и неизвестной причине, зафиксированных с помощью адгезива «Enlight», составила 2,857% (у пациентов мужского пола – 2,857%, у пациентов женского пола – 2,857%). Частота дебондинга по неизвестной причине, зафиксированных с помощью адгезива «Enlight», составила 2,143% (у пациентов

мужского пола – 2,143%, у пациентов женского пола – 2,143%). Для установления связи прочностных свойств адгезива с частотой дебондинга в поле интереса исследования вошли данные о дебондинге брекетов по неизвестной причине. Результаты клинического исследования в течение первых 26 недель ортодонтического лечения показали практически идентичную частоту дебондинга по неизвестной причине в группах пациентов с зафиксированными брекетами с помощью адгезивов «Компофикс-орто» (2,188%) и «Enlight» (2,143%). Это можно объяснить сходным химическим композитным составом, реологическими свойствами обоих адгезивов, а также их рабочими характеристиками.

Значения индекса остаточного адгезива в клинике определялось путем изучения поверхности основания брекета, отклеившегося по неизвестной причине под оптическим микроскопом по методике Артуна, Бергланда (1984). Для большинства брекетов, отклеившихся по неизвестной причине, оно было равно 1 ( $\chi^2 = 3,34$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,006$ ). Это означало, что более половины адгезива осталось на основании брекета.

Различия экспериментальных и клинических показателей ИОА объясняется невозможностью полного переноса условий, возникающих в полости рта, в лабораторию. Возможное попадание поддесневой жидкости на поверхность эмали при фиксации брекета, недостаточная видимость рабочего поля и фотополимеризация адгезива, активация брекет-системы при переходе на более жесткие дуги, нанесение детализирующих изгибов, создающих нагрузки в разных плоскостях на скручивание, растяжение, сдвиг, отличает условия клиники от эксперимента.

Клиническую эффективность применения ортодонтического адгезива для фиксации брекетов определяли как разность общего количества зубов с зафиксированными брекетами, выраженного как 100%, и частоты дебондинга по неизвестной причине. Клиническая эффективность применения ортодонтического адгезива «Компофикс-орто» в течение первых 26 недель ортодонтического лечения составила 97,812%, адгезива «Enlight» – 97,857%. Клиническая эффективность

адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» практически сопоставима и отличалась на 0,045%.

Оценка клинико-экономической эффективности сравниваемых адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» была проведена по критерию CER и ICER. С помощью высокоточных лабораторных весов определили среднюю массу адгезива в граммах, необходимую для фиксации одного брекета. Для фиксации одного брекета необходимо затратить 0,0063 г адгезива «Компофикс-орто» и 0,0066 г адгезива «Enlight». Стоимость адгезива для фиксации одного брекета была рассчитана в рублях и составила 2,420 рублей для адгезива «Компофикс-орто» и 10,720 рублей для адгезива «Enlight».

Рассчитанное значение клинико-экономической эффективности по критерию CER как соотношение «стоимость-эффективность» у адгезива «Компофикс-орто» была выше в 4,43 раза.

Более высокую клинико-экономическую эффективность адгезива «Компофикс-орто» по отношению к «Enlight» подтвердил показатель ICER. Расчеты показали, что при применении адгезива «Enlight» потребуется дополнительно 18444,44 рублей для повышения клинической эффективности на одну единицу зуба с зафиксированным брекетом.

Полученные результаты исследования обосновывают экономическую целесообразность использования адгезива отечественного производства «Компофикс-орто» (Владивосток, Россия) для фиксации брекетов в ежедневной практике врача-ортодонта.

Отечественный адгезив «Компофикс-орто» рекомендован для широкого применения в практике врача-ортодонта для фиксации как самолигирующих, так и лигатурных брекетов, металлических и керамических брекетов и может стать полноценным качественным заменителем его зарубежного аналога адгезива «Enlight».

## ВЫВОДЫ

1 Для фиксации брекет-системы применяют адгезивы химического отверждения, светоотверждаемые, гибридные, термоотверждаемые, содержащие и не содержащие фтор. Каждая группа адгезивов обладает уникальными химическими и физико-механическими характеристиками, преимуществами и недостатками применения в различных клинических ситуациях и методах фиксации брекет-системы. Светоотверждаемые адгезивы наиболее широко применяемая группа адгезивов при прямом и непрямом методе фиксации брекет-системы. Сильная сторона светоотверждаемых адгезивов – отсроченная полимеризация и высокая прочность. Наличие фтора в их составе способствует снижению риска образования очагов деминерализации эмали вокруг брекетов во время длительного периода ортодонтического лечения.

2 Предельная прочность адгезивной связи на сдвиг в группе 1, где был использован для прямой фиксации брекета «Orthos» адгезив «Enlight» совместно со светоотверждаемым праймером «Orthosolo», больше на 1,28 МПа, чем в группе 2, где был использован для прямой фиксации брекета «Damon Q» адгезив «Enlight» совместно со светоотверждаемым праймером «Orthosolo», в среднем различается статистически незначимо ( $p > 0,05$ ). Также незначимо различается (на 0,19 МПа) средняя предельная прочность адгезивной связи на сдвиг в группе 3, где был использован для прямой фиксации брекета «Orthos» адгезив «Компофикс-орто» совместно со светоотверждаемым праймером «Компофикс-орто», и группе 4, где был использован для прямой фиксации брекета «Damon Q» адгезив «Компофикс-орто» совместно со светоотверждаемым праймером «Компофикс-орто» ( $p > 0,05$ ). Используемая конструкция брекета практически не повлияла на предельную прочность адгезивной связи на сдвиг. В группах 3 и 4 среднее значение предельной прочности адгезивной связи на сдвиг ниже в 1,8–1,9 раза, чем в группах 1 и 2, что статистически значимо ( $p < 0,001$ ).

Значения индекса остаточного адгезива в эксперименте для большинства образцов (от 88,0% для «Enlight» до 96,0% для «Компофикс-орто») равно 3 ( $\chi^2 = 14,63$ ,  $p = 0,03$ ), в клинике (от 83,333% для «Enlight» до 85,714% для «Компофикс-орто») равно 1 ( $\chi^2 = 3,34$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,006$ ).

Различия экспериментальных и клинических значений индекса остаточного адгезива (ИОА) объясняется невозможностью полного переноса условий, возникающих в полости рта, в лабораторию. Возможное попадание поддесневой жидкости на поверхность эмали при фиксации брекета, недостаточная видимость рабочего поля и фотополимеризация адгезива, активация брекет-системы при переходе на более жесткие дуги, нанесение детализирующих изгибов, создающих нагрузки в разных плоскостях на скручивание, растяжение, сдвиг, отличают условия клиники от эксперимента.

3 Отечественный адгезив «Компофикс-орто» и адгезив зарубежного производства «Enlight» являются светоотверждаемыми универсальными ортодонтическими адгезивами, применяемыми для фиксации как металлических, так и керамических брекет-систем. Оба адгезива обладают низкой вязкостью. Предел прочности адгезивной связи на сдвиг адгезива «Компофикс-орто» ниже чем у адгезива «Enlight» в 1,8–1,9 раза. Адгезив «Компофикс-орто» фторсодержащий, адгезив «Enlight» не содержит фтора. Частота дебондинга по неизвестной причине в течение первых 26 недель ортодонтического лечения с помощью адгезивов «Компофикс-орто» (2,188%) и «Enlight» (2,143%) была практически одинакова ( $\chi^2 = 0,01$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,97$ ). Частота дебондинга была выше для премоляров, чем для клыков и резцов. Большинство случаев дебондинга в обеих группах было зарегистрировано в конце периода от 14 до 26 недель ортодонтического лечения.

4 При определении относительной вязкости оба адгезива имели практически одинаковую консистенцию и вязкость. Гипотеза об однородности адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» по их относительной вязкости не может быть отвергнута на уровне значимости 0,05. Низкая вязкость адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight» определяет удобство и скорость работы для врача-

ортодонта: отсутствие липкости, легкость проникновения адгезива в сетчатое основание брекета, обеспечивая тем самым хорошее краевое прилегание.

5 Значения клинической эффективности двух сравниваемых адгезивов отличается незначительно: у «Компофикс-орто» оно ниже на 0,045% или, если выразить это в единицах зубов с зафиксированными брекетами, адгезивом «Компофикс-орто» можно зафиксировать на 0,45 зуба меньше, чем адгезивом «Enlight». В то же время оценка соотношения «стоимость-эффективность» сравниваемых адгезивов (CER) у «Компофикс-орто» выгоднее в 4,43 раза. Более высокую клинико-экономическую эффективность адгезива «Компофикс-орто» по отношению к «Enlight» подтверждает показатель ICER (прирост соотношения «стоимость-эффективность»): для повышения клинической эффективности на одну единицу зуба с зафиксированным брекетом с применением адгезива «Enlight» потребуется дополнительно 18444,44 рублей.

6 На основании изученных химических, физико-механических свойств, полученных результатов испытаний по определению предела прочности адгезивной связи на сдвиг и относительной вязкости в эксперименте, проведенных клинических исследований, начиная с формирования групп пациентов, участвующих в клинических исследованиях, и последующего осуществления фиксации пациентам брекетов с помощью адгезивов «Компофикс-орто» и «Enlight», 26-ти недельного динамического наблюдению за группами пациентов с установленными брекетами, определения частоты дебондинга, а также оценки и анализа клинической и клинико-экономической эффективности использования исследуемых адгезивов отечественного и зарубежного производства, разработаны клинические рекомендации, которые внедрены в работу кафедры стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет а также стоматологической клиники ООО «ОМЕГАДЕНТАЛ».

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Отечественный адгезив «Компофикс-орто» рекомендован для широкого применения в практике врача-ортодонта для фиксации как самолигирующих, так и лигатурных брекетов, металлических и керамических брекетов. Может стать полноценным заменителем его зарубежного аналога адгезива «Enlight». Обладая пределом прочности адгезивной связи на сдвиг в безопасном диапазоне, данный адгезив может быть использован как на зубах со здоровой эмалью, так и с атипичной эмалью. Может быть рекомендован с целью снижения рисков возникновения очагов деминерализации эмали вокруг брекета во время длительного периода ортодонтического лечения частичной брекет-системой у детей и подростков с морфологически незрелой эмалью. Низкая вязкость и отсутствие флотирования брекета при позиционировании является преимуществом данного адгезива и обуславливает рекомендации к его применению в области вторых моляров, частично прорезавшихся зубов, дистопированных зубов, где особенно необходима безукоризненная адаптация брекета к поверхности эмали зуба, зачастую в условиях недостаточного обзора рабочего поля.

Фиксация брекетов с помощью композитного адгезива «Компофикс-орто» чувствительно к технике исполнения, как и у любого светоотверждаемого композитного адгезива. Во избежание манипуляционных ошибок и неудач необходимо следовать инструкции производителя, а также следующим клиническим рекомендациям. Обязательной является тщательная изоляция рабочего поля, которая может быть проведена с помощью ретрактора, абсорбирующих стоматологических прокладок. При подготовке поверхности эмали к фиксации брекета использовать технику тотального протравливания эмали, руководствуясь постулатом, что лучше протравить большую зону эмали, чем немного меньшую. Важность данной рекомендации связана с тем, что при установке даже части брекета на непротравленную эмаль создается незащищенный ретенционный пункт под брекетом, что может привести к возникновению кариеса. Во время позиционирования брекета следует учитывать, что прижатие брекета к



поверхности эмали может быть осуществлено только после окончательного выбора местоположения брекета. Если отсутствует уверенность, что удаление излишков адгезива может нарушить покой брекета, необходимо отложить эту процедуру до окончания фотополимеризации.

При снятии брекет-системы, зафиксированной с помощью адгезива «Компофикс-орто», врачу-ортодонт следует учитывать, что большая часть адгезива останется на поверхности эмали и потребуются последовательное удаление остатков адгезива с помощью вращающихся инструментов с алмазным напылением, финишных полировочных дисков и конусов.

Лояльная ценовая политика отечественной фирмы-изготовителя адгезива «Компофикс-орто» может быть использована для снижения стоимости фиксации брекет-системы в стоматологических учреждениях и сделает ортодонтическую помощь доступнее для пациентов.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

ГОСТ – Государственный Стандарт

ЗЧЛА – зубочелюстно-лицевая аномалия

ИОА – индекс остаточного адгезива

ИОАК – индекс остаточного адгезива «Компофикс-орто»

ИОАЕ – индекс остаточного адгезива «Enlight»

КЭБ – клиническая эффективность фиксации брекетов (бондинга)

РЭМ – растровый электронный микроскоп

Bis-GMA – бисфенол-А-глицидилметакрилат

CER – Cost-Effectiveness Ratio (соотношение «стоимость-эффективность»)

CI – Calculus Index (Индекс зубного камня)

DI – Debris Index (Индекс зубного налета)

ICER – Incremental Cost-Effectiveness Ratio (прирост соотношения «стоимость-эффективность»)

ISO – International Organization for Standardization (название Международной Организации по Стандартизации)

ОНИ-S – Oral Hygiene Index Simplified (индекс гигиены рта упрощенный)

pH – показатель кислотности водной среды

TEGDMA – триэтиленгликольметакрилат

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абрамова, М. Я. Анализ использования современных адгезивных систем, применяемых для фиксации несъемной аппаратуры (брекет-системы) / М. Я. Абрамова, М. А. Фиронова // Инновации в отраслях народного хозяйства, как фактор решения социально-экономических проблем современности. – 2017. – С. 300-305.
2. Вагнер, В. Д. Сравнительная оценка прочности эмали зубов человека в зависимости от морфологического строения эмалево-дентинного соединения (экспериментальное исследование) / В. Д. Вагнер, К. Н. Курятников, А. С. Коршунов [и др.] // Институт Стоматологии. – 2022. – № 2 (95). – С. 96-98.
3. Воробьева, Ю. Б. Актуальные аспекты адгезии в современной стоматологии / Ю. Б. Воробьева, А. Л. Ермолович, М. С. Игнатенко, Я. А. Лупояд. – Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, 2022.
4. Гончарик, И. Н. Непрямой метод фиксации брекет-системы с использованием нового отечественного адгезива / И. Н. Гончарик, Н. А. Соколович, А. В. Рыбаков [и др.] // Институт Стоматологии. – 2023. – Т. 4 (101). – С. 52-54.
5. Горлачёва, Т. В. Диагностика состояния эмали зубов после ортодонтического лечения с применением брекет-системы / Т. В. Горлачёва, Т. Н. Терехова // Актуальные вопросы стоматологии детского возраста. – 2022. – С. 81-86.
6. Джалалов, С. Ч. Инкрементный или усредненный показатель соотношения затрат и эффективности: какой из них использовать при сравнении технологий здравоохранения? / С. Ч. Джалалов, Д. Х. Джалалова, Д. С. Хоч // Медицинские технологии. Оценка и выбор. – 2020. – № 3 (41). – С. 29-35.
7. Жукова, Е. С. Сравнительная оценка краевого прилегания композиционных пломбировочных материалов при различной адгезивной подготовке твердых тканей зуба / Е. С. Жукова, С. И. Токмакова, О. В. Бондаренко // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2017. – Т. 19. – № 10. – С. 181-183.

8. Караков, К. Г. Современная концепция техники использования композитных материалов и адгезивных систем в клинике терапевтической стоматологии / К. Г. Караков, М. П. Порфириадис, Р. В. Золоев [и др.]. – 2015.

9. Карелина, Н. Р. Гистологическое строение тканей зуба (лекция) / Н. Р. Карелина, Л. Ю. Артюх // Forcipe. – 2022. – Т. 5. – № 1. – С. 34-48.

10. Косюга, С. Ю. Сравнительный анализ использования композитных материалов для фиксации брекетов / С. Ю. Косюга, В. С. Сироткина // Медицина и фармакология: научные приоритеты учёных. – 2016. – С. 101-104.

11. Крихели, Н. И. Адгезивные системы: от техники тотального протравливания к универсальным адгезивам (обзор) / Н. И. Крихели, М. Н. Бычкова, Е. В. Саврасова // Клиническая стоматология. – 2022. – Т. 25. – № 2. – С. 6-11.

12. Крихели, Н. И. Сравнительная оценка адгезионной прочности методом сдвига универсальной адгезивной системы в различных техниках протравливания и адгезивной системы тотального протравливания / Н. И. Крихели, М. Н. Бычкова, Е. В. Саврасова. – 2022.

13. Крихели, Н. И. Эстетическая стоматология / Н. И. Крихели, Е. В. Пустовойт, М. Н. Бычкова [и др.]. – 2018.

14. Кузьмина, Э. М. Оценка начальных форм кариеса зубов у пациентов при применении брекет-системы / Э. М. Кузьмина, Н. К. Паздникова, М. А. Крысанова // Dental Forum. – 2018. – № 1. – С. 38-40.

15. Лебеденко, И. Ю. Особенности изучения расположения эмалевых призм премоляров верхней челюсти / И. Ю. Лебеденко, Л. В. Дубова, Д. А. Харченко [и др.] // Ортодонтия. – 2013. – № 1. – С. 20-24.

16. Лещенко, В. Г. Медицинская и биологическая физика / В. Г. Лещенко, Г. К. Ильич. – 2012.

17. Литвинчук, Я. О. Адгезивные системы в реставрационной стоматологии / Я. О. Литвинчук, Е. Л. Колб. – БГМУ, 2020.

18. Мелькумян, Т. Сравнительный анализ самопротравливающих адгезивных систем и систем тотального травления *in vitro* / Т. Мелькумян, Д. Каххарова, Н. Камилов [и др.] // *Stomatologiya*. – 2017. – Т. 1. – № 2 (67). – С. 31-33.

19. Николаев, Д. А. Адгезивные системы: что необходимо знать практическому стоматологу? / Д. А. Николаев // *Стоматологический Журнал*. – 2015. – Т. 16. – № 4. – С. 328-332.

20. Николаев, Н. И. Практическая терапевтическая стоматология / Н. И. Николаев, Л. М. Цепов, В. В. Алямовский, [и др.]. – Общество с ограниченной ответственностью «МЕДпресс-информ», 2021.

21. Персин, Л. С. Способ оценки морфологического состояния зубочелюстной системы / Л. С. Персин, Г. В. Кузнецова, И. В. Попова // *Стоматология*. – 1997. – № 2. – С. 47.

22. Персин, Л. С. Медицинская карта ортодонтического пациента. Руководство / Л. С. Персин, А. Ю. Порохин, С. В. Текучева. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. – 176 с.

23. Попруженко, Т. В. Профилактика основных стоматологических заболеваний / Т. В. Попруженко, Т. Н. Терехова. – Москва : МЕДпресс-информ, 2009. – 463 с.

24. Семикозов, О. В. Клинический взгляд на самопротравливающие адгезивы / О. В. Семикозов // *Проблемы стоматологии*. – 2010. – № 4. – С. 12-14.

25. Соколович, Н. А. История развития адгезивных техник в ортодонтии / Н. А. Соколович, И. Н. Гончарик // Теоретические и практические вопросы клинической стоматологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 5-6 октября 2023 г. / ВМА им. С. М. Кирова. – Санкт-Петербург. – 2023. – С. 123-124.

26. Соколович, Н. А. История развития адгезивных техник в ортодонтии Часть I: со времен появления смолы bowen до концепции фотополимеризации / Н. А. Соколович, И. Н. Гончарик, Е. С. Пятанова // *Институт Стоматологии*. – 2023. – Т. 1 (98). – С. 74-75.

27. Соколович, Н. А. История развития адгезивных техник в ортодонтии. Часть II. Появление улучшенных адгезивов, современный статус адгезивных систем / Н. А. Соколович, И. Н. Гончарик, Е. С. Пятанова, К. В. Ленская // Институт стоматологии. – 2023. – Т. 3 (100). – С. 82-83.

28. Титова, О. Ю. Адгезивные системы в практике врача-стоматолога / О. Ю. Титова, Т. В. Меленберг, Л. Н. Линник [и др.] // Проблемы Стоматологии. – 2020. – Т. 16. – № 1. – С. 178-181.

29. Тишков, Д. С. Обзор методов исследования твёрдых тканей зуба / Д. С. Тишков // Региональный вестник. – 2019. – № 20. – С. 22-23.

30. Филатова, А. Д. Критерии выбора адгезивных систем в практике терапевтической стоматологии / А. Д. Филатова, Л. Ю. Побединская. – 2022.

31. Хотайт, А. Х. Выбор ортодонтами методов удаления остатков адгезивной системы и фиксирующего материала с поверхности эмали зубов на завершающем этапе ортодонтического лечения / А. Х. Хотайт, А. В. Бутвиловский, М. В. Рублевская. – Гродненский государственный медицинский университет, 2018.

32. Хромых, К. А. К вопросу о современных адгезивных системах, используемых сегодня в клинике ортопедической стоматологии / К. А. Хромых, В. В. Ростовцев, Н. Г. Картавцева, И. А. Пшеничников // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10. – № 4. – С. 933-935.

33. Чистякова, Г. Г. Стеклоиономерные цементы в стоматологии / Г. Г. Чистякова, А. А. Петрук. – БГМУ, 2022.

34. Abdul-Monem, M. M. Naturally derived photoinitiators for dental and biomaterials applications / M. M. Abdul-Monem // European Dental Research and Biomaterials Journal. – 2020. – Vol. 1. – № 02. – P. 72-78.

35. Abduyusupova, K. M. Comparative analysis of the index informative value in the examination of periodontal diseases / K. M. Abduyusupova // European journal of molecular medicine. – 2021. – Vol. 1. – № 4.

36. Ahangar Atashi, M. H. Variations in enamel damage after debonding of two different bracket base designs: An in vitro study / M. H. Ahangar Atashi, A. H. Sadr

Haghighi, P. Nastarin, S. Ahangar Atashi // Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects. – 2018. – Vol. 12. – № 1. – P. 56-62.

37. Ahmed, T. Assessment of in vivo bond strength studies of the orthodontic bracket-adhesive system: A systematic review / T. Ahmed, N. A. Rahman, M. K. Alam // European Journal of Dentistry. – 2018. – Vol. 12. – № 04. – P. 602-609.

38. Ajlouni, R. The use ofOrmocer as an alternative material for bonding orthodontic brackets / R. Ajlouni, S. E. Bishara, M. M. Soliman [et al.] // The Angle Orthodontist. – 2005. – Vol. 75. – № 1. – P. 106-108.

39. Alam, M. K. Antibacterial activity and bond strength of silver nanoparticles modified orthodontic bracket adhesive: A systematic review and meta-analysis of in-vitro and in-vivo studies / M. K. Alam, R. Alsuwailem, A. A. Alfawzan // International Journal of Adhesion and Adhesives. – 2022. – Vol. 113. – P. 103040.

40. Al-Banaa, L. R. Evaluation of microleakage for three types of light cure orthodontic band cement / L. R. Al-Banaa // Journal of Oral Biology and Craniofacial Research. – 2022. – Vol. 12. – № 3. – P. 352-357.

41. Ali, H. Glass ionomer cement as an orthodontic bonding agent / H. Ali, S. Maroli // The Journal of Contemporary Dental Practice. – 2012. – Vol. 13. – № 5. – P. 650-654.

42. Alizadehgharib, S. The effects of the dental methacrylates TEGDMA, Bis-GMA, and UDMA on neutrophils in vitro / S. Alizadehgharib, A.-K. Östberg, A. Dahlstrand Rudin [et al.] // Clinical and Experimental Dental Research. – 2020. – Vol. 6. – № 4. – P. 439-447.

43. Al-Munajed, M. K. The use of a cyanoacrylate adhesive for bonding orthodontic brackets: an ex-vivo study / M. K. Al-Munajed, P. H. Gordon, J. F. McCabe // Journal of Orthodontics. – 2000. – Vol. 27. – № 3. – P. 255-260.

44. Alzainal, A. H. Orthodontic bonding: review of the literature / A. H. Alzainal, A. S. Majud, A. M. Al-Ani, A. O. Mageet // International Journal of Dentistry. – 2020. – Vol. 2020.

45. Andrzejewska, E. Free radical photopolymerization of multifunctional monomers / E. Andrzejewska // Three-Dimensional Microfabrication Using Two-Photon Polymerization. – Elsevier, 2016. – P. 62-81.

46. Anopa, Y. Exploring the cost-effectiveness of child dental caries prevention programmes. Are we comparing apples and oranges? / Y. Anopa, D. I. Conway // Evidence-Based Dentistry. – 2020. – Vol. 21. – № 1. – P. 5-7.

47. Arbildo-Vega, H. I. Clinical effectiveness of bulk-fill and conventional resin composite restorations: systematic review and meta-analysis / H. I. Arbildo-Vega, B. Lapinska, S. Panda [et al.] // Polymers. – 2020. – Vol. 12. – № 8. – P. 1786.

48. Arnold, R. W. Bonding of stainless steel brackets to enamel with a new self-etching primer / R. W. Arnold, E. C. Combe, J. H. Warford // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics. – 2002. – Vol. 122. – № 3. – P. 274-276.

49. Ash, S. Adhesive pre-coated brackets, a comparative clinical study / S. Ash, N. Hay // British Journal of Orthodontics. – 1996. – Vol. 23. – № 4. – P. 325-329.

50. Atash, R. In vitro evaluation of microleakage under orthodontic brackets bonded with different adhesive systems / R. Atash, A. Fneiche, S. Cetik [et al.] // European Journal of Dentistry. – 2017. – Vol. 11. – № 02. – P. 180-185.

51. Bakhadher, W. Factors affecting the shear bond strength of orthodontic brackets—a review of in vitro studies / W. Bakhadher, H. Halawany, N. Talic [et al.] // Acta medica. – 2015. – Vol. 58. – № 2. – P. 43-48.

52. Bayne, S. C. Dental biomaterials: Where are we and where are we going? / S. C. Bayne // Journal of Dental Education. – 2005. – Vol. 69. – № 5. – P. 571-585.

53. Bishara, S. E. Effect of changing a test parameter on the shear bond strength of orthodontic brackets / S. E. Bishara, M. Soliman, J. Laffoon, J. J. Warren // The Angle Orthodontist. – 2005. – Vol. 75. – № 5. – P. 832-835.

54. Bishara, S. E. The effect of variation in mesh-base design on the shear bond strength of orthodontic brackets / S. E. Bishara, M. M. Soliman, C. Oonsombat [et al.] // The Angle Orthodontist. – 2004. – Vol. 74. – № 3. – P. 400-404.



55. Bishara, S. E. Effect of using a new cyanoacrylate adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets / S. E. Bishara, L. VonWald, J. F. Laffoon, J. J. Warren // *The Angle Orthodontist*. – 2001. – Vol. 71. – № 6. – P. 466-469.

56. Bowen, R. L. Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bis phenol and glycidyl acrylate / R. L. Bowen. – 1962.

57. Buchwald, T. Determination of storage solutions influence on human enamel by Raman spectroscopy / T. Buchwald, Z. Okulus // *Vibrational Spectroscopy*. – 2018. – Vol. 96. – P. 118-124.

58. Bud, E. S. Challenges of using transbond plus in orthodontic treatment / E. S. Bud, S. I. Bucur, D. I. Cocoş [et al.] // *Romanian Journal of Oral Rehabilitation*. – 2021. – Vol. 13. – № 1.

59. Buonocore, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces / M. G. Buonocore // *Journal of Dental Research*. – 1955. – Vol. 34. – № 6. – P. 849-853.

60. Causton, B. E. Improvement of polycarboxylate adhesion to dentine by the use of a new calcifying solution. An in vitro study / B. E. Causton, N. W. Johnson // *British dental journal*. – 1982. – Vol. 152. – № 1. – P. 9-11.

61. Chang, W. -G. Effects of salicylic–lactic acid conditioner on the shear bond strength of brackets and enamel surfaces / W. -G. Chang, B. -S. Lim, T. -H. Yoon [et al.] // *Journal of Oral Rehabilitation*. – 2005. – Vol. 32. – № 4. – P. 287-295.

62. Cueto, H. I. A little bit of history: the first direct bonding in orthodontia / H. I. Cueto // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*. – 1990. – Vol. 98. – № 3. – P. 276-277.

63. Dalaie, K. Effect of different debonding techniques on shear bond strength and enamel cracks in simulated clinical set-ups / K. Dalaie, S. M. Fatemi, M. Behnaz [et al.] // *Journal of the World Federation of Orthodontists*. – 2020. – Vol. 9. – № 1. – P. 18-24.

64. Dallel, I. Impact of adhesive system generation and light curing units on orthodontic bonding: In vitro study / I. Dallel, S. Lahwar, M. A. Jerbi [et al.] // *International Orthodontics*. – 2019. – Vol. 17. – № 4. – P. 799-805.

65. Daneshkazemi, P. Shear bond strength of orthodontic brackets on intact and demineralized enamel after application of resin infiltrant, fluoride varnish and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate remineralizing agents: in-vitro study / P. Daneshkazemi, S. Sadeghian, M. Khodaei // *International Orthodontics*. – 2021. – Vol. 19. – № 2. – P. 259-268.

66. Daou, C. Effects of enamel deproteinization with different application times on the shear bond strength of a self-etching primer: An in vitro study / C. Daou, R. Akl, M. Mati [et al.] // *International Orthodontics*. – 2021. – Vol. 19. – № 3. – P. 505-511.

67. De Munck, J. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results / J. De Munck, K. Van Landuyt, M. Peumans [et al.] // *Journal of Dental Research*. – 2005. – Vol. 84. – № 2. – P. 118-132.

68. Degrazia, F. W. Polymerisation, antibacterial and bioactivity properties of experimental orthodontic adhesives containing triclosan-loaded halloysite nanotubes / F. W. Degrazia, B. Genari, V. C. B. Leitune [et al.] // *Journal of Dentistry*. – 2018. – Vol. 69. – P. 77-82.

69. Demirovic, K. Comparison of shear bond strength of orthodontic brackets using direct and indirect bonding methods in vitro and in vivo / K. Demirovic, M. Slaj, S. Spalj [et al.] // *Acta informatica medica: AIM: journal of the Society for Medical Informatics of Bosnia & Herzegovina: casopis Drustva za medicinsku informatiku BiH*. – 2018. – Vol. 26. – № 2. – P. 125-129.

70. Ekhlasi, S. Bond strength comparison of color-change adhesives for orthodontic bonding using a self-etching primer / S. Ekhlasi // *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*. – 2011. – P. 39.

71. Eliades, T. Bisphenol A and orthodontics: An update of evidence-based measures to minimize exposure for the orthodontic team and patients / T. Eliades // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of*

the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics. – 2017. – Vol. 152. – № 4. – P. 435-441.

72. Eliades, T. The inappropriateness of conventional orthodontic bond strength assessment protocols / T. Eliades, W. A. Brantley // *The European Journal of Orthodontics*. – 2000. – Vol. 22. – № 1. – P. 13-23.

73. Eliades, T. Bond strength and its limited role in assessing efficacy / T. Eliades, W. Brantley // *Orthodontic Applications of Biomaterials*. – Elsevier, 2017. – P. 179-189.

74. Eliades, T. Bond strength and its limited role in assessing efficacy / T. Eliades, W. Brantley // *Orthodontic Applications of Biomaterials* / eds. T. Eliades, W. A. Brantley. – Woodhead Publishing, 2017. – P. 179-189.

75. Eliades, T. Moisture-insensitive adhesives: reactivity with water and bond strength to wet and saliva-contaminated enamel / T. Eliades, E. Katsavrias, G. Eliades // *European Journal of Orthodontics*. – 2002. – Vol. 24. – № 1. – P. 35-42.

76. Eliades, T. Orthodontic materials research and applications: part 1. Current status and projected future developments in bonding and adhesives / T. Eliades // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*. – 2006. – Vol. 130. – № 4. – P. 445-451.

77. Eliades, T. Bonding of ceramic brackets to enamel: morphologic and structural considerations / T. Eliades, A. D. Viazis, G. Eliades // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*. – 1991. – Vol. 99. – № 4. – P. 369-375.

78. Endodontic Sealing Materials | American Dental Association Режим доступа: <https://www.ada.org/resources/practice/dental-standards/dental-standards-executive-summaries/restorative-and-orthodontic-materials/endodontic-sealing-materials>.

79. Ewoldsen, N. A review of orthodontic cements and adhesives / N. Ewoldsen, R. S. Demke // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. – 2001. – Vol. 120. – № 1. – P. 45-48.

80. Felemban, N. H. The influence of adding modified zirconium oxide-titanium dioxide nano-particles on mechanical properties of orthodontic adhesive: an in vitro study / N. H. Felemban, M. I. Ebrahim // BMC oral health. – 2017. – Vol. 17. – № 1. – P. 43.

81. Finnema, K. J. In-vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis / K. J. Finnema, M. Ozcan, W. J. Post [et al.] // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics. – 2010. – Vol. 137. – № 5. – P. 615-622.e3.

82. Foersch, M. A new flash-free orthodontic adhesive system: A first clinical and stereomicroscopic study / M. Foersch, C. Schuster, R. K. Rahimi [et al.] // The Angle Orthodontist. – 2016. – Vol. 86. – № 2. – P. 260-264.

83. Fox, N. A. A critique of bond strength testing in orthodontics / N. A. Fox, J. F. McCabe, J. G. Buckley // British Journal of Orthodontics. – 1994. – Vol. 21. – № 1. – P. 33-43.

84. Fraunhofer, J. A. von. Adhesion and cohesion / J. A. von Fraunhofer // International Journal of Dentistry. – 2012. – Vol. 2012. – P. 951324.

85. Fricker, J. P. A new self-curing resin-modified glass-ionomer cement for the direct bonding of orthodontic brackets in vivo / J. P. Fricker, G. Dip // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. – 1998. – Vol. 113. – № 4. – P. 384-386.

86. Gange, P. Bonding in today's orthodontic practice / P. Gange // Journal of clinical orthodontics: JCO. – 2006. – Vol. 40. – № 6. – P. 361-367; quiz 357.

87. Gardner, A. Variations in acid-etch patterns with different acids and etch times / A. Gardner, R. Hobson // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. – 2001. – Vol. 120. – № 1. – P. 64-67.

88. Ghavami-Lahiji, M. The effect of thermocycling on the degree of conversion and mechanical properties of a microhybrid dental resin composite / M. Ghavami-Lahiji, M. Firouzmanesh, H. Bagheri [et al.] // Restorative dentistry & endodontics. – 2018. – Vol. 43. – № 2.

89. Gorton, J. In vivo inhibition of demineralization around orthodontic brackets / J. Gorton, J. D. B. Featherstone // American Journal of Orthodontics and Dentofacial

Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics. – 2003. – Vol. 123. – № 1. – P. 10-14.

90. Grandhi, R. K. Shear bond strength of stainless steel orthodontic brackets with a moisture-insensitive primer / R. K. Grandhi, E. C. Combe, T. M. Speidel // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics. – 2001. – Vol. 119. – № 3. – P. 251-255.

91. Griffin, J. Comparison of shear bond strength and ARI of four different adhesive systems used to bond molar tubes: An in vitro study / J. Griffin, M. Ruddy, D. Mavreas [et al.] // International Orthodontics. – 2021. – Vol. 19. – № 1. – P. 117-122.

92. Hasan, L. A. Evaluation the properties of orthodontic adhesive incorporated with nano-hydroxyapatite particles / L. A. Hasan // The Saudi Dental Journal. – 2021. – Vol. 33. – № 8. – P. 1190-1196.

93. Hegarty, D. J. In vivo bracket retention comparison of a resin-modified glass ionomer cement and a resin-based bracket adhesive system after a year / D. J. Hegarty, T. V. Macfarlane // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. – 2002. – Vol. 121. – № 5. – P. 496-501.

94. Hettiarachchi, R. M. The cost-effectiveness of oral health interventions: A systematic review of cost-utility analyses / R. M. Hettiarachchi, S. Kularatna, M. J. Downes [et al.] // Community Dentistry and Oral Epidemiology. – 2018. – Vol. 46. – № 2. – P. 118-124.

95. Hobson, R. S. Bond strength to surface enamel for different tooth types / R. S. Hobson, J. F. McCabe, S. D. Hogg // Dental Materials. – 2001. – Vol. 17. – № 2. – P. 184-189.

96. Hormati, A. A. Effects of contamination and mechanical disturbance on the quality of acid-etched enamel / A. A. Hormati, J. L. Fuller, G. E. Denehy // Journal of the American Dental Association (1939). – 1980. – Vol. 100. – № 1. – P. 34-38.

97. ISO 10873:2021 // Dentistry — Denture adhesives.

98. Jain, M. The call for standardization of shear bond strength testing protocols in orthodontics / M. Jain, D. Patel, T. Sharma // *Journal of Indian Orthodontic Society*. – 2023. – Vol. 57. – № 1. – P. 39-42.

99. Janiszewska-Olszowska, J. Effect of orthodontic debonding and adhesive removal on the enamel - current knowledge and future perspectives - a systematic review / J. Janiszewska-Olszowska, T. Szatkiewicz, R. Tomkowski [et al.] // *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*. – 2014. – Vol. 20. – P. 1991-2001.

100. Jemt, T. Adhesion of polycarboxylate-based dental cements to enamel: An in vivo study / T. Jemt, P. A. Stålblad, G. Øilo // *Journal of Dental Research*. – 1986. – Vol. 65. – № 6. – P. 885-887.

101. Karamouzos, A. In vivo evaluation of a moisture-activated orthodontic adhesive: a comparative clinical trial / A. Karamouzos, A. Mavropoulos, A. E. Athanasiou, G. Kolokithas // *Orthodontics & Craniofacial Research*. – 2002. – Vol. 5. – № 3. – P. 170-178.

102. Katona, T. R. A comparison of the stresses developed in tension, shear peel, and torsion strength testing of direct bonded orthodontic brackets / T. R. Katona // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. – 1997. – Vol. 112. – № 3. – P. 244-251.

103. Katona, T. R. Engineering and experimental analyses of the tensile loads applied during strength testing of direct bonded orthodontic brackets / T. R. Katona, J. Chen // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. – 1994. – Vol. 106. – № 2. – P. 167-174.

104. Kimura, S. Influence of dentin on bonding of composite resin Part 1 effect of fresh dentin and storing conditions / S. Kimura, T. Shimizu, B. Fujii // *Dental Materials Journal*. – 1985. – Vol. 4. – № 1. – P. 68-80.

105. Klocke, A. Influence of cross-head speed in orthodontic bond strength testing / A. Klocke, B. Kahl-Nieke // *Dental Materials*. – 2005. – Vol. 21. – № 2. – P. 139-144.

106. Kokoceva-Ivanovska, O. R. Oral hygiene index in early childhood caries, before and after topical fluoride treatment / O. R. Kokoceva-Ivanovska, O. Sarakinova,

E. Zabokova-Bilbilova [et al.] // Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. – 2018. – Vol. 6. – № 2. – P. 378.

107. Koyal, S. Comparison of bond failure of Fuji Ortho LC Transbond XT A clinical study / S. Koyal, A. Valiathan // J Pierre Fauchard Acad. – 2003. – Vol. 17. – P. 17-25.

108. Kumari, D. A. Bonding in orthodontics / D. A. Kumari, D. S. Kumar, D. N. Kumar, D. D. Saha Google-Books-ID: DFh1EAAAQBAJ. – Book Rivers, 2022. – 196 p.

109. Larato, D. C. Effect of a dental air turbine drill on the bacterial counts in air / D. C. Larato, P. F. Ruskin, A. Martin, R. Delanko // The Journal of Prosthetic Dentistry. – 1966. – Vol. 16. – № 4. – P. 758-765.

110. Le, P. T. Bond failure and decalcification: A comparison of a cyanoacrylate and a composite resin bonding system in vivo / P. T. Le, M. Weinstein, A. J. Borislow, L. E. Braitman // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics. – 2003. – Vol. 123. – № 6. – P. 624-627.

111. Leloup, G. Meta-analytic review of factors involved in dentin adherence. / G. Leloup, W. D'Hoore, D. Bouter [et al.] // Journal of Dental Research. – 1998. – Vol. 77. – P. 944.

112. Lindauer, S. J. Effect of pumice prophylaxis on the bond strength of orthodontic brackets / S. J. Lindauer, B. Shroff, F. Marshall [et al.] // American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. – 1997. – Vol. 111. – № 6. – P. 599-605.

113. Linden, L. A. Microscopic observations of fluid flow through enamel in vitro. / L. A. Linden // Odontologisk Revy. – 1968. – Vol. 19. – № 4. – P. 349-365.

114. Littlewood, S. J. Investigation of a hydrophilic primer for orthodontic bonding: an in vitro study / S. J. Littlewood, L. Mitchell, D. C. Greenwood [et al.] // Journal of Orthodontics. – 2000. – Vol. 27. – № 2. – P. 181-186.

115. Matasa, C. G. Microbial attack of orthodontic adhesives / C. G. Matasa // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. – 1995. – Vol. 108. – № 2. – P. 132-141.

116. McNamara Jr, J. A. An orthopedic approach to the treatment of Class III malocclusion in young patients. / J. A. McNamara Jr // *Journal of clinical orthodontics: JCO.* – 1987. – Vol. 21. – № 9. – P. 598-608.
117. Miura, F. New direct bonding system for plastic brackets / F. Miura, K. Nakagawa, E. Masuhara // *American Journal of Orthodontics.* – 1971. – Vol. 59. – № 4. – P. 350-361.
118. Mojtahedzadeh, F. Comparison of wire loop and shear blade as the 2 most common methods for testing orthodontic shear bond strength / F. Mojtahedzadeh, M. S. A. Akhoundi, H. Noroozi // *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* – 2006. – Vol. 130. – № 3. – P. 385-387.
119. Muhleman, H. R. Storage medium and enamel hardness / H. R. Muhleman // *Helv Odont Acta.* – 1964. – Vol. 8. – P. 112-117.
120. Namdari, M. Comparison of the failure rate, bonding time and ARI score of two orthodontic bonding systems: Self-Etch Primer and Conventional Etching Primer: A systematic review and meta-analysis / M. Namdari, P. Amdjadi, A. Bayat [et al.] // *International Orthodontics.* – 2021. – Vol. 19. – № 4. – P. 566-579.
121. Newman, G. V. A simple, economical bonding adhesive / G. V. Newman // *Journal of clinical orthodontics: JCO.* – 1980. – Vol. 14. – № 4. – P. 273-277.
122. Niepraschk, M. Effect of various curing lights on the degree of cure of orthodontic adhesives / M. Niepraschk, C. Rahiotis, T. G. Bradley [et al.] // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* – 2007. – Vol. 132. – № 3. – P. 382-384.
123. Ok, U. Single-component orthodontic adhesives: comparison of the clinical and in vitro performance / U. Ok, S. Aksakalli, E. Eren, N. Kechagia // *Clinical Oral Investigations.* – 2021. – Vol. 25. – № 6. – P. 3987-3999.
124. *Orthodontic materials: scientific and clinical aspects. Orthodontic materials* / ed. W. A. Brantley. – Stuttgart New York : Thieme, 2001. – 310 p.
125. Oshida, Y. Microanalytical characterization and surface modification of TiNi orthodontic archwires / Y. Oshida, R. C. Sachdeva, S. Miyazaku // *Bio-medical materials and engineering.* – 1992. – Vol. 2. – № 2. – P. 51-69.



126. Öztürk, B. Influence of different tooth types on the bond strength of two orthodontic adhesive systems / B. Öztürk, S. Malkoç, A. E. Koyutürk [et al.] // The European Journal of Orthodontics. – 2008. – Vol. 30. – № 4. – P. 407-412.
127. Pires, P. T. Effect of ozone gas on the shear bond strength to enamel / P. T. Pires, J. C. Ferreira, S. A. Oliveira [et al.] // Journal of Applied Oral Science. – 2013. – Vol. 21. – P. 177-182.
128. Pithon, M. M. Metallic brackets bonded with resin-reinforced glass ionomer cements under different enamel conditions / M. M. Pithon, R. L. Dos Santos, M. V. de Oliveira [et al.] // The Angle Orthodontist. – 2006. – Vol. 76. – № 4. – P. 700-704.
129. Pourhajibagher, M. An in vitro evaluation of the effects of nanoparticles on shear bond strength and antimicrobial properties of orthodontic adhesives: A systematic review and meta-analysis study / M. Pourhajibagher, A. Sodagar, A. Bahador // International Orthodontics. – 2020. – Vol. 18. – № 2. – P. 203-213.
130. Rajagopal, R. A comparison of shear bond strength and debonding characteristics of conventional, moisture-insensitive, and self-etching primers in vitro / R. Rajagopal, S. Padmanabhan, J. Gnanamani // The Angle Orthodontist. – 2004. – Vol. 74. – № 2. – P. 264-268.
131. Reynolds, I. R. A Review of Direct Orthodontic Bonding / I. R. Reynolds // British Journal of Orthodontics. – 1975. – Vol. 2. – № 3. – P. 171-178.
132. Rueggeberg, F. A. Substrate for adhesion testing to tooth structure - review of the literature / F. A. Rueggeberg // Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials. – 1991. – Vol. 7. – № 1. – P. 2-10.
133. Rueggeberg, F. A. Substrate for adhesion testing to tooth structure—Review of the literature: A report of the ASC MD156 Task Group on Test methods for the adhesion of restorative materials Accredited standards committee MD156 for dental materials and devices / F. A. Rueggeberg // Dental Materials. – 1991. – Vol. 7. – Substrate for adhesion testing to tooth structure—Review of the literature. – № 1. – P. 2-10.
134. Sabour, A. Release and toxicity of bisphenol-A (BPA) contained in orthodontic adhesives: A systematic review / A. Sabour, M. El Helou, V. Roger-Leroi, C. Bauer // International Orthodontics. – 2021. – Vol. 19. – № 1. – P. 1-14.

135. Santos, L. K. Comparative analysis of adhesive remnant index of orthodontic adhesive systems / L. K. Santos, H. R. Rocha, A. C. Pereira Barroso [et al.] // South European Journal of Orthodontics and Dentofacial Research. – 2021. – Vol. 8. – № 2. – P. 26-30.

136. Schneider, P. M. The effect of enamel surface reduction in vitro on the bonding of composite resin to permanent human enamel / P. M. Schneider, L. B. Messer, W. H. Douglas // Journal of Dental Research. – 1981. – Vol. 60. – № 5. – P. 895-900.

137. Scribante, A. Orthodontics: Bracket materials, adhesives systems, and their bond strength / A. Scribante, R. Contreras-Bulnes, M. A. Montasser, P. K. Vallittu // BioMed Research International. – 2016. – Vol. 2016. – P. 1329814.

138. Sehgal, V. Evaluation of antimicrobial and physical properties of orthodontic composite resin modified by addition of antimicrobial agents—an in-vitro study / V. Sehgal, V. S. Shetty, S. Mogra [et al.] // American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. – 2007. – Vol. 131. – № 4. – P. 525-529.

139. Sena, L. M. F. de. Effect of different bonding protocols on degree of monomer conversion and bond strength between orthodontic brackets and enamel / L. M. F. de Sena, H. A. M. Barbosa, S. G. F. R. Caldas [et al.] // Brazilian Oral Research. – 2018. – Vol. 32. – P. 58.

140. Shaffer, S. E. Effect of disinfection/sterilization on in-vitro enamel bonding. / S. E. Shaffer, W. W. Barkmeier, A. J. Gwinnett // Journal of dental education. – 1985. – Vol. 49. – № 9. – P. 658-659.

141. Shafi, M. Evaluation and comparison of shear bond strength of two step bonding systems: Biofix, Transbond Plus Self Etching primer and Heliosit Orthodontic with metal brackets : PhD Thesis / M. Shafi. – Rajiv Gandhi University of Health Sciences (India), 2018.

142. Shaik, J. A. In vitro evaluation of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different adhesives / J. A. Shaik, R. K. Reddy, K. Bhagyalakshmi [et al.] // Contemporary Clinical Dentistry. – 2018. – Vol. 9. – № 2. – P. 289-292.

143. Shams, S. Shear bond strengths of 3 commonly used orthodontic adhesives / S. Shams, S. Abela, M. Andiappan [et al.] // *Dentistry*. – 2020. – Vol. 10. – № 568. – P. 2161-1122.

144. Silverman, E. A new light-cured glass ionomer cement that bonds brackets to teeth without etching in the presence of saliva / E. Silverman, M. Cohen, R. S. Demke, M. Silverman // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. – 1995. – Vol. 108. – № 3. – P. 231-236.

145. Silverstone, L. M. The histopathology of enamel lesions produced in vitro and their relation to enamel caries / L. M. Silverstone // *Thesis, University of Bristol*. – 1967.

146. Simmer, J. P. How fluoride protects dental enamel from demineralization / J. P. Simmer, N. C. Hardy, A. F. Chinoy [et al.] // *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*. – 2020. – Vol. 10. – № 2. – P. 134.

147. Smith, D. C. Crystalline interface formed by polyacrylic acid and tooth enamel / D. C. Smith, L. Cartz // *Journal of Dental Research*. – 1973. – Vol. 52. – № 5. – P. 1155-1155.

148. Söderholm, K. J. Correlation of in vivo and in vitro performance of adhesive restorative materials: a report of the ASC MD156 Task Group on Test Methods for the Adhesion of Restorative Materials / K. J. Söderholm // *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*. – 1991. – Vol. 7. – № 2. – P. 74-83.

149. Suresh, S. Fatigue of materials / S. Suresh. – Cambridge university press, 1998.

150. Svetlov, A. Y. Modern dental cements / A. Y. Svetlov // *Scientific review. Medical Sciences*. – 2017. – № 4 S 9295.

151. Tavas, M. A. Bonding of orthodontic brackets by transillumination of a light activated Composite: An In Vitro study / M. A. Tavas, D. C. Watts // *British Journal of Orthodontics*. – 1979. – Vol. 6. – № 4. – P. 207-208.

152. Taylor, R. M. S. Variation in morphology of teeth: Anthropologic and forensic aspects / R. M. S. Taylor Google-Books-ID: u7NpAAAAMAAJ. – Thomas, 1978. – 424 p.

153. Terry, D. A. A review of dental tissue microstructure, biomodification, and adhesion / D. A. Terry, C. P. Trajtenberg, M. B. Blatz, K. F. Leinfelder // *Functional Esthetics & Restorative Dentistry*. – 2008. – Vol. 2. – № 1. – P. 10-17.

154. Titley, K. Factors that affect the shear bond strength of multiple component and single bottle adhesives to dentin. / K. Titley, R. Caldwell, G. Kulkarni // *American journal of dentistry*. – 2003. – Vol. 16. – № 2. – P. 120-124.

155. Toodehzaeim, M. H. The Effect of CuO Nanoparticles on Antimicrobial Effects and Shear Bond Strength of Orthodontic Adhesives / M. H. Toodehzaeim, H. Zandi, H. Meshkani, A. Hosseinzadeh Firouzabadi // *Journal of Dentistry*. – 2018. – Vol. 19. – № 1. – P. 1-5.

156. Vaheed, N. A. In vitro analysis of shear bond strength and adhesive remnant index of stainless steel brackets with different adhesive systems to enamel / N. A. Vaheed, M. Gupta, S. A. David [et al.] // *The Journal of Contemporary Dental Practice*. – 2018. – Vol. 19. – № 9. – P. 1047-1051.

157. Vallathan, A. A comparative in vitro study with new generation ethyl cyanoacrylate (smartbond) and a composite bonding agent / A. Vallathan // *Trends in Biomaterials and Artificial Organs*. – 2003. – Vol. 16. – № 2. – P. 83-90.

158. Vermelho, P. M. Adhesion of multimode adhesives to enamel and dentin after one year of water storage / P. M. Vermelho, A. F. Reis, G. M. B. Ambrosano, M. Giannini // *Clinical Oral Investigations*. – 2017. – Vol. 21. – № 5. – P. 1707-1715.

159. Wawrzynkiewicz, A. The cytotoxicity and genotoxicity of three dental universal adhesives—An in vitro study / A. Wawrzynkiewicz, W. Rozpedek-Kaminska, G. Galita [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2020. – Vol. 21. – № 11. – P. 3950.

160. Weatherell, J. A. Changes in the fluoride concentration of the labial enamel surface with age / J. A. Weatherell, C. Robinson, A. S. Hallsworth // *Caries Research*. – 1972. – Vol. 6. – № 4. – P. 312-324.

161. Wierichs, R. J. Influence of highly concentrated fluoride dentifrices on remineralization characteristics of enamel in vitro / R. J. Wierichs, S. Westphal, J. Lausch [et al.] // *Clinical Oral Investigations*. – 2018. – Vol. 22. – № 6. – P. 2325-2334.

162. Williams, V. D. The effect of five-year storage prior to bonding on enamel/composite bond strength / V. D. Williams, C. W. Svare // *Journal of Dental Research*. – 1985. – Vol. 64. – № 2. – P. 151-154.

163. Yadala, C. Comparison of shear bond strength of three self-etching adhesives: An in-vitro study / C. Yadala, R. Gaddam, S. Arya [et al.] // *Journal of International Oral Health : JIOH*. – 2015. – Vol. 7. – № 7. – P. 53-57.

164. Yamamoto, A. Orthodontic bracket bonding: enamel bond strength vs time / A. Yamamoto, T. Yoshida, K. Tsubota [et al.] // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. – 2006. – Vol. 130. – № 4. – P. 435-e1.

165. Zharkova, O. A. The use of glass ionomer cements of the GC Fuji line: theoretical and practical aspects / O. A. Zharkova // *Modern Dentistry*. – 2012. – № 2. – P. 50-52.

166. Zhou, Y. Cationic Photopolymerization Initiated by a Photocatalytic Complex Sensitive to Visible Light at 520 nm / Y. Zhou, W. Liao, X. Ni // *Catalysis Letters*. – 2021. – Vol. 151. – № 6. – P. 1766-1775.

167. Artun, J. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment / J. Artun, S. Bergland // *American Journal of Orthodontics*. – 1984. – T. 85. – № 4. – C. 333-340.

168. Gonçalves, F. Influence of BisGMA, TEGDMA, and BisEMA contents on viscosity, conversion, and flexural strength of experimental resins and composites / F. Gonçalves, Y. Kawano, C. Pfeifer [и др.] // *European Journal of Oral Sciences*. – 2009. – T. 117. – № 4. – C. 442-446.

169. Newman, G. V. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report / G. V. Newman // *American Journal of Orthodontics*. – 1965. – T. 51. – Epoxy adhesives for orthodontic attachments. – № 12. – C. 901-912.

170. Ryou, D.-B. Use of flowable composites for orthodontic bracket bonding / D.-B. Ryou, H.-S. Park, K.-H. Kim, T.-Y. Kwon // *The Angle Orthodontist*. – 2008. – T. 78. – № 6. – C. 1105-1109.

171. Schindelin, J. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis / J. Schindelin, I. Arganda-Carreras, E. Frise [и др.] // Nature Methods. – 2012. – Т. 9. – Fiji. – № 7. – С. 676-682.

172. Signorelli, M. D. Comparison of bond strength between orthodontic brackets bonded with halogen and plasma arc curing lights: an in-vitro and in-vivo study / M. D. Signorelli, E. Kao, P. W. Ngan, M. A. Gladwin // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics. – 2006. – Т. 129. – Comparison of bond strength between orthodontic brackets bonded with halogen and plasma arc curing lights. – № 2. – С. 277-282.

173. Tecco, S. A new one-step dental flowable composite for orthodontic use: an in vitro bond strength study / S. Tecco, T. Traini, S. Caputi [и др.] // The Angle Orthodontist. – 2005. – Т. 75. – A new one-step dental flowable composite for orthodontic use. – № 4. – С. 672-677.

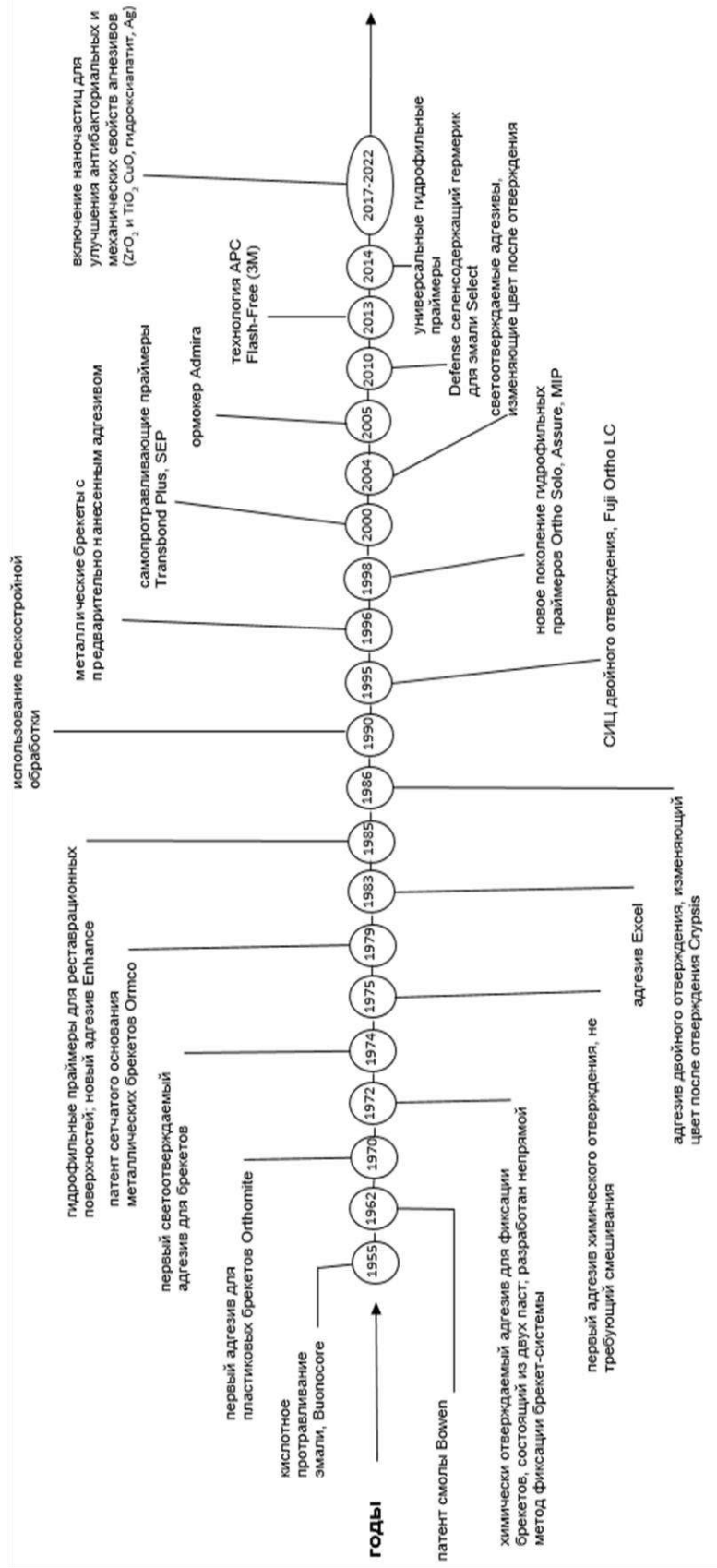
174. Uysal, T. Are the flowable composites suitable for orthodontic bracket bonding? / T. Uysal, Z. Sari, A. Demir // The Angle Orthodontist. – 2004. – Т. 74. – № 5. – С. 697-702.

175. Zachrisson, Y. O. Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain / Y. O. Zachrisson, B. U. Zachrisson, T. Büyükyilmaz // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics. – 1996. – Т. 109. – № 4. – С. 420-430.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А (справочное)

### Эволюция адгезивных техник в ортодонтии



## Приложение Б (справочное)

### Форма информированного добровольного согласия на обработку персональных данных

Дополнительное соглашение к договору № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Генеральному директору  
ООО «Омегадентал» Петровой Н.П.

#### СОГЛАСИЕ НА ОБРАБОТКУ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Я, \_\_\_\_\_,  
паспортные данные: серия \_\_\_\_\_, № \_\_\_\_\_, выдан \_\_\_\_\_

зарегистрированный по адресу \_\_\_\_\_

даю согласие ООО «Омегадентал» на обработку моих персональных данных (ПД) в соответствии со статьей 18.1 и 19 ФЗ от 27.07.2006 №152-ФЗ «О персональных данных» на следующих условиях: цель обработки – повышение качества обслуживания пациента и информирование пациента об акциях клиники.

1. Перечень персональных данных, которые могут обрабатываться компанией: любая информация, включая дату и место рождения, биографические сведения, сведения о месте регистрации, контактная информация, паспортные данные.
2. Срок действия согласия – бессрочно.
3. Компания вправе осуществлять любые действия по обработке моих ПД, в том числе: сбор, систематизация, накопление, хранение, блокирование, уничтожение, передачу третьим лицам.
4. Согласие может быть отозвано мной в любое время на основании моего письменного заявления, направленного по указанному в настоящем согласии адресу Компании на генерального директора. Заявление должно содержать паспортные данные, сведения о дате выдачи указанного документа и выдавшем его органе.
5. Способ обработки автоматизированный/неавтоматизированный.
6. Уведомление о прекращении обработки ПД и уничтожении ПД предоставляется по запросу субъекта ПД.

Генеральный директор \_\_\_\_\_ Петрова Н.П.

ФИО пациента \_\_\_\_\_



## Приложение В (справочное)

### Форма информированного добровольного согласия на проведение ортодонтического лечения

#### Информированное добровольное согласие на проведение ортодонтического лечения к договору № \_\_\_\_\_

*Настоящее добровольное согласие составлено в соответствии со статьями 30, 31, 32, 33 Основ законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан от 22 июля 1993 года №5487-1 и Приказом Министерства здравоохранения от 03.08.1999 №303*

Я, \_\_\_\_\_  
(Фамилия, Имя, Отчество – полностью)

законный представитель \_\_\_\_\_  
(Фамилия, Имя, Отчество – полностью)

находясь на лечении в стоматологической клинике \_\_\_\_\_ по моему добровольному желанию прошу провести мне все необходимые диагностические исследования и мероприятия, лечебные манипуляции и процедуры, а при необходимости, анестезиологическое пособие и операции, связанные с ортодонтическим лечением. Я осведомлен(а) о возможных осложнениях во время анестезии и приеме анальгетиков и антибиотиков, аллергических реакциях и проинформировал(а) лечащего врача-ортодонта \_\_\_\_\_ обо всех случаях аллергии к препаратам в прошлом и об аллергии в настоящее время. Я несу полную ответственность за сведения, представленные в анкете пациента и понимаю, что непредоставление ( умалчивание, искажение ) данных о состоянии моего здоровья может отрицательно сказаться во время ортодонтического лечения и вызвать обострения.

1. Перед началом ортодонтического лечения я получил(а) от моего лечащего врача-ортодонта \_\_\_\_\_ всю интересующую меня информацию о предстоящем лечении. Лечащий врач внимательно осмотрел полость рта, разъяснил, на основании данных диагностики, преимущества и сложности выбранного метода лечения.

2. Я согласен(на), доверяю и предоставляю право лечащему врачу \_\_\_\_\_ провести ортодонтическое лечение аномалии прикуса. В исключительных случаях (например, болезнь, увольнение врача) клиника производит замену врача, предварительно уведомив меня об этом. Я понимаю, что перед началом курса ортодонтического лечения необходимо произвести санацию полости рта и профессиональную гигиену полости рта в соответствии с рекомендациями лечащего врача-ортодонта.

3. Я ознакомлен(а) с планом комплексного лечения и проведения мероприятий перед началом ортодонтического лечения.

4. Я даю согласие на рентгенологическое обследование до, во время и после лечения согласно рекомендациям лечащего врача.

5. Я предупрежден(а), что до начала ортодонтического лечения и на его этапах врач выполняет диагностические фотографии, необходимые для контроля качества лечения. Я разрешаю использовать мои данные в образовательных целях и в демонстрационно - информационных целях, без указания персональных сведений.

6. Я был(а) предварительно проинформирована, что одним из основных факторов успешного лечения с применением ортодонтической аппаратуры (съёмные аппараты и несъёмная техника) является хорошая гигиена полости рта. При несоблюдении правил гигиены полости рта возможно развитие кариозных поражений, воспалительных очагов инфекции в зонах контакта ортодонтической аппаратуры с эмалью зуба и мягкими тканями полости рта (кариес, пигментации эмали, пародонтит, гингивит). Я согласен(а), что лечащий врач оставляет за собой право принятия решения о снятии ортодонтической аппаратуры на любом этапе лечения при неудовлетворительной гигиене полости рта. Деньги за проведенный объем лечения не будут возвращены.

7. Я согласен(а), что при возникновении заболеваний пародонта (гингивит, пародонтит, пародонтоз) необходимо проводить дополнительное лечение у врача - пародонтолога. Данное лечение оплачивается отдельно от стоимости ортодонтического лечения.

8. Я предупрежден(а), что при ортодонтическом лечении возможно возникновение заболеваний периодонта, обусловленных скрытыми очагами инфекции, неудовлетворительным эндодонтическим лечением. Я согласен(а) проводить необходимое лечение для устранения воспалительных очагов инфекции.

9. Мне известно, что для нормализации прикуса может потребоваться удаление отдельных зубов на верхней и нижней челюсти. О необходимости или возможной вероятности лечащий врач сообщает до начала ортодонтического лечения.

10. Мне известно, что адаптационный период (период привыкания к аппарату) в среднем, может длиться от 1 до 4-х недель. Во время адаптационного периода к ортодонтической аппаратуре могут возникать болевые ощущения в области верхней и нижней челюсти, натирание слизистой оболочки губы и щеки, нарушение речеобразования, другие явления дискомфорта.

11. Мне известно, что при назначении лечащим врачом дополнительных аппаратов и приспособлений (лицевая маска, лицевая дуга, дистализаторы, межчелюстные тяги, минивинты и др.) необходимо следовать всем

рекомендациям лечащего врача. При невыполнении правил и сроков пользования вспомогательной аппаратурой, возможно изменение плана лечения (смена аппаратов, удаление зубов и др.) и, как следствие, снижение результата лечения. Сумма уплаченная за аппараты, к которым я не смог(ла) привыкнуть по различным причинам, не возвращается.

12. Мне известно, что необходимо производить активацию съемных аппаратов и несъемной техники строго в сроки, указанные лечащим врачом. При нарушении рекомендаций лечащий врач имеет право завершить лечение на данном этапе без возмещения стоимости ортодонтической аппаратуры или лечения. Необходимо проводить гигиеническую чистку ортодонтической аппаратуры в соответствии с рекомендациями лечащего врача.

13. Мне известно, что при невыполнении рекомендаций лечащего врача в процессе активного лечения и в период пользования съемными аппаратами срок лечения может удлиниться, а результаты лечения могут быть менее эффективными.

14. Мне известно, что в период активного роста лицевого черепа в некоторых случаях требуется повторное изготовление ортодонтического аппарата из-за роста костной ткани, но не чаще 1 раза в 8 месяцев. В этом случае я оплачиваю повторное изготовление аппарата.

15. Мне известно, что после окончания активного периода ортодонтического лечения необходимо носить ретенционный аппарат в течение всего периода, который требуется для закрепления результата лечения, в противном случае может развиваться рецидив аномалии прикуса. Контроль за ношением аппарата осуществляет лечащий врач-ортодонт (контроль качества фиксации ретенционного аппарата в полости рта).

16. Я понимаю и согласен(а), что перелом, трещина ортодонтического аппарата или его металлических конструкций(после истечения гарантийного срока), приваривание новых элементов, утеря аппарата не являются гарантийными случаями и должны быть оплачены отдельно.

17. Я понимаю, что предложенное лечение поможет мне сохранить здоровье, тем не менее, ортодонтическое лечение является вмешательством в мой организм, и, как любое медицинское вмешательство, не может иметь стопроцентной гарантии на успех, даже при идеальном выполнении всех клинических и технологических этапов.

18. Я понимаю, что в период роста или при наличии заболеваний пародонта ортодонтическое лечение может существенно отклоняться от намеченного плана. Врач-ортодонт объяснил мне, что не реже 1 раза в 6 месяцев он объясняет мне выполнение намеченного плана лечения и при возникновении вышеперечисленных ситуаций мы обсуждаем дальнейшие манипуляции и производим коррекцию плана на каждом этапе.

19. Понимаю сущность предложенного лечения и уникальность собственного организма. Я согласен(а) с тем, что не возможно предсказать идеальный результат планируемого лечения. Я понимаю, что мне не были предоставлены какие-либо гарантии об успешности результатах лечения, однако гарантировано проведение лечения специалистом соответствующей квалификации, применение им качественных материалов и инструментов, соблюдение методик в асептических условиях.

20. При возникновении каких-либо конфликтных ситуаций, я обращаюсь во врачебную экспертную комиссию в клинике, где специалисты необходимого мне профиля решают мой вопрос и выдают экспертное заключение.

21. Я даю разрешение лечащему врачу на предоставление информации, составляющей врачебную тайну, третьим лицам в интересах обследования и лечения,

22. Я даю разрешение моему лечащему врачу на предоставление информации, составляющей врачебную тайну, страховой компании с которой у меня заключен договор на оказание медицинских услуг по добровольному медицинскому страхованию (ДМС).

23. Я полностью принимаю и выражаю свое согласие на оплату услуг стоматологической клиники «ГЕРА».

24. Я подтверждаю, что прочитал(а) и понял(а) все вышеизложенное, имел(а) возможность обсудить с лечащим врачом все интересующие и непонятные мне вопросы, связанные с лечением моего заболевания и последующего реабилитационного периода. На заданные вопросы я получил(а) удовлетворяющие меня ответы и у меня не осталось невыясненных вопросов к врачу.

25. Настоящее информированное добровольное согласие содержит необходимую для меня информацию с тем, чтобы я ознакомился(ась) с предлагаемым лечением и мог(ла) дать свое согласие на проведение данного медицинского вмешательства, либо отказаться от него.

26. Мое решение является свободным и добровольным и представляет собой информированное добровольное согласие на проведение медицинского вмешательства.

Подпись пациента /Законного представителя \_\_\_\_\_

Фамилия (полностью) И.О.

Подпись лечащего врача \_\_\_\_\_

Фамилия (полностью) И.О.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

## Приложение Г (справочное)

### Медицинская карта ортодонтического пациента

Наименование медицинской организации:	Код формы по ОКУД _____ Код организации по ОКПО _____ Медицинская документация Учетная форма № 043-1/у Утверждена приказом Минздрава России от " " 20 г. № _____
Адрес:	

## МЕДИЦИНСКАЯ КАРТА ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ПАЦИЕНТА

№ \_\_\_\_\_

1. Фамилия, имя, отчество \_\_\_\_\_
2. Пол: муж. - 1, жен. - 2
3. Дата рождения: число \_\_\_\_\_ месяц \_\_\_\_\_ год \_\_\_\_\_
4. Место регистрации: республика, край, область \_\_\_\_\_  
район \_\_\_\_\_  
город \_\_\_\_\_ населенный пункт \_\_\_\_\_  
улица \_\_\_\_\_ дом \_\_\_\_\_ квартира \_\_\_\_\_  
тел. \_\_\_\_\_
5. Местность: городская - 1, сельская - 2

**6. Семейное положение:** состоит в зарегистрированном браке – 1, состоит в незарегистрированном браке – 2, не состоит в браке – 3, неизвестно – 4.

**7. Образование:**

*профессиональное:* высшее – 1, неполное высшее – 2, среднее – 3, начальное – 4;

*общее:* среднее (полное) – 5, основное – 6, начальное – 7, не имеет начального образования – 8, неизвестно – 9.

**8. Занятость:** *занят(а) в экономике:* руководители и специалисты высшего уровня квалификации – 1, прочие специалисты – 2, квалифицированные рабочие – 3, неквалифицированные рабочие – 4, занятые на военной службе – 5;

*не занят(а) в экономике:* пенсионеры – 6, студенты и учащиеся – 7.

**9. Место работы**

**10. Полис ОМС:** серия \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_ **11. СНИЛС** \_\_\_\_\_

**12. Наименование страховой медицинской организации** \_\_\_\_\_

**13. Паспорт:** серия \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_ выдан \_\_\_\_\_

**14. Вид оплаты:** ОМС – 1, бюджет – 2, платные услуги – 3, в т.ч. ДМС – 4, другое – 5.

**15. Код категории льготы** \_\_\_\_\_

**16. Категории льготности:** инвалид ВОВ – 1, участник ВОВ – 2, воин-интернационалист – 3, лицо, подвергшееся радиационному облучению – 4, в т.ч. в Чернобыле – 5, инв. II гр. – 7, инв. III гр. – 8, ребенок-инвалид – 9, инвалид с детства – 10, прочие – 11 (указать) \_\_\_\_\_

**17. Направлен мед. организацией** \_\_\_\_\_

**16. Диагноз направившей мед. организации:**

16.1. основной: \_\_\_\_\_

код по МКБ-10 \_\_\_\_\_

16.2. осложнения основного: \_\_\_\_\_

**17. ЖАЛОБЫ**

17.1. эстетические; 17.2. морфологические, 17.3. функциональные (со слов родителей):

несмыкание губ, ротовое дыхание, инфантильное глотание, бруксизм,

нарушения произношения звуков речи (\_\_\_\_\_), вялое жевание,

привычное смещение н/ч (вперед, в сторону), нарушения функции ВНЧС.

Дополнительно: \_\_\_\_\_

**18. АНАМНЕЗ**

18.1. Нарушение здоровья матери [триместр беременности: I, II, III] (нет)

18.2. Рожден (в срок, недоношен);

18.3. Вид вскармливания (естественное, искусственное с \_\_\_\_\_ мес., смешанное)

18.4. Начало прорез. первых временных зубов: \_\_\_\_\_ мес.

18.5. Начало смены передних зубов: \_\_\_\_\_ лет.

18.6. Наличие вредных привычек (да, нет):

сосание пальцев, в/губы, н/губы, языка, предметов

18.7. Наличие врожденных аномалий развития челюстно-лицевой области: у родственников (нет):

родителей, братьев, сестер, др. родственников.

18.8. Перенесенные и сопутствующие заболевания (нет):

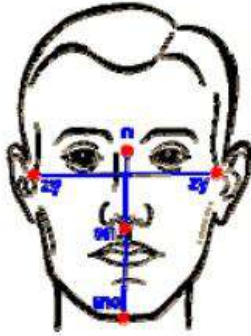
<input type="checkbox"/> Диспепсия	<input type="checkbox"/> Скарлатина	<input type="checkbox"/> Заболевания нервной системы
<input type="checkbox"/> Рахит	<input type="checkbox"/> Травма	<input type="checkbox"/> Иммунодефицит
<input type="checkbox"/> Ветряная оспа	<input type="checkbox"/> Заболевания ЛОР органов	<input type="checkbox"/> Множественный кариес
<input type="checkbox"/> Гепатит	<input type="checkbox"/> Заболевания опорно-дв. аппарата	<input type="checkbox"/> Пародонтопатия
<input type="checkbox"/> Дифтерия	<input type="checkbox"/> Аллергия	<input type="checkbox"/> Прочие:
<input type="checkbox"/> Инф. паротит	<input type="checkbox"/> Эндокринные заболевания	
<input type="checkbox"/> Корь	<input type="checkbox"/> Болезни ЖКТ, печени, почек	
<input type="checkbox"/> Краснуха	<input type="checkbox"/> Болезни сердца	

18.9. Проводилось ранее ортодонтическое лечение (нет);

18.9.1 Длительность лечения \_\_\_\_ лет;

18.9.2. Вид аппаратуры (съемная, несъемная)

## 19. ОСМОТР ЛИЦА. КЕФАЛОМЕТРИЯ



### 19.1. Лицо анфас:

19.1.1. Ширина лица: (zy-zy \_\_\_\_ мм)

19.2. Высота лица: (n-me \_\_\_\_ мм, n-sn \_\_\_\_ мм, sn-me \_\_\_\_ мм)

19.1.3. Лицо симметричное (да, нет)

19.1.4. Подбородок смещен вправо, влево, нет

19.1.5. Выраженность надподбородочной складки: (да, нет)

19.1.6. Губы сомкнуты (да, нет)

19.1.7. Симптом «десневой улыбки» (да, нет)

### 19.2. Лицо в профиль:

19.2.1. Тип профиля:

прямой(а), выпуклый(б), вогнутый(в)

19.2.2. Положение верхней губы:

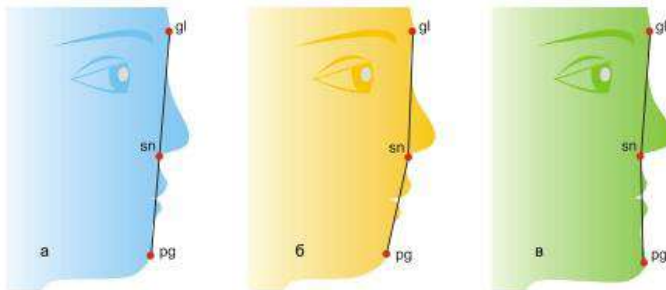
выступает, западает, правильное

19.2.3. Положение нижней губы:

выступает, западает, правильное

19.2.4. Положение подбородка:

прогения, ретрогения, правильное.



## 20. ОСМОТР ПОЛОСТИ РТА

### 20.1. Мягкие ткани полости рта:

20.1.1. Уздечка верхней губы: короткая, широкая, прикреплена низко, в норме.

20.1.2. Уздечка нижней губы: короткая, широкая, прикреплена высоко, в норме.

20.1.3. Уздечка языка: короткая, широкая, в норме.

20.1.4. Язык: макроглоссия, микроглоссия, в норме.

20.1.5. Преддверие полости рта: мелкое, в норме.

20.1.6. Слизистая оболочка: гиперемирована, отечна, гипертрофирована, афты, язвы, заеды, в норме.

20.2. Зубы:

20.2.1. Прикус: временный, смена зубов, постоянный

20.2.2. Гигиена полости рта: хорошая, удовлетворительная, плохая

20.2.3. Аномалии зубов:

- цвета																	
- структуры. тв. тк.																	
- формы																	
- положения *																	
- сроков прорез. **																	
- количества ***																	
М/д размеры																	
Верхняя челюсть	зач	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	зач
Нижняя челюсть	зач	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	зач
М/д размеры																	
- количества ***																	
- сроков прорез. **																	
- положения *																	
- формы																	
- структуры тв. тк.																	
- цвета																	

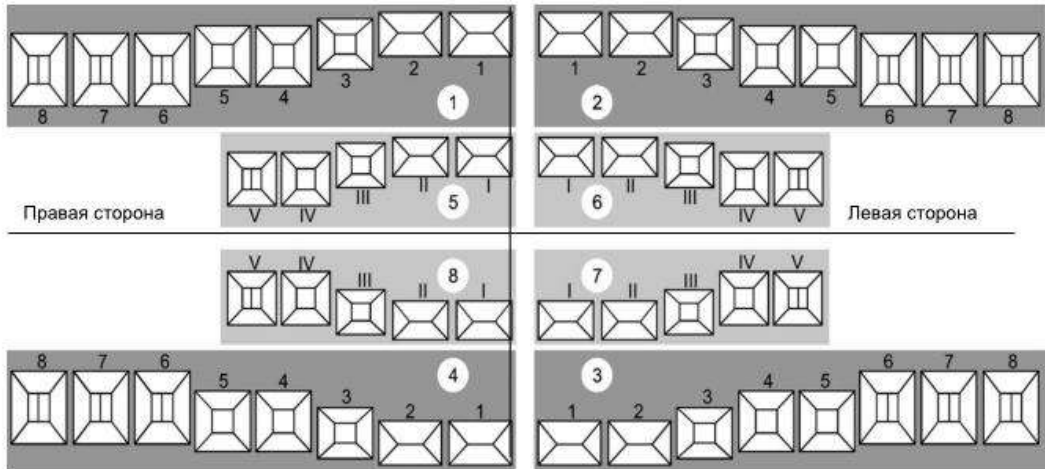
\* В - вестибулярное, О - оральное, Д - дистальное, М - мезиальное, С - супраположение, И - инфраположение,

Т - тортоаномалия, Тр - транспозиция, Пр - протрузия, Рт - ретрузия.

\*\* Р - ретенция, П - персистентный, РУ - раннее удаление.

\*\*\* АП - адентия первичная, АВ - адентия вторичная, СК - сверхкомплектный.

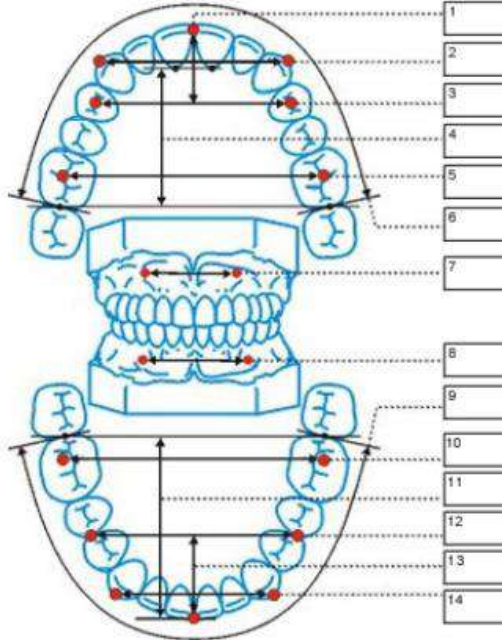
20.2.4. Зубная формула



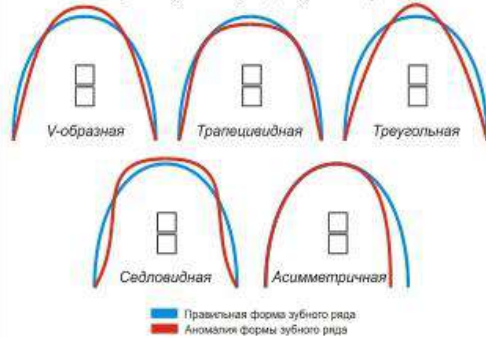
С - кариес в стадии пятна      Г - гипоплазия  
 К - кариозная полость      Ф - флюороз  
 П - пломба      К - корень

**20.3. Зубные ряды**

20.3.1. Размеры зубных рядов (поз. 1-3, 5-6, 9-10, 12-14) и апикальных базисов челюстей (поз. 4, 7, 8, 11):



20.3.2. Форма зубных рядов ( в норме):



20.3.3. Контакт соседних зубов ( в норме):

20.3.3.1. Диастема между 1.1 и 2.1 \_\_\_\_\_ мм

20.3.3.2. Диастема между 3.1 и 4.1 \_\_\_\_\_ мм

20.3.3.3. Тремы ( в.з.р.,  н.з.р.)

20.3.3.4. Скученное положение

20.3.4. Нарушение последовательности расположения зубов ( нет): \_\_\_\_\_

20.3.5. Симметричность расположения зубов: ( сохранена,  нарушена \_\_\_\_\_)

**20.4. Окклюзия**

20.4.1. Сагиттальное направление:

20.4.1.1. Окклюзия моляров справа ( I,  II,  III кл.), слева ( I,  II,  III кл.)

смыкание моляров нарушено на (мм): справа \_\_\_\_\_, слева \_\_\_\_\_

20.4.1.2. Окклюзия клыков справа ( I,  II,  III кл.), слева ( I,  II,  III кл.)

20.4.1.3. Смыкание резцов:  в норме,  сагиттальная щель \_\_\_\_\_ мм,  обратная резцовая окклюзия,  обратная сагиттальная щель \_\_\_\_\_ мм.

20.4.2. Вертикальное направление:

20.4.2.1. Передний отдел ( в норме):

вертикальная резцовая дизокклюзия: верт. щель \_\_\_\_\_ мм, в пределах \_\_\_\_\_ зубов;

прямая резцовая окклюзия;

глубокая резцовая окклюзия (величина перекрытия:  >1/3,  >1/2)

глубокая резцовая дизокклюзия ( травмирующая окклюзия);

20.4.2.2. Боковой отдел ( в норме): дизокклюзия  справа,  слева

20.4.3. Трансверсальное направление:

20.4.3.1. Передний отдел ( в норме):

смещение косметического центра ( вправо,  влево) на \_\_\_\_\_ мм;

20.4.3.2. Боковой отдел зубных рядов ( в норме):

Перекрестная окклюзия	справа	слева
Палатокклюзия	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Лингвокклюзия	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Вестибулокклюзия	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**21. РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

**21.1. Ортопантомография челюстей** (дата, возраст) \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ лет.

21.1.1. Асимметрия развития тел челюстей  и ВНЧС  (нет).

21.1.2. Врожденная расщелина  альвеолярного отростка,  нёба (нет):

правосторонняя,  левосторонняя,  двусторонняя.

21.1.3. Деструкция костной ткани челюсти в области \_\_\_\_\_ зубов (нет).

21.1.4. Атрофия костных перегородок в области \_\_\_\_\_ зубов (нет)  
+- до 1/3, ++ - до 1/2, +++ - более 1/2 длины корня

**21.2. ТРГ головы в боковой проекции** (дата, возраст) \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ лет.

**21.2.1. Положение и наклон резцов и моляров**

*Наклон резцов*

1. <U1/NL (наружный) \_\_\_\_\_ град.

2. <L1/ML (внутренний) \_\_\_\_\_ град.

3. <I/I "alfa" \_\_\_\_\_ град.

*Положение резцов и моляров*

4. U1-NA \_\_\_\_\_ мм

5. L1-NB \_\_\_\_\_ мм

6. U6-PtV \_\_\_\_\_ мм

**21.2.2. Продольные и вертикальные размеры челюстей**

*Размеры основания черепа*

7. N-S \_\_\_\_\_ мм

8. < N/S/Ba \_\_\_\_\_ град.

9. < N/S/Ar \_\_\_\_\_ град.

*Сагитальные размеры челюстей*

10. Длина основания в/ч A'-Snp \_\_\_\_\_ мм

11. Длина тела н/ч Pg'-Go \_\_\_\_\_ мм

12. Длина ветви н/ч Co-Go \_\_\_\_\_ мм

13. Длина подбородка Pg-NB \_\_\_\_\_ мм

*Вертикальные размеры челюстей*

14. Передняя высота в/ч U1-NL \_\_\_\_\_ мм

15. Передняя высота н/ч L1-ML \_\_\_\_\_ мм

16. Задняя высота в/ч U6-NL \_\_\_\_\_ мм

17. Задняя высота н/ч L6-ML \_\_\_\_\_ мм

**21.2.3. Положение и наклон челюстей**

18. < S/N/A \_\_\_\_\_ град.

19. < S/N/B \_\_\_\_\_ град.

20. < S/N/Pog \_\_\_\_\_ град.

21. < Ar/Go/Me "Go" \_\_\_\_\_ град.

22. < NL/NSL \_\_\_\_\_ град.

23. < ML/NSL \_\_\_\_\_ град.

24. < ML/OcL \_\_\_\_\_ град.

**21.2.4. Соотношение челюстных костей по сагитали и вертикали**

25. Межапикальный угол < A/N/B \_\_\_\_\_ град.

26. Wits-число \_\_\_\_\_ мм

27. Задняя высота черепа S-Go \_\_\_\_\_ мм

28. Передняя высота черепа N-Gn \_\_\_\_\_ мм

29. Передняя верхняя высота N-Sna \_\_\_\_\_ мм

30. Передняя нижняя высота Sna-Gn \_\_\_\_\_ мм

31. Задняя верхняя высота Snp-NSL \_\_\_\_\_ мм

32. Задняя нижняя высота Ar-Go \_\_\_\_\_ мм

33. Межчелюстной угол ("B") < NL/ML \_\_\_\_\_ град.



**21.2.5. Профиль мягких тканей лица**

34. Угол профиля лица < gl-sn-pog \_\_\_\_\_ град.  
 35. Высота в/губы sn-st \_\_\_\_\_ мм  
 36. Высота н/губы с подбородком st-me \_\_\_\_\_ мм  
 37. Положение UL к эстетической плоскости по Ricketts (pn-pog):  
 на прямой, кпереди на \_\_\_\_\_ мм, кзади на \_\_\_\_\_ мм  
 38. Положение LL к эстетической плоскости (pn-pg):  
 на прямой, кпереди на \_\_\_\_\_ мм, кзади на \_\_\_\_\_ мм  
 39. Носогубной угол < col-sn-UL \_\_\_\_\_ град.

**21.2.6. Оценка положения и наклона челюстей**

Ретропозиция	18. SNA	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	Антепозиция
Ретроинклинация	22. ML/NSL	16.5	15.5	14.5	13.5	12.5	11.5	10.5	9.5	8.5	7.5	6.5	5.5	4.5	3.5	2.5	1.5	0.5	Антеинклинация
	8. NSBa	146	144	142	140	138	136	134	132	130	128	126	124	122	120	118	116	114	
Ретроинклинация	23. ML/NSL	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28	26	25	24	23	22	21	Антеинклинация
Ретропозиция	19. SNB	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	Антепозиция

Тип профиля: Ретрогнатический Нормогнатический Прогнатический

**21.2.7. Прогноз типа роста лицевого отдела черепа**

	<input type="checkbox"/> Горизонтальный	<input type="checkbox"/> Нейтральный	<input type="checkbox"/> Вертикальный
S-Go : N-Gn (%)	75	71	67
23. < ML/NSL	17	22	27
33. < NL/ML	13	18	23
40. sum. Bjork	381	386	391
41. < N/Go/Me	62	65	68
42. < N-Ba/Pt-Gn	99	96	93
43. < ML/FH	13	15	17
44. < S-Gn/FH "Y-ось"	49	52	55
	62 - 65	58	54
	29 - 35	37	42
	25 - 31	33	38
	393 - 399	401	406
	70 - 76	78	82
	92 - 89	87	84
	18 - 26	27	29
	56 - 62	63	66
			50
			47
			43
			411
			86
			81
			31
			69

**21.2.8. «К»-анализ**

47. "К"-Po \_\_\_\_\_ мм  
 48. "К"-6 dist \_\_\_\_\_ мм  
 49. "К"-L6 dist \_\_\_\_\_ мм  
 50. "К"-U3 tip \_\_\_\_\_ мм  
 51. "К"-L3 dist \_\_\_\_\_ мм  
 52. "К"-U1 tip \_\_\_\_\_ мм  
 53. "К"-L1 tip \_\_\_\_\_ мм

**21.2.9. Оценка гармоничности окклюзии**

Зубной ряд	PoNI	PoNM	MNI
верхний			
нижний			

**22. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ****22.1. Клинические функциональные пробы:**

- 22.1.1. Проба Эшлера-Битнера (выдвижение нижней челюсти до смыкания моляров по I кл.).  
 Профиль: улучшился, не изменился, ухудшился; выдвижение невозможно.  
 22.1.2. Пробы Ильиной-Маркосян:  
 - сдвиг нижней челюсти кзади до краевого смыкания резцов: возможен, невозможен.  
 - при открывании рта линия косметического центра:  
выравнивается, не изменяется, смещение усиливается.  
 22.1.3. Проба положения губ при сомкнутых зубных рядах.  
 Губы смыкаются: с напряжением, без напряжения.  
 22.1.5. Измерение вертикальной щели между резцами:  
 - при максимальном опускании нижней челюсти \_\_\_\_\_ мм  
 - при относительном физиологическом покое \_\_\_\_\_ мм

**22.2. Электромиография**

Параметр	Справа			Слева		
	Височная	Жевательная	Надподъязычная	Височная	Жевательная	Надподъязычная
Макс. амплитуда ( $\mu V$ )						
Период активности (mSec)						
Период покоя (mSec)						
Жеват. период (Sec)						
Кол-во жев. движ.						
Коэф. коорд. за жев. движ.						
Коэф. коорд. за жев. период						

**22.3. Миотонометрия**

Исследование	Справа			Слева		
	Покой	Первый контакт зубов	Максимальное сокращение	Покой	Первый контакт зубов	Максимальное сокращение
1						
2						
3						

**22.4. Перитестометрия**

Дата	Значение												
Верхняя челюсть		16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26
Нижняя челюсть		46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36
Дата	Значение												

**23. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ**


---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

Обоснование предварительного диагноза \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---



---



---

**24. Клинический диагноз**Основной \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_Осложнения \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_Сопутствующие заболевания \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Внешняя причина (при травмах и отравлениях): \_\_\_\_\_

код по МКБ-10 \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_**25. План обследования**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**26. План лечения**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**27. Информированное добровольное согласие пациента на медицинское вмешательство или отказ от медицинского вмешательства получен(о):**

число \_\_\_\_\_ месяц \_\_\_\_\_ год \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_

**28. Дневник врача-ортодонта**

		До лечения	В процессе лечения	После лечения
1	Модели зубных рядов			
2	Фотографии пациента	фас/профиль / улыбка		
		в полости рта / с аппаратом		
3	Фото моделей зубного ряда	В.З.Р. справа / фронт / слева		
		Н.З.Р. справа / фронт / слева		
4	Ортопантограмма челюстей			
5	Телерентгенограмма головы	боковая		
		прямая		
6	Томограмма _____			

