

На правах рукописи

ЭЛЬКАНОВ АХМАТ АУБЕКIROBИЧ

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЧНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ**

14.01.14 – Стоматология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Волгоград - 2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ.

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии **Брагин Евгений Александрович**

Официальные оппоненты:

Арутюнов Сергей Дарчоевич, доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения РФ, заведующий кафедрой пропедевтической стоматологии, декан факультета среднего профессионального образования

Лебеденко Игорь Юльевич, доктор медицинских наук, профессор, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», заведующий кафедрой ортопедической стоматологии, заведующий лабораторией разработки и физико-химических испытаний стоматологических материалов ЦНИИС и ЧЛХ

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения РФ

Защита диссертации состоится «__» _____ 2018 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 208.008.03 ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России (400131, г. Волгоград, площадь Павших борцов, д. 1).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Волгоградского государственного медицинского университета и на сайте www.volgmed.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

д.м.н., профессор

Вейсгейм Людмила Дмитриевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Исследование, разработка и производство керамических материалов для ортопедической стоматологии составляют существенный сегмент современного материаловедения. Несмотря на значительные достижения в здравоохранении, по данным ВОЗ частичная адентия, наряду с кариесом и болезнями пародонта, относится к наиболее часто встречающейся патологии зубочелюстной системы (СЕ Misch, 2015; Y. Hamada, D. Shin, V. John, 2016). Возрастающие ожидания пациентов в улучшении качества стоматологического протезирования, связанного, в том числе, с эстетической составляющей (E. Bramanti et al., 2013; SB Sangappa, 2012), приводят к необходимости применения научного подхода к проблеме развития протезирования, разработке инновационных технологий создания биокерамических материалов и оценке их физико-механических характеристик, что делает тему нашего исследования востребованной.

Актуальность проблемы состоит в повышении качества стоматологической помощи населению с патологией зубочелюстной системы за счет выбора оптимальных современных керамических материалов с необходимым уровнем прочностных свойств для каждого пациента с учетом его индивидуальных особенностей и различных факторов, действующих в полости рта на стоматологические конструкции (Н.Б. Асташина с соавт., 2014; A. Nazarian, 2015).

В стоматологическом материаловедении используют разнообразные методы исследования и испытаний для получения достаточно полной и надежной информации о свойствах материалов, об их изменении в зависимости от химического состава, структуры и методов обработки. Успех ортопедического лечения во многом зависит от свойств конструкционных материалов.

В нашей работе особое внимание будет уделено механическим свойствам керамических материалов, которые характеризуют способность материалов сопротивляться действию внешних сил и, в значительной степени, определяют область применения керамики при восстановлении зубов. К таким свойствам относится механическая прочность – способность материала быть устойчивым к разрушающему воздействию внешних сил, постоянно действующих в полости рта (AA Ribeiro et al., 2013; YS Al Jabbari et al., 2014). Основными силами, действующими на стоматологические материалы в условиях полости рта, являются жевательные нагрузки. В зависимости от функциональной группы зубов жевательная нагрузка колеблется от 50 до 300 Н, наибольшая приходится на жевательные зубы (GC Santin et al., 2015). Под действием нагрузки в твердом теле происходят изменения (деформации), или оно разрушается. Различают упругие (эластичные) или обратимые деформации (после снятия нагрузки к твердому телу возвращается первоначальная форма), и остаточные (пластичные), или необратимые (после прекращения действия нагрузки формы и размеры тела изменяются, С.Н. Гаража, 2012).

Выбор оптимального керамического материала в настоящее время часто осуществляется по такому параметру, как предел прочности при изгибе. Этот показатель определяется по трех- или четырехточечной методике при статическом нагружении стандартного образца до разрушения материала, согласно Международному стандарту ISO 6872. Однако выбор материала не может быть корректным при учете только лишь максимальной прочности на изгиб. Это связано с тем, что стоматологические керамические реставрации подвергаются не однократной статической нагрузке, а многократной динамической нагрузке продолжительностью в несколько миллионов циклов. Под воздействием динамической нагрузки фактическая прочность, согласно результатам исследований, может снижаться примерно до половины измеренной величины. Кроме того, следует отметить, что предел прочности при изгибе эмали зубов составляет примерно 60-85МПа, а дентина - примерно

100 МПа, и это подтверждает то, что оценка предела прочности при изгибе не может выступать единственным параметром при выборе материала для изготовления керамических реставраций (M. Khoroushi et al., 2013; G. Arnetzl, 2015).

Важной характеристикой стойкости хрупкого керамического материала является вязкость разрушения - свойство, отражающее сопротивление материала распространению трещины (трещиностойкость) (P. Triwatana, P. Srinuan, K. Suputtamongkol, 2013).

До настоящего времени не все свойства современных конструкционных стоматологических материалов изучены в полном объеме. Все это и послужило мотивацией данного научного исследования.

Цель исследования: повышение эффективности протетического лечения пациентов за счет обоснования выбора современных керамических материалов.

Задачи исследования:

1. Разработать методику экспериментального исследования керамических материалов;
2. Изучить показатели прочности, вязкости разрушения керамических материалов;
3. Найти способ повышения прочности материала, проанализировать устойчивость материалов к распространению трещин;
4. Провести клиническое исследование пациентов, подвергшихся ортопедическому лечению дефектов зубов и зубных рядов керамическими конструкциями;
5. Классифицировать современные керамические материалы и разработать рекомендации по их применению в ортопедической стоматологии.

Научная новизна исследования. Разработан оптимальный способ получения экспериментальных образцов из керамических материалов при помощи метода гидроабразивной резки, не оказывающего термического воздействия на материал. Разработаны методики проведения исследований механических свойств керамических материалов, таких, как предел прочности

и вязкость разрушения, а также испытательный стенд для проведения упомянутых исследований методом трехточечного изгиба. Проведено полное исследование прочностных свойств основных классов современных керамических конструкционных материалов, используемых в ортопедической стоматологии. Выявлена взаимосвязь прочности керамических конструкций с их поверхностной структурой, что позволило найти способ повышения прочности стоматологических конструкций. Разработаны практические рекомендации к использованию исследуемых материалов при протезировании дефектов зубов и зубных рядов на основе прочностных свойств, подтвержденных проведенными ретроспективными клиническими исследованиями пациентов. Были изучены осложнения в виде поломок протезов, сколов облицовки и частота их возникновения.

Практическая значимость проведенного исследования. Разработано и изготовлено специальное крепление, фиксирующее керамические блоки для удобства их обработки. Для получения экспериментальных образцов был предложен оптимальный способ обработки керамических материалов, не влияющий на их структурные свойства и не вызывающий усталости материала. Проведенное экспериментальное исследование позволило дать общую характеристику современным керамическим материалам, используемым в ортопедической стоматологии и дать четкие рекомендации по их использованию. Клинические исследования подтвердили разработанные нами практические рекомендации по использованию керамических материалов в ортопедической стоматологии.

Положения, выносимые на защиту:

1. Предел прочности керамических материалов зависит от конфигурации конструкции, ее толщины, наличия микротрещин. Эти показатели определяют причину хрупкого разрушения материала.
2. Показатели вязкости разрушения керамических материалов позволяют предсказать поведение материала в полости рта под действием

разнонаправленных нагрузок, их способность к сопротивлению распространения трещин.

3. Самым прочным из изучаемых керамических материалов является диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия, свойства которого позволяют использовать его при изготовлении несъемных конструкций большой протяженности.

Личный вклад автора в исследование. Самостоятельно проведен подробный анализ 155 литературных источников, включающих 32 отечественных и 123 зарубежных авторов. Самостоятельно выполнен ретроспективный анализ клинических наблюдений, подготовлены экспериментальные образцы при помощи метода гидроабразивной резки. Самостоятельно проведено экспериментальное исследование при помощи универсальной испытательной машины. Самостоятельно выполнены анализ и статистическая обработка полученных данных.

Внедрение результатов исследования в практику. Результаты проведенных исследований внедрены в практику работы врачей-стоматологов-ортопедов стоматологической поликлиники Ставропольского государственного медицинского университета (СтГМУ). Теоретические положения и практические рекомендации используются в программе обучения студентов, клинических ординаторов, аспирантов на кафедре ортопедической стоматологии Ставропольского государственного медицинского университета (СтГМУ).

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе 4 работы в журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, которые достаточно точно отражают содержание работы. Также оформлен патент на полезную модель. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на 50-й Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы Стоматологии» (Ставрополь, 2015), Межрайонной стоматологической конференция (Георгиевск, 2015), 51-й Всероссийской научно-практической

конференции «Актуальные проблемы Стоматологии» (Ставрополь, 2016), научно-практической межрайонной стоматологической конференции Изобильненского района «Актуальные проблемы стоматологии» (Изобильный, 2017). Результаты исследований были также представлены на втором открытом конкурсе молодых ученых на лучший доклад в области стоматологии и челюстно-лицевой хирургии (Москва, 2017).

Апробация работы.

Результаты исследования представлены и доложены на межкафедральном совещании кафедр ортопедической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний Ставропольского государственного медицинского университета 9 ноября 2017 г. (протокол № 8).

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 145 страницах компьютерного текста, включая список использованной литературы, и состоит из введения, трех глав, выводов, списка литературы и приложения. Работа иллюстрирована 56 рисунками и 16 таблицами, не считая Приложения. Список литературы содержит 155 литературных источников, включающих 32 отечественных и 123 зарубежных авторов. Работа выполнена на кафедре ортопедической стоматологии Ставропольского государственного медицинского университета.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ,

Материалы и методы исследования. В данной работе нами были исследованы несколько основных видов современной стоматологической керамики: полевошпатная керамика, лейцитная стеклокерамика, гибридная керамика, содержащая полимерную сеть, стеклокерамика на основе дисиликата лития, стеклокерамика на основе дисиликата лития с добавлением диоксида циркония, диоксид циркония, стабилизированный диоксидом иттрия. Материалы были разделены на две сравнительные группы по типу изготавливаемых конструкций. Первая группа – это материалы, рекомендуемые для протезирования зубов одиночными конструкциями (полевошпатная керамика, гибридная керамика, лейцитная стеклокерамика). Вторая группа – это материалы, рекомендуемые для протезирования дефектов зубных рядов несъемными конструкциями различной протяженности (литийдисиликатная стеклокерамика; литийдисиликатная стеклокерамика, армированная цирконием; диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия). Также учитывалось наличие и отсутствие дополнительной обработки материала.

Для обоснования применения исследуемых материалов данных групп при протезировании зубов и дефектов зубных рядов были изучены основные механические свойства, характеризующие их прочность: предел прочности материалов при изгибе по трехточечной методике и вязкость разрушения согласно Международному стандарту ISO 6872.

Для удобства работы с блоками нами было разработано специальное крепление в форме куба с гранью размером 6 см, изготовленное из капролона – полимерного материала, обладающего большой прочностью и высокими антифрикционными свойствами.

При помощи метода гидроабразивной резки было получено по 46 образцов каждого материала размерами 18*4*1.4 мм и по 15 образцов размерами 18*4*3 мм (с учетом последующей после обжига усадки). Полученная погрешность составила 0.2 мм.

Затем образцы из лейцитной стеклокерамики, стеклокерамики на основе дисиликата лития, стеклокерамики на основе дисиликата лития с добавлением диоксида циркония, диоксида циркония, стабилизированного диоксидом иттрия, были подвергнуты обжигу согласно протоколу, рекомендованному производителями.

Испытания проводились на базе кафедры ортопедической стоматологии Ставропольского государственного медицинского университета при помощи универсальной испытательной машины GOTECH AI 7000S и разработанного нами специального испытательного стенда по методике трехточечного изгиба.

Изучению предела прочности подвергались образцы керамических материалов размерами 18*4*1.4 мм. Данному испытанию было подвергнуто по тридцать одному образцу всех исследуемых керамических материалов, подвергавшихся дополнительной обработке, включающей полировку силиконовыми головками, пескоструйную обработку и выдерживание в 9-процентной плавиковой кислоте в течение одной минуты, и по пятнадцать образцов, не подвергавшихся дополнительной обработке.

Далее рассчитывались показатели предела прочности при изгибе по следующей формуле:

$$\sigma = 3Pl / 2bh^2$$

где:

P – величина нагрузки, вызвавшая разрушение образца, Н;

l – длина пролета между опорами, мм;

b – ширина образца, мм;

h – толщина образца, мм.

Для изучения вязкости разрушения пластинки размерами 18*4*3 мм также подвергались обработке полировочными инструментами. Во взятых образцах получались V-образные разрезы на грани шириной 3 мм при помощи сепарационных дисков различной толщины. В установленных на плоском основании образцах были произведены начальные надрезы точно по центру при помощи дисков толщиной приблизительно 0.5-0.7 мм и глубиной

приблизительно 0.5 мм. Распилы тщательно очищались, после чего в начальном разрезе производился еще один разрез, более тонкими сепарационными дисками. Окончательный V-образный разрез имел глубину приблизительно 1-1.2 мм.

Таким образом, было подготовлено по пятнадцать образцов каждого керамического материала. Глубина надрезов измерялась при помощи электронного штангенциркуля. Контроль качества формы полученных V-образных надрезов проводился при помощи электронного микроскопа с пятидесятикратным увеличением.

После подготовки образцов было произведено испытание по методике трехточечного изгиба при помощи использованного нами ранее оборудования и специально изготовленных приспособлений. Образцы помещались на опоры испытательного стенда поверхностью шириной 3 мм, имеющей надрез, вниз. После разрушения образцов проверялся факт того, что перелом начался на дне V-образного выреза. В случаях, когда это было не так, тест считался неверным.

Затем были проведены расчеты трещиностойкости (вязкости разрушения) материалов по формуле:

$$K_{Ic} = F/b\sqrt{w} * S/w * 3\sqrt{\alpha/2(1 - \alpha)^{1.5}} * Y$$

где:

K_{Ic} – вязкость разрушения, МПа $\sqrt{м}$;

F – разрушающая нагрузка, МН;

b = ширина образца, м;

w = толщина образца, м;

S – длина пролета между опорами испытательного стенда, м;

α – относительная глубина V-образного надреза;

Y – коэффициент фактора интенсивности нагрузки образца.

Микроскопические исследования структуры поверхности керамических образцов для испытаний прочности на изгиб до и после их дополнительной обработки проводились при помощи стереоскопического бинокулярного микроскопа. Увеличенное изображение получалось в проходящем свете с

дополнительными светодиодными осветителями при шестидесятикратном увеличении. Также при помощи этой методики проводилась оценка полученных V-образных вырезов в образцах, подготовленных для изучения трещиностойкости керамических материалов. Большое значение здесь имел характер полученного выреза, так как для достоверности данного исследования требовалось получить максимально возможной остроты вырез.

Для подтверждения полученных в ходе экспериментальных исследований результатов проведено ретроспективное клиническое исследование пациентов, находившихся ранее на ортопедическом лечении в Частном учреждении «Центр образовательной и клинической стоматологии профессора Брагина». Под наблюдением находилось 208 человек второго периода зрелого возраста, перенесших протезирование несъемными конструкциями зубных протезов, изготовленных из керамических материалов. Общесоматический статус исследуемых пациентов не учитывался. Все пациенты находились на лечении в период с 1.08.2014 по 1.02.2016. Исследуемые пациенты были разделены на две сравнительные группы. В первую группу пациентов было включено 112 человек, во вторую – 96 человек. Пациентам первой группы были зафиксированы одиночные конструкции, такие, как виниры, вкладки, искусственные коронки, изготовленные из керамических материалов первой группы сравнения. Пациентам второй группы были зафиксированы мостовидные протезы различной протяженности, изготовленные из керамических материалов второй группы сравнения.

За исследуемый промежуток времени у наблюдаемых пациентов регистрировались случаи частичных и полных поломок, сколов облицовки несъемных ортопедических конструкций. Был проведен анализ причин данных осложнений и их частоты.

Была проведена статистическая обработка всех полученных данных, определялись средние значения и среднеквадратическое отклонение. Сравнение исследуемых материалов по полученным количественным показателям проводилось с использованием критерия Краскелла-Уоллиса.

Сравнение по номинальным показателям проводилось с использованием критерия Хи-квадрат, что позволяло выявлять статистическую значимость различий получаемых результатов.

Невзвешенную среднюю арифметическую, которая отображает среднее значение каждого измеряемого нами параметра мы вычисляли по следующей формуле:

$$M = \frac{\sum X_i}{n}$$

где:

M – средняя арифметическая;

X_i – значение единичного измерения величины;

n – число повторностей измерений величины.

Для получения обобщающей характеристики размеров вариации каждого измерения мы рассчитывали среднее квадратическое отклонение. Чтобы снизить вероятность ошибки, учитывалась выборочная несмещенная дисперсия. Вычисления проводились по следующей формуле:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (X_i - M)^2}{n - 1}}$$

где:

M – средняя арифметическая;

X_i – значение единичного измерения величины;

n – число повторностей измерений величины;

δ – среднее квадратическое отклонение.

Для вычисляемых нами относительных величин ошибка рассчитывалась по следующей формуле:

$$m = \sqrt{\frac{p(100 - p)}{n}}$$

где:

p – показатель, выраженный в процентах;

n – абсолютная величина;

m – ошибка относительного показателя.

Результаты проводимых измерений записывали в следующем порядке: $M \pm \delta$ для абсолютных величин и $p \pm m$ – для относительных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Результаты лабораторных исследований.

После проведения экспериментальных исследований были рассчитаны показатели изучаемых свойств материалов. Полученные показатели предела прочности и вязкости разрушения керамических материалов первой группы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели механических свойств керамических материалов первой группы сравнения.

Материал	Прочность на изгиб до полировки, МПа	Прочность на изгиб после полировки, МПа	Вязкость разрушения, $\text{МПа}\sqrt{\text{м}}$
Полевошпатная керамика	$118,0 \pm 2,9$	$139,6 \pm 3,6$	$1,63 \pm 0,03$
Гибридная керамика	$117,4 \pm 2,5$	$146,8 \pm 2,1$	$1,48 \pm 0,04$
Лейцитная стеклокерамика	$113,8 \pm 2,4$	$134,5 \pm 3,8$	$0,85 \pm 0,03$

Анализ и обработка полученных данных показал, что прочность керамических материалов первой группы после их полировки стала на порядок выше. Показатель предела прочности для полевошпатной керамики возрос на $18,3 \pm 3,6$ процентов, для гибридной керамики, содержащей полимерную сеть – на $25,0 \pm 4,0$ процентов, для лейцитной стеклокерамики – на $18,2 \pm 3,6$ процентов. Сравнение материалов по количественным показателям проводилось с

использованием критерия Краскелла-Уоллиса. Статистически значимые различия между показателями предела прочности материалов первой группы не наблюдаются ($p < 0,05$). После полировки показатель предела прочности гибридной керамики стал несколько выше показателей других материалов данной группы. Наименьший показатель предела прочности материалов данной группы принадлежит лейцитной стеклокерамике, однако, значимых отличий не зафиксировано. Несмотря на это были отмечены статистически значимые отличия между показателями вязкости разрушения данной группы. Уровень статистической значимости был зафиксирован на уровне 0,05.

В таблице 2 представлены аналогичные показатели для материалов второй группы.

Таблица 2. Показатели механических свойств керамических материалов второй группы сравнения.

Материал	Прочность на изгиб до полировки, МПа	Прочность на изгиб после полировки, МПа	Вязкость разрушения, МПа $\sqrt{м}$
Стеклокерамика на основе дисиликата лития	297,2 ± 3,8	358,3 ± 4,5	2,64 ± 0,03
Стеклокерамика на основе дисиликата лития с добавлением диоксида циркония	227,4 ± 3,7	267,3 ± 7,5	1,75 ± 0,04
Диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия	852,9 ± 3,7	1081,2 ± 7,4	5,37 ± 0,03

Прочность керамических материалов второй сравнительной группы также возрасла после их полировки. Показатель предела прочности для

стеклокерамики на основе дисиликата лития увеличился на $20,6 \pm 2,4$ процентов, для стеклокерамики на основе дисиликата лития с добавлением диоксида циркония – на $17,6 \pm 2,5$ процентов, для диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия – на $26,8 \pm 1,5$ процентов. Сравнение материалов второй группы по количественным показателям также проводилось по критерию Краскелла-Уоллиса. Но в данной группе наблюдаются статистически значимые различия между показателями предела прочности материалов и, соответственно, их вязкости разрушения. Наибольшие показатели предела прочности и вязкости разрушения зафиксированы у диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия. Наименьшие показатели предела прочности и вязкости разрушения в данной группе материалов принадлежит стеклокерамике на основе дисиликата лития с добавлением диоксида циркония, приближая ее к материалам первой группы. Уровень статистической значимости был зафиксирован на уровне выше 0,05.

Полученные данные показывают, что при схожих показателях предела прочности материалов их способность сопротивляться распространению трещин отличается. Например, показатели предела прочности полевошпатной керамики, гибридной керамики, а также лейцитной стеклокерамики очень близки, а именно $139,6 \pm 3,6$ МПа, $146,8 \pm 2,1$ МПа и $134,5 \pm 3,8$ МПа соответственно. Однако их трещиностойкость находится на разном уровне. Это свойство тесно связано с прочностью и пластичностью материала и должно быть дополнительным параметром, учитываемым при подборе материала для протезирования.

Применение изучаемых материалов при изготовлении зубных протезов должно быть ограничено с учетом их механических свойств. Таким образом, лейцитная стеклокерамика рекомендуется нами для изготовления одиночных конструкций в пределах одного зуба во фронтальной группе. Гибридная керамика, полевошпатная керамика, а также стеклокерамика на основе дисиликата лития с добавлением диоксида циркония показаны для изготовления искусственных коронок и микропротезов в пределах

протяженности одного зуба во фронтальной и боковой группах зубов. Стеклокерамика на основе дисиликата лития IPS E.max CAD рекомендуется также для изготовления мостовидных протезов во фронтальном отделе зубного ряда малой протяженности. Диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия показан для изготовления мостовидных протезов во фронтальном и боковых отделах зубного ряда средней протяженности.

Для определения причины повышения прочности керамических материалов после их дополнительной обработки, было проведено микроскопическое исследование поверхностной структуры образцов с пятидесятикратным увеличением. На поверхности образцов, полученных методом гидроабразивной резки, были обнаружены мелкие царапины и микротрещины, которые могут внедряться в межмолекулярные пространства в структуре материала. При действии высоких нагрузок эти микротрещины и царапины сливаются в более крупные и ускоряют поломку образцов. После тщательной полировки, пескоструйной обработки и выдерживания образцов в девятипроцентной плавиковой кислоте в течение минуты их количество резко сократилось, увеличив тем самым фактическую прочность конструкции.

Результаты клинического исследования.

Под наблюдением находились 208 пациентов в возрасте от 35 до 60 лет, находившихся ранее на ортопедическом лечении. Пациентам первой группы (112 человек) в общей сложности было зафиксировано 229 цельнокерамических одиночных конструкций, в числе которых виниры, вкладки, искусственные коронки, изготовленные из керамических материалов первой группы сравнения. Из них 83 конструктивные единицы были изготовлены из полевошпатной керамики, 71 конструктивная единица – из гибридной керамики, содержащей полимерную сеть, и 75 единиц – из лейцитной стеклокерамики. Пациентам второй группы (96 человек) были зафиксированы несъемные конструкции различной протяженности, изготовленные из керамических материалов второй группы сравнения, в количестве 331 конструктивной единицы. Из них 97 конструктивных единиц изготовлены из

стеклокерамики на основе дисиликата лития, 103 единицы – из стеклокерамики на основе дисиликата лития с добавлением диоксида циркония. Также были изготовлены конструкции на каркасах из диоксида циркония, облицованные керамикой, составляющие 131 единицу.

Коррекция окклюзионных взаимоотношений на этапе протезирования у пациентов проводилась с применением артикуляционной бумаги, а также метода компьютерной окклюзиографии при помощи системы T-Scan в положениях центральной, боковой, передней окклюзии. Данная методика позволяла выявить преждевременные контакты и сформировать сбалансированную окклюзию.

За исследуемый промежуток времени в первой группе пациентов было зафиксировано 5 случаев поломок керамических реставраций, что составляет $2,2 \pm 0,9$ %. Во второй группе было зафиксировано 6 случаев поломок цельнокерамических конструкций и 5 случаев скола облицовочной керамики, что составляет $1,8 \pm 0,5$ % и $1,5 \pm 0,5$ % соответственно. Нами отмечена достаточно высокая надежность керамических конструкций.

Были проанализированы и изучены возможные причины вышеперечисленных осложнений. Все виды переломов (сколов) керамических конструкций делятся на три вида: адгезивные, когезивные и комбинированные.

Адгезивные сколы возникают из-за недостаточной адгезии керамической конструкции к зубу. Под воздействием жевательных нагрузок конструкция разрушается в области с наименьшей адгезией. Во избежание подобных сколов, мы рекомендуем большое внимание уделять процедуре фиксации реставраций на композитный цемент, важными аспектами которой являются обработка керамической поверхности плавиковой кислотой, ее силанизация, обработка поверхности зуба фосфорной кислотой. Также при глубоком препарировании рекомендуется проводить непосредственную гибридизацию поверхности зуба перед снятием оттисков в целях депротеинизации дентина, что увеличивает эффективность бондингового агента, а также точность краевого прилегания изготавливаемой конструкции.

Когезивные сколы возникают при травмах керамических конструкций, а также при повышенной концентрации напряжения. Во избежание подобных осложнений мы рекомендуем при препарировании зуба заглаживать острые края и углы культи зуба, создавать фальцы, а также при моделировании конструкции создавать более толстый слой керамического материала в участках повышенного напряжения (окклюзионная поверхность зубов боковой функциональной группы, режущая поверхность зубов передней функциональной группы). При припасовке конструкции в клинике рекомендуется свести обработку материала фрезами к минимуму, а также проводить ее с водяным охлаждением во избежание перегрева материала, что неблагоприятно сказывается на его структурных свойствах и снижает его прочность. Поэтому после проведения механической обработки каркасов из диоксида циркония рекомендована их дополнительная синтеризация.

Для снижения количества микротрещин, являющихся основной причиной переломов керамических коронок, возможно тщательное полирование конструкции. Той же цели служит глазурирование керамических реставраций, которое также предотвращает стирание зубов-антагонистов. Также очень важным моментом при протезировании пациентов конструкциями из керамических материалов является обязательное применение адгезивных технологий. Обработка поверхности керамических материалов плавиковой кислотой уменьшает микротрещины, а пропитывание поверхности керамики композитным материалом, обладающим большей упругостью и меньшей хрупкостью, чем керамика, трещиностойкость конструкции повышается.

ВЫВОДЫ.

1. Методика экспериментального исследования предела прочности и вязкости разрушения керамических материалов, отвечающая Международному стандарту ISO 6872, на трехточечный изгиб включала: разработку испытательного стенда, специального крепления для стандартных керамических блоков, заготовку экспериментальных керамических образцов, проведение самого экспериментального исследования.

2. В ходе экспериментальных исследований показателей предела прочности и вязкости разрушения исследуемых керамических материалов получены следующие данные: для первой исследуемой группы (полевошпатная керамика, гибридная керамика, лейцитная стеклокерамика) — $139,6 \pm 3,6$ МПа, $146,8 \pm 2,1$ МПа и $134,5 \pm 3,8$ МПа соответственно. Вязкость их разрушения находится на разном уровне, а именно $1,63 \pm 0,03$ МПа $\sqrt{м}$, $1,48 \pm 0,04$ МПа $\sqrt{м}$ и $0,85 \pm 0,03$ МПа $\sqrt{м}$ соответственно (при $p < 0,05$). Во второй группе исследуемых материалов наблюдались следующие показатели предела прочности и вязкости разрушения: наивысшие — у диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия ($1081,2 \pm 7,4$ МПа и $5,37 \pm 0,03$ МПа $\sqrt{м}$); стеклокерамика на основе дисиликата лития (предел прочности – $358,3 \pm 4,5$ МПа, вязкость разрушения – $2,64 \pm 0,03$ МПа $\sqrt{м}$); стеклокерамика на основе дисиликата лития с добавлением диоксида циркония ($267,3 \pm 7,5$ МПа, $1,75 \pm 0,04$ МПа $\sqrt{м}$) (при $p \geq 0,05$).

3. На поверхности керамических образцов при микроскопическом исследовании обнаруживаются микротрещины и царапины, которые при действии высоких нагрузок сливаются в более крупные и ускоряют поломку образцов. Полировка, пескоструйная обработка, обработка плавиковой кислотой уменьшали количество микротрещин на поверхности. Прочность полевошпатной керамики увеличилась на $18,3 \pm 3,6$ %, гибридной керамики – на $25,0 \pm 4,0$ %, лейцитной стеклокерамики – на $18,2 \pm 3,6$ %, стеклокерамики на основе дисиликата лития – на $20,6 \pm 2,4$ %, стеклокерамики на основе дисиликата лития с добавлением диоксида циркония – на $17,6 \pm 2,5$ %,

диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия – на $26,8 \pm 1,5$ %. Наиболее восприимчивым к полировке оказался диоксид циркония.

4. По результатам клинических наблюдений в первой группе пациентов были выявлены поломки керамических реставраций в $2,2 \pm 0,9$ % случаев. Во второй группе были зафиксированы поломки цельнокерамических конструкций и сколы облицовочной керамики в $1,8 \pm 0,5$ % и $1,5 \pm 0,5$ % случаев соответственно. Нами отмечена достаточно высокая надежность зафиксированных керамических конструкций.

5. Все исследуемые материалы были классифицированы по их назначению в зависимости от их механических свойств. Основным параметром являлся предел прочности. Дополнительным параметром выбрана вязкость разрушения, которая показывает способность ортопедической конструкции сопротивляться распространению трещин и предсказать ее долговечность в условиях полости рта. На основе этой классификации разработаны практические рекомендации по применению изученных материалов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Полученные данные о прочностных свойствах керамических материалов позволили дать рекомендации по их использованию в повседневной практике врача-стоматолога. Лейцитная стеклокерамика рекомендуется нами для изготовления одиночных конструкций в пределах одного зуба во фронтальной группе. Стеклокерамика на основе дисиликата лития с добавлением диоксида циркония по показателям механической прочности приближена к гибридной и полевошпатной керамике. Эти материалы рекомендуются нами для изготовления искусственных коронок и микропротезов протяженностью не более одного зуба во фронтальной и боковой группах зубов. Стеклокерамика на основе дисиликата лития рекомендуется также для изготовления несъемных конструкций во фронтальном отделе зубного ряда протяженностью не более 3 единиц. Диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия, является материалом выбора при изготовлении более протяженных несъемных конструкций во фронтальном и боковых отделах зубного ряда как каркасный материал.

2. Рекомендовано для повышения прочности керамической конструкции проведение тщательной ее полировки, пескоструйной обработки внутренней ее поверхности.

3. Во избежание адгезивных сколов конструкций рекомендовано использование адгезивной системы фиксации, важными аспектами которой являются обработка керамической поверхности плавиковой кислотой, ее силанизация, обработка поверхности зуба фосфорной кислотой. При глубоком препарировании зубов рекомендуется проводить непосредственную гибридизацию дентина в целях его депротеинизации, что увеличивает эффективность бондингового агента.

4. Во избежание когезивных сколов конструкции рекомендовано снижение концентрации напряжения путем сглаживания острых углов поверхностей культей зубов при препарировании, создания фальца, сохранение анатомической формы зубов при моделировании каркасов комбинированных

конструкций. Рекомендовано создавать более толстый слой керамического материала в участках повышенного напряжения, а именно в области контактов с зубами-антагонистами (окклюзионная поверхность зубов боковой функциональной группы, режущая поверхность зубов передней функциональной группы). Также, для снижения риска когезивного скола облицовочной керамики рекомендовано свести к минимуму механическую обработку керамических конструкций при припасовке, проводить ее с водяным охлаждением. После проведения механической обработки конструкций из диоксида циркония рекомендована их дополнительная синтеризация.

5. Рекомендована тщательная коррекция окклюзионных взаимоотношений изготовленных конструкций в положениях центральной, боковых, передней окклюзиях с применением артикуляционной бумаги и компьютерных методов окклюзиографии для устранения супраконтактов и формирования сбалансированной окклюзии, что предотвращает появление когезивных сколов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

1. Брагин А. Е., Эльканов А. А. Прочностные характеристики стоматологических конструкционных материалов, используемых для изготовления безметалловых зубных протезов / А. Е. Брагин, А. А. Эльканов // Актуальные вопросы клинической стоматологии: сб. работ 50-й конференции стоматологов Ставропольского края / под ред. д. м. н., проф. Н. Н. Гаражи. – Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2015. – С. 258-260.

2. Кузьминов В. Ю., Эльканов А. А. Результаты протезирования зубов и зубных рядов ортопедическими конструкциями на основе диоксида циркония / В. Ю. Кузьминов, А. А. Эльканов // Актуальные вопросы клинической стоматологии: сб. работ 50-й конференции стоматологов Ставропольского края / под ред. д. м. н., проф. Н. Н. Гаражи. – Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2015. – С. 277-278.

3. Брагин А. Е., Эльканов А. А. Механические свойства керамических материалов, используемых в CAD/CAM системах / А. Е. Брагин, А. А. Эльканов // Актуальные вопросы клинической стоматологии: сб. работ 51-й конференции стоматологов Ставропольского края / под ред. д. м. н., проф. Н. Н. Гаражи. – Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2016. – С. 172-175.

4. Эффективность применения несъемных лингвальных ретейнеров, выполненных с использованием CAD/CAM-технологий / Е. А. Вакушина, А. Е. Брагин, А. А. Эльканов, П. А. Григоренко, М. П. Григоренко // **Ортодонтия.** – 2016. - № 2. – С. 45.

5. Эльканов А. А. Изучение основных механических свойств конструкционных керамических материалов, используемых для изготовления протезов в пределах одного зуба (искусственных коронок, вкладок, виниров) / А. А. Эльканов, Е. А. Брагин, А. Е. Брагин // **Кубанский научный медицинский вестник.** – 2017. - № 2. – С. 138-141.

6. Эльканов А. А., Брагин Е. А., Брагин А. Е. Изучение основных механических свойств конструкционных керамических материалов,

используемых для изготовления мостовидных протезов малой протяженности / А. А. Эльканов, Е. А. Брагин, А. Е. Брагин // **Современные проблемы науки и образования.** – 2017. – № 2.

7. Эльканов А. А., Брагин Е. А., Брагин А. Е. Определение вязкости разрушения керамических материалов, используемых для изготовления несъемных конструкций зубных протезов / А. А. Эльканов, Е. А. Брагин, А. Е. Брагин // **Современные проблемы науки и образования.** – 2017. – № 4.