

Прочность монокоронки керамических коронок с опорой на резцы

© Усубова Н.Р.

Азербайджанский Медицинский Университет, Баку, Азербайджан

Резюме:

Монокоронки реставрации, благодаря уменьшению технических осложнений, приобретают все большую популярность. Резцы верхней челюсти, в силу своего расположения и протрузии, являются наиболее поражаемыми зубами.

Цель. Определение прочности на моделях резцов, восстановленных монокоронками из оксида алюминия и дисиликата лития.

Материалы и методы. Методом конечных элементов созданы 2 модели на верхний резец. В сетчатой модели с монокоронкой из оксида алюминия количество узлов составило 130185, количество элементов – 90934. В сетчатой модели с монокоронкой из диоксида лития количество узлов составило 130000, элементов – 96000. 3D-модели были построены и проанализированы в среде ANSYS.

Результаты. В модели с оксидом алюминия при нагрузке в медиальной стороне (X) горизонтальная и вертикальная силы были 0, в вестибулярной стороне вертикальная сила была -190 N, а горизонтальная – 0, в направлении главной оси зуба горизонтальная сила была 15. В модели из дисиликата лития максимальные напряжения $m\mu M$ в дентине составило 13,7 МПа, цемента – 18,5 МПа, в коронке – 61,8 МПа. Контактные напряжения на растяжение, сдвиг и сжатие на адгезивной границе между цементом и дентином вокруг литиевой коронки и штифта составили 11,9 МПа, 3,5 МПа и 17,2 МПа соответственно. Модуль Юнга в моделях из оксида алюминия и дисиликата лития составила 23119,5 МПа и 22887,8 МПа соответственно; коэффициент Пуассона 0,22 и 0,23 соответственно.

Выводы. Успешно проведен конечно-элементный анализ резцовой эндокоронки на основе оксида алюминия и дисиликата лития. На основании полученных результатов эндокоронка может рассматриваться как эстетический и клинически осуществимый восстановительный подход для эндодонтического лечения центральных резцов.

Ключевые слова: эндокоронка, прочность, напряжение, оксид алюминия, дисиликат лития, метод конечных элементов.

Статья поступила: 13.01.2022; **исправлена:** 28.02.2022; **принята:** 2.03.2022.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Благодарности: Финансирование и индивидуальные благодарности для декларирования отсутствуют.

Для цитирования: Н.Р. Усубова. Прочность монокоронки керамических коронок с опорой на резцы. Эндодонтия today. 2022; 20(1):36-41. DOI: 10.36377/1726-7242-2022-20-1-36-41.

Strength of monolithic ceramic crowns supported by incisors

© Narmina R. Usubova

Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

Abstract:

Monolithic restorations are becoming increasingly popular due to the reduction of technical complications. The upper incisors are the most affected teeth due to their location and protrusion.

Aim. To determine the strength on models of incisors restored with monolithic crowns made of aluminum oxide and lithium disilicate.

Materials and methods. The finite element method created 2 models for the upper incisor. In the mesh model with an aluminum oxide monocrown, the number of nodes was 130185, the number of elements was 90934. In a mesh model with a lithium dioxide monocrown, the number of nodes was 130,000, the number of elements was 96,000. 3D models were built and analyzed in the ANSYS environment.

Results. In the alumina model, when loaded in the medial side (X), the horizontal and vertical forces were 0, in the vestibular side, the vertical force was -190 N, and the horizontal was 0, in the direction of the main axis of the tooth, the horizontal force was 15. In the lithium disilicate model, the maximum stresses $m\mu M$ in dentin were 13.7 MPa, in cement – 18.5 MPa, in the crown – 61.8 MPa. Tensile, shear, and compression contact stresses at the adhesive interface between cement and dentin around the lithium crown and post were 11.9 MPa, 3.5 MPa, and 17.2 MPa, respectively.

Conclusions. A finite element analysis of an incisive endocrown based on aluminum oxide and lithium disilicate was successfully performed. Based on these results, an endocrown can be considered as an aesthetic and clinically feasible restorative approach for endodontic treatment of central incisors.

Keywords: endocrown, strength, stress, aluminum oxide, lithium disilicate, finite element analyses.

Received: 09.01.2022; **revised:** 18.02.2022; **accepted:** 23.02.2022;

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

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

For citation: Narmina R. Usubova. Strength of monolithic ceramic crowns supported by incisors. *Endodontics today*. 2022; 20(1):36-41. DOI: 10.36377/1726-7242-2022-20-1-36-41.

В настоящее время изготовление одиночных коронок является наиболее распространенной реставрацией [1-3]. Согласно прогнозам, мировой рынок зубных коронок и мостов будет продолжать расти со среднегодовым темпом роста 7,78% в 2026 году [4]. Монолитные реставрации, благодаря уменьшению технических осложнений, приобретают все большую популярность [5, 6]. При этом, одним из предпочтительных материалов для монолитных коронок стал дисиликат лития, который представляет собой стеклокерамику, состоящую из лития (мягкий серебристо-белый металл) и кремния (хрупкое кристаллическое твердое вещество) [7]. Керамика дисиликата лития обладает высокой прочностью на изгиб и вязкостью при разрушении, в сравнении с обычной силикатной керамикой. Одним из основных преимуществ коронок из дисиликата лития является их прозрачность, которая соответствует естественным зубам [8]. Анализ культур эпителиальной ткани человека показал, что дисиликат лития обладает наилучшей биосовместимостью по сравнению с цирконием и кобальт-хромовыми сплавами [9]. Благодаря своим отличным оптическим свойствам, механическим характеристикам, простоте обработки и возможности травления / адгезивного соединения, обеспечивающего минимально инвазивный подход, дисиликат-литиевая стеклокерамика стала одной из самых популярных реставрационных материалов практически во всех областях фиксированного протезирования [8]. Все инновационные решения, предлагаемые дисиликатом лития, все больше и больше расширяют возможности реставрации этим материалом. Одной из разновидностей керамики является оксид алюминия, полупрозрачный материал белого цвета, отличающийся большей степенью прозрачности, чем диоксид циркония. Коронки отличаются высокими эстетическими показателями, поэтому, как считают, являются лучшим вариантом для протезирования передних зубов [10].

Резцы верхней челюсти, в силу своего расположения и протрузии, являются наиболее поражаемыми зубами. Сломанные зубы обычно восстанавливают полным покрытием коронкой, но этот тип реставрации требует значительной потери зубной ткани для их препарирования. Обнаружено, что дизайн препарирования зубов влияет на прочность реставрации. Сообщается, что препарирование со скошенной кромкой дает более высокую разрушающую нагрузку, чем препарирование без фаски [11].

Биомеханика резцов отличается от коренных зубов. Коронки резцов выше (10,5 мм) и более узкие (7,0 мм), чем коронки коренных зубов (длина коронки 7,5 мм, щечно-язычный диаметр шейки зуба 10,0 мм) [12]. В соответствии с равновесием рычага изгибающие моменты на реставрациях резцов выше, чем те, которые действуют на коренные зубы. Кроме того, связующая поверхность внутренних коронок передних зубов составляет в среднем 30 мм² и в 2 раза меньше, чем у

коренных зубов (60 мм²), что негативно сказывается на удержании этих реставраций [12]. В связи с этим, возможность использования монолитных коронок для восстановления передних зубов представляет особый интерес.

ЦЕЛЬ

Определение прочности на моделях резцов, восстановленных монолитными коронками из оксида алюминия и дисиликата лития. Нулевая гипотеза заключалась в том, что прочность монолитных коронок, смоделированных из оксида алюминия и дисиликата лития будет одинаковой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методом конечных элементов созданы модели для резца верхней челюсти. Изображения для резца были сконструированы с использованием программного обеспечения для обратного проектирования. Полученное трехмерное изображение было преобразовано в формат стереолитографии (STL), который впоследствии использовался для обработки компьютерным числовым управлением. Изготовленный таким образом прототип был снова отсканирован лазером, чтобы получить модель (в формате STL), использованную для анализа. Форматы файлов "STL" описывают геометрию поверхности компонента, в то время как для анализа конечных элементов требовалась объемная/твердотельная модель, поэтому полученный файл STL был сначала введен в программу Solidworks для создания твердотельной модели. Модель была уменьшена до реальных размеров прототипа. Для дальнейшей работы сгенерированная модель была перенесена в программу ANSYS Workbench [13]. Для сканирования поверхности левого верхнего центрального резца использовался стоматологический 3D-сканер D250 (3ShapeA/S Копенгаген, Дания). Точки на поверхности зуба (записанные сканером) на горизонтальных слоях (через каждые 1 мм) соединялись кривыми и на основе этого определялись площади поперечного сечения зуба. Области поперечного сечения позволили создать твердые модели центрального резца. Размер и форма зуба соответствовали размерам и форме анатомического атласа [12]. Длина коронки 10,5 мм, медиально-дистальная ширина 8,5 мм и длина корня 12 мм (длина зуба составляла 22,5 мм). Периодонт толщиной 0,2 мм был смоделирован вокруг корня зуба. Модель зуба была расположена в системе координат таким образом, что ось Z была параллельна длинной оси зуба, ось X показывала мезиальную сторону, а ось Y направлена в сторону вестибулярного аспекта зуба. Затем, были изготовлены модели зубов. Все реставрации имели эффект наконечника.

Созданы две модели зубов с монолитными коронками, которые обладали свойствами оксида алюминия и дисиликатно-литиевой керамики соответственно. В сетчатой модели с монокоронкой из оксида алюминия количество узлов составило 130185, а количество эле-

ментов – 90934. В сетчатой модели с монокоронкой из диоксида лития количество узлов составило 130000, элементов – 96000.

Удерживающий элемент в корне имел ширину 2 мм, длину 4,5 мм и находился на расстоянии 7,0 мм от вершины корня. Под коронкой был образован слой толщиной 0,1 мм, имитирующий цемент. Из-за анатомии резца удерживающие элементы внутренних коронок должны быть длиннее и уже, чем у коренных зубов. Благодаря технологии монокоронок (прессованная керамика или CAD / CAM) эти крепежные элементы не должны быть такими же длинными, как металлические стойки, и по соотношению прочности керамика должна быть шире стойки. Реставрации были идеально соединены со структурами зуба полимерным цементом Variolink II (Ivoclar, Vivadent AG, Шаан, Лихтенштейн).

Модели зубов были закреплены в узлах на внешней поверхности периодонта. Они были нагружены силами, имитирующими сжатие при центральной окклюзии. Усилие 100 Н прикладывалось под язычным выступом, на расстоянии 5 мм от края резца, под углом 130 по отношению к длинной оси зуба. Для каждой модели прилагалась нагрузка 190 Н на поперечную часть с наклоном 45° по отношению к длинной оси зуба с фиксацией костной основы. Результаты были оценены для распределения напряжения на основе максимального главного напряжения на корне, штифте, цементе и коронке.

Моделирование контакта, проводимое на основе метода конечных элементов, является формой нелинейного анализа и, следовательно, требует разделения нагрузки на несколько этапов. Различные компоненты напряжений (нормальное напряжение, напряжение сдвига, основное напряжение) и эквивалентные напряжения были рассчитаны в моделях при наклонной нагрузке. Зубные ткани, смола и керамика обладают различной прочностью на растяжение и сжатие. Одним из критериев разрушения, используемых для оценки прочности таких материалов в сложных напряженных условиях, является модифицированный критерий Фон Мизеса (mVM), в котором учитывается соотношение прочности на сжатие и прочности на растяжение.

Таблица 1. Механические свойства оксида алюминия и дисиликат-лития, полученные в результате испытания на сжатие.

Table 1. Mechanical properties of aluminum oxide and lithium disilicate obtained as a result of compression test.

Свойства / Properties	Модель из оксида алюминия / Aluminum oxide model	Модель из дисиликата лития / Lithium disilicate model	p =
Прочность на сжатие, МПа / Compressive strength, MPa	1037,72	1046,26	0,834
Напряжение сжатия при пределе текучести (смещение 0,2%), МПа / Compressive stress at yield strength (displacement 0.2%), MPa	752,0	751,8	0,986
Модуль Юнга, МПа / Young's modulus, MPa	23119,5	22887,8	0,704
Растяжение при сжатии при максимальной нагрузке на сжатие, мм / Compressive tensile at maximum compressive load, mm	2,70	2,71	0,974
Деформация при сжатии при максимальном давлении, % / Deformation in compression at maximum pressure, %	17,95	17,24	0,616
Коэффициент Пуассона / Poisson's ratio	0,22	0,23	0,546

Таблица 2. Максимальные и минимальные значения напряжений для напряжения модели оксида алюминия.

Table 2. Maximum and minimum stress values for alumina model stress.

Вариант нагрузки / Load option	Максимальное напряжение, МПа / Maximum stress, MPa	Минимальное напряжение, МПа / Minimum stress, MPa
Вертикальная нагрузка / Vertical load	388,94	0,92
Горизонтальная нагрузка / Horizontal load	149,91	0,07

В исследовании использована описательная статистика. Для сравнения значений механических свойств коронок из оксида алюминия и дисиликата лития использован однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA).

Результаты. Резцы – это зубы с узкими краями, которые используются для кусания / резки и поэтому испытывают вертикальные нагрузки.

Измерение прочности на сжатие спеченного алюминия было выполнено на пяти различных цилиндрических образцах с использованием INSTRON 1344 (Емкость 500 KN). Результаты механических свойств модели показаны в таблице 1.

Для модели с оксидом алюминия мы рассмотрели вертикальную силу величиной 190 N. Условия нагрузки были следующими: в медиальной стороне (X) горизонтальная и вертикальная силы были 0, в вестибулярной стороне вертикальная сила была -190 N, а горизонтальная – 0, в направлении главной оси зуба горизонтальная сила была 15.

Сопоставление показателей показало, что тип керамического материала не оказал существенного влияния на механические свойства при испытании на сжатие и между типами коронок не наблюдалось статистически значимой разницы ($p > 0,05$).

Результаты распределения напряжений Фон-Мизеса проанализированы для обоих случаев (таблица 2).

Область чуть выше фиксированной базальной области имела максимальные значения напряжений, так как под нагрузкой эта область не могла деформироваться, поскольку все степени свободы основания были ограничены. Но когда была приложена горизонтальная сила, коронка испытала изгиб вокруг основания. В результате во втором состоянии нагружения передняя область была сжата, тогда как задняя часть была растянута, что также создало область высокого напряжения вблизи основания.

В модели дисиликата лития максимальные напряжения mVM в дентине составило 13,7 МПа, цементе – 18,5 МПа, в коронке – 61,8 МПа. Контактные напряжения на растяжение, сдвиг и сжатие на адгезивной границе

между цементом и дентином вокруг литиевой коронки и штифта составили 11,9 МПа, 3,5 МПа и 17,2 МПа соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ

В этом исследовании определена прочность на моделях резцов, восстановленных монолитными коронками из оксида алюминия и дисиликата лития. Гипотеза была положительно подтверждена, так как различия, выявленные между моделями, были незначительными.

Следует отметить, что одиночная коронка на центральном резце верхней челюсти является одной из самых сложных эстетических задач в стоматологии. Геометрия резца непростая, попытка создать его с нуля занимает много времени, и не совсем точная. Стандартный протокол для эндодонтического лечения зубов в современной литературе еще не подтвержден. Поскольку научных данных недостаточно и неубедительны, решение о том, какой материал использовать в области переднего отдела, обычно принимается в соответствии с рекомендациями производителей, основанными исключительно на свойствах сопротивления материала. Поэтому в этом исследовании для оценки распределения напряжений использовалось 3D-моделирование методом конечных элементов.

При протезировании учитывается индивидуальность каждого случая, оценивая количество зубных остатков, варианты реставрационных материалов и состояние поддерживающих тканей, можно указать методы лечения, подтвержденные научными данными [1]. Ослабление зубных структур из-за переломов зубов затрудняет принятие решения и прогноз восстановительного лечения. В таких случаях вариантом протезирования могут быть полные цельнокерамические коронки. Следует отметить, что цельнокерамические коронки были разработаны из желания восстановить сильно разрушенные передние зубы до эстетически приятной формы и функции.

В модели с алюминиевой коронкой вся передняя верхняя область коронки при вертикальной нагрузке была областью высокого напряжения. Эта область коронки была неправильной формы и имела большое количество неустойчивых контуров, что приводило к высоким коэффициентам концентрации напряжений. Сбоку эта часть была по сравнению с основанием уже, что в конечном итоге способствовало возникновению напряжений. Наблюдение может быть подтверждено сколом, при котором часть зуба / коронки отрывается от основного корпуса. Однако прочность на сжатие оксида алюминия в целом очень высока. Возникшие напряжения были очень малы по сравнению с прочностью материала коронки на сжатие. По данным литературы, керамика на основе оксида алюминия определяется высокой прочностью на изгиб, имеет умеренную прозрачность и может быть использована как каркас для одиночных конструкций для фронтальной и боковой группы зубов [10].

В модели оксида алюминия минимальные возникающие напряжения были очень малы, в диапазоне от 0,05 до 1 МПа. Также было замечено, что лобная и базальная области образца были местами максимальной концентрации напряжений и потенциальными местами возникновения трещин. Однако максимальные напряжения, создаваемые при вертикальной и горизонтальной нагрузке, составляли 37,5% и 14,4% от прочности оксида алюминия на сжатие (1037,72 МПа).

Вторая модель монолитной коронки была создана из дисиликата лития ($\text{SiO}_2\text{-Li}_2\text{O}$), который был внедрен

в область стеклокерамики в качестве сердечника, получаемого термопрессованием слитков. Что касается окончательной реставрации эндодонтически обработанных зубов, то в литературе сообщается, что коронки обеспечат большую долговечность зубному элементу [1, 14]. Эффект наконечника и эффективная герметизация корневого канала предотвращают проникновение микроорганизмов, которые могут поставить под угрозу корневую пломбу. Для этого реставрация должна иметь тонкий и однородный внутренний слой цемента и краевое несоответствие до 120 мкм, чтобы избежать проникновения микроорганизмов и солюбилизации цемента слюной, что привело бы к раздражению тканей пародонта. Таким образом, тип предельной подготовки является решающим фактором, поскольку он может напрямую влиять на осадку при восстановлении, предельную адаптацию и сопротивление разрушению [11].

Согласно F. Zarone et al. [15], керамику с высоким модулем упругости – оксид циркония или алюминия – не следует использовать, поскольку она создает критическую концентрацию высокого напряжения на границе раздела реставрация-цемент-дентин и, кроме того, эти материалы не так хорошо сцепляются с дентином. Поэтому предпочтительно использовать дисиликатную керамику лития, которая обладает соответствующей прочностью и адгезивно соединена с тканями зубов. Монолитные коронки из дисиликата лития на передних зубах не должны быть подвержены повреждению или разрушению во время физиологических нагрузок в полости рта. Согласно экспериментальным исследованиям, проведенным M. Bankoğlu Güngör et al. [16], резцы, восстановленные керамическими эндокоронками из дисиликата лития, обладают более высокой устойчивостью к разрушению, чем резцы со стойкой и стержнями, но вызывают переломы зубов. Клинические исследования с реконструкцией резцов с использованием эндокоронок очень ограничены. Отмечается, что монолитные коронки в передних зубах действуют как короткие стойки с биомеханической точки зрения. Сопротивление разрушению зубов, восстановленных короткими стойками, в 2-5 раз ниже, чем у стоек, составляющих 2/3 длины корня [17]. Кроме того, N. Forberger, TN. Göhring [18] доказали, что эндокоронки демонстрируют значительно худшую предельную непрерывность по сравнению с столбами и ядрами. Напротив, A. Ramírez-Sestà et al. [19] пришли к выводу, что зубы, восстановленные с помощью эндокоронок и штифтов Композитного материала, армированного стекловолокном, обладают одинаковой устойчивостью к перелому. Наличие штифта или реставрационного материала не оказывает существенного влияния на краевую непрерывность реставраций передних зубов. Развитие адгезивных методов и более высокопрочной керамики облегчает изготовление эндокоронок, которые могут стать альтернативой стандартной реконструкции зубов, особенно в задних зубах [20]. Однако использование этих реставраций в передних зубах все еще остается спорным и все еще необходимы дальнейшие исследования. В предыдущих исследованиях метода конечных элементов [11] для оценки прочности материала использовался критерий Фон Мизеса, который не учитывает различия в прочности материалов на растяжение и сжатие. В настоящем исследовании использовался модифицированный критерий разрушения Фон Мизеса для дентина, керамики и композитной смолы. Эти критерии позволяют оценить прочность материала, которая более точно соответствует клиническим ситуациям. В этих исследованиях

вокруг реставраций на границе раздела цемент-дентин были нанесены скрепленные контактные элементы, что позволило рассчитать контактные напряжения на растяжение, сжатие и сдвиг и визуализировать их распределение в области границы раздела цемент-дентин вокруг реставраций.

Заключение

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Митронин АВ, Останина ДА, Митронин ЮА. Биокерамика в современной эндодонтии. *Эндодонтия today*. 2021; 19(3):166-170. doi: 10.36377/1726-7242-2021-19-3-166-170
2. Raigrodski AJ. Contemporary all-ceramic fixed partial dentures: a review. *Dent Clin North Am*. 2004;48(2):531-544. doi: 10.1016/j.cden.2003.12.00
3. The American College of Prosthodontics. *Facts & Figures 2021*. <https://www.gotoapro.org/facts-figures/>.
4. Grand View Research Inc. Dental crowns & bridges market size worth \$3.8 Billion By 2026 June 2019. <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-dental-crowns-bridges-market>.
5. Хабдадзе ЗС, Шубитидзе ММ, Солиманов ШМ, Кузнецова АО, Магомедов ОИ, Абазян МД, и др. Расположение нижнечелюстного резцового канала относительно апексов корней зубов: исследование на основе конусно-лучевой компьютерной томографии. *Эндодонтия today*. 2019;17(3):8-12. doi: 10.36377/1726-7242-2019-17-3-8-12.
6. Makhija SK, Lawson NC, Gilbert GH, Litaker MS, Mc-Clelland JA, Louis DR, et al. National Dental PBRN Collaborative Group Dentist material selection for single-unit crowns: Findings from the National Dental Practice-Based Research Network. *J Dent*. 2016;55:40-47. doi: 10.1016/j.jdent.2016.09.010
7. Ma L, Guess PC, Zhang Y. Load-bearing properties of minimal-invasive monolithic lithium disilicate and zirconia occlusal onlays: finite element and theoretical analyses. *Dent Mater*. 2013;29:742-751. doi: 10.1016/j.dental.2013.04.004
8. Zarone F, Ferrari M, Mangano FG, Leone R, Sorrentino R. Digitally Oriented Materials: Focus on Lithium Disilicate Ceramics. *International Journal of Dentistry*. 2016(1):1-10. doi:10.1155/2016/9840594
9. Forster A, Ungvari K, Gyorgyey A, Kukovecz A, Turzo K, Nagy K. Human epithelial tissue culture study on restorative materials. *J Dent*. 2014;42(1):7-14. doi: 10.1016/j.jdent.2013.11.008.
10. Жолудев ДС. Керамические материалы в ортопедической стоматологии. Керамика на основе оксида алюминия. *Проблемы стоматологии*. 2012;6:8-14.
11. Dejak B, Mlotkowski A. Strength comparison of anterior teeth restored with ceramic endocrowns vs custommade post and cores. *J Prosthodont Res*. 2017;62(2):1-7. doi: 10.1016/j.jpor.2017.08.005

REFERENCES:

1. Mitronin AV, Ostanina DA, Mitronin YuA. Bioceramics in modern endodontics. *Endodontics Today*. 2021;19(3):166-170. (In Russ.) doi: 10.36377/1726-7242-2021-19-3-166-170
2. Raigrodski AJ. Contemporary all-ceramic fixed partial dentures: a review. *Dent Clin North Am*. 2004;48(2):531-544. doi: 10.1016/j.cden.2003.12.00
3. The American College of Prosthodontics. *Facts & Figures 2021*. <https://www.gotoapro.org/facts-figures/>.
4. Grand View Research Inc. Dental crowns & bridges market size worth \$3.8 Billion By 2026 June 2019. <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-dental-crowns-bridges-market>.
5. Khabadze ZS, Shubitidze MM, Solimanov SM, Kuznetsova AO, Magomedov OI, Abazyan MD, et al. Location of the mandibular incisal canal regarding to the root apices: a cone-beam computed tomography study. *Endodontics Today*. 2019;17(3):8-12. (In Russ.) doi: 10.36377/1726-7242-2019-17-3-8-12
6. Makhija SK, Lawson NC, Gilbert GH, Litaker MS, Mc-Clelland JA, Louis DR, et al. National Dental PBRN Collaborative Group Dentist material selection for single-unit crowns: Findings from the National Dental Practice-Based Research Network. *J Dent*. 2016;55:40-47. doi: 10.1016/j.jdent.2016.09.010
7. Ma L, Guess PC, Zhang Y. Load-bearing properties of minimal-invasive monolithic lithium disilicate and zirconia occlusal onlays: finite element and theoretical analyses. *Dent Mater*. 2013;29:742-751. doi: 10.1016/j.dental.2013.04.004
8. Zarone F, Ferrari M, Mangano FG, Leone R, Sorrentino R. Digitally Oriented Materials: Focus on Lithium Disilicate Ceramics. *International Journal of Dentistry*. 2016(1):1-10. doi:10.1155/2016/9840594
9. Forster A, Ungvari K, Gyorgyey A, Kukovecz A, Turzo K, Nagy K. Human epithelial tissue culture study on restorative materials. *J Dent*. 2014;42(1):7-14. doi: 10.1016/j.jdent.2013.11.008.

Успешно проведен конечно-элементный анализ резцовой эндокоронки на основе оксида алюминия и дисиликата лития. На основании полученных результатов эндокоронка может рассматриваться как эстетический и клинически осуществимый восстановительный подход для эндодонтического лечения центральных резцов.

12. Nelson SJ, Ash M. *Wheeler's dental anatomy, physiology*. Saunders. An imprint of Elsevier Inc. 2010: 401.
13. Денисова ВЮ, Рыжова ИП, Гонтарев СН, Гонтарева ИС, Денисов ММ, Саливончик МС. Результаты использования метода конечных элементов в конструировании ортодонтических аппаратов из термопластических полимеров. *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2015;3 (16):92-97.
14. Муслев СА, Зайцева НВ, Арутюнов СД. Коэффициент Пуассона эмали, дентина и стоматологических реставрационных материалов. *Эндодонтия today*. 2018;16(4):46-49. doi: 10.25636/PMP.2.2018.4.10
15. Zarone F, Sorrentino R, Apicella D, Valentino B, Ferrari M, Aversa R. et al. Evaluation of the biomechanical behavior of maxillary central incisors restored by means of endocrowns compared to a natural tooth: A 3D static linear finite elements analysis. *Dental Materials*. 2006;22(11):1035-1044. doi: 10.1016/j.dental.2005.11.034
16. Bankoğlu Güngör M, Turhan Bal B, Yilmaz H, Aydın C, Karakoca Nemli S. Fracture strength of CAD/CAM fabricated lithium disilicate and resin nano ceramic restorations used for endodontically treated teeth. *Dental Materials Journal*. 2017;36 (2):135-141. doi: 10.4012/dmj.2016-017
17. Jindal S, Jindal R, Mahajan S, Dua R, Jain N, Sharma S. In vitro evaluation of the effect of post system and length on the fracture resistance of endodontically treated human anterior teeth. *Clin Oral Invest*. 2012;16:1627-1633. doi: 10.1007/s00784-012-0673-9
18. Forberger N, Göhring TN. Influence of the type of post and core on in vitro marginal continuity, fracture resistance, and fracture mode of lithium disilicate-based all-ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2008;100(4):264-273. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60205-X
19. Ramirez-Sebastià A, Bortolotto T, Cattani-Lorente M, Giner L, Roig M, Krejci I. Adhesive restoration of anterior endodontically treated teeth: influence of post length on fracture strength. *Clinical Oral Investigations*. 2014;18:545-554.
20. Sedrez-Porto JA, de Oliveira daRosa WL, Silva AF, Münchow EA, Pereira-Cenci T. Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*. 2016;52:8-14. doi: 10.1016/j.jdent.2016.07.005

10. Zholudev D.S. Ceramic materials in prosthetic dentistry. *Ceramic based on aluminum oxide (review)*. *Problems of dentistry*. 2012;6:8-14.
11. Dejak B, Mlotkowski A. Strength comparison of anterior teeth restored with ceramic endocrowns vs custommade post and cores. *J Prosthodont Res*. 2017;62(2):1-7. doi: 10.1016/j.jpor.2017.08.005
12. Nelson SJ, Ash M. *Wheeler's dental anatomy, physiology*. Saunders. An imprint of Elsevier Inc. 2010: 401.
13. Denisova V.Yu., Ryzhova I.P., Gontarev S.N., Gontareva I.S., Denisov M.M., Salivonchik M.S. The results of the use of the finite element method in the design of orthodontic appliances made of thermoplastic polymers. *Proceedings of the Southwestern State University*. 2015;3 (16):92-97. (In Russ.)
14. Muslov SA, Zaitseva NV, Arutyunov SD. The Poisson's Ratio of enamel, dentin and dental restoration materials. *Endodontics Today*. 2018;16(4):46-49. (In Russ.) doi: 10.25636/PMP.2.2018.4.10
15. Zarone F, Sorrentino R, Apicella D, Valentino B, Ferrari M, Aversa R. et al. Evaluation of the biomechanical behavior of maxillary central incisors restored by means of endocrowns compared to a natural tooth: A 3D static linear finite elements analysis. *Dental Materials*. 2006;22(11):1035-1044. doi: 10.1016/j.dental.2005.11.034
16. Bankoğlu Güngör M, Turhan Bal B, Yilmaz H, Aydın C, Karakoca Nemli S. Fracture strength of CAD/CAM fabricated lithium disilicate and resin nano ceramic restorations used for endodontically treated teeth. *Dental Materials Journal*. 2017;36 (2):135-141. doi: 10.4012/dmj.2016-017
17. Jindal S, Jindal R, Mahajan S, Dua R, Jain N, Sharma S. In vitro evaluation of the effect of post system and length on the fracture resistance of endodontically treated human anterior teeth. *Clin Oral Invest*. 2012;16:1627-1633. doi: 10.1007/s00784-012-0673-9
18. Forberger N, Göhring TN. Influence of the type of post and core on in vitro marginal continuity, fracture resistance, and fracture mode

of lithia disilicate-based all-ceramic crowns. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2008;100(4):264-273. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60205-X

19. Ramírez-Sebastià A, Bortolotto T, Cattani-Lorente M, Giner L, Roig M, Krejci I. Adhesive restoration of anterior endodontically treated teeth: influence of post length on fracture strength. Clinical Oral Investigations. 2014;18:545–554.

20. Sedrez-Porto JA, de Oliveira daRosa WL, Silva AF, Münchow EA, Pereira-Cenci T. Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. Journal of Dentistry. 2016;52:8-14. doi: 10.1016/j.jdent.2016.07.005.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Усубова Н.Р. – Докторант кафедры ортопедическая стоматология ORCID: 0000-0003-2939-187X.

Азербайджанский Медицинский Университет, 370022, Азербайджан, г. Баку ул. Бакиханова, д. 23.

AUTHOR INFORMATION:

Narmina R. Usubova – Doctoral student of the Department of Prosthodontic Dentistry ORCID: 0000-0003-2939-187X.

Azerbaijan Medical University, 23, Bakikhanov Street, Baku, 370022, Azerbaijan.

ВКЛАД АВТОРОВ:

Усубова Н.Р. – существенный вклад в замысел и дизайн исследования; сбор данных или анализ и интерпретацию данных; подготовка статьи или ее критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания; окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

AUTHOR'S CONTRIBUTION:

Narmina R. Usubova – has made a substantial contribution to the concept or design of the article; the acquisition, analysis, or interpretation of data for the article; drafted the article or revised it critically for important intellectual content; approved the version to be published.

Координаты для связи с авторами / Coordinates for communication with authors:

Усубова Н.Р. / *Narmina R. Usubova*, E-mail: zbn70@mail.ru