Научная статья
УДК 616.314-089.28:004.9

ПЯТИЛЕТНЯЯ КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОНОЛИТНЫХ И ОБЛИЦОВАННЫХ ЦИРКОНИЕВЫХ ТРЁХЗВЕНЬЕВЫХ МОСТОВИДНЫХ ПРОТЕЗОВ БОКОВОГО ОТДЕЛА, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО ЦИФРОВОМУ CAD/CAM-ПРОТОКОЛУ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Расков Артём Александрович, кандидат медицинских наук, Кировский государственный медицинский университет, Россия, Киров, artem-raskov@yandex.ru

Аннотация. Совершенствование материалов и цифровых технологий изготовления несъёмных ортопедических конструкций способствует уточнению представлений о факторах, влияющих на продолжительность их службы. Применение диоксида циркония при замещении ограниченных дефектов боковых отделов зубных рядов позволяет сочетать высокую механическую прочность с удовлетворительными оптическими характеристиками, однако конструкционные различия между монолитными и облицованными мостовидными протезами обусловливают неодинаковую структуру технических осложнений. Особого внимания заслуживают клинические результаты применения трёхзвеньевых конструкций, изготовленных по цифровому CAD/CAM-протоколу, поскольку их надёжность зависит от физико-механических свойств керамики, геометрии соединительных элементов, состояния опорных зубов и соблюдения технологических требований на всех этапах изготовления. Цель исследования заключается в сравнительном анализе пятилетней клинической эффективности монолитных и облицованных циркониевых трёхзвеньевых мостовидных протезов бокового отдела с определением факторов, связанных с сохранностью конструкций, возникновением технических и биологических осложнений, необходимостью повторных стоматологических вмешательств. Методологическую основу

составил аналитический обзор отечественных и зарубежных научных публикаций 2024–2026 гг., включающий оценку результатов рандомизированных и проспективных клинических исследований, систематических обзоров и работ, посвящённых физико-механическим свойствам стоматологического диоксида циркония. При сопоставлении результатов учитывались различия между показателями выживаемости протеза, клинического успеха и отсутствия повторных вмешательств, а также неоднородность исследованных конструкций и продолжительности наблюдения. Установлено, что устранение облицовочного керамического слоя снижает вероятность характерных для двухслойных реставраций сколов, но само по себе не обеспечивает превосходства монолитных протезов по общей пятилетней выживаемости. В опубликованном рандомизированном исследовании пятилетняя сохранность монолитных и облицованных циркониевых трёхзвеньевых протезов составила соответственно 87 и 97%, причём существенную роль в структуре неблагоприятных исходов играли биологические осложнения. Данные других клинических наблюдений свидетельствуют о необходимости самостоятельной оценки технических повреждений и потери функции опорных зубов. Обоснована целесообразность дифференцированного выбора циркониевой керамики с учётом фазового состава, функциональной нагрузки, условий фиксации, парафункциональной активности жевательных мышц и возможности длительного клинического наблюдения. Сделан вывод, что оценка пятилетней эффективности CAD/CAM-мостовидных протезов должна основываться на совокупности клинических показателей, а не ограничиваться отсутствием перелома каркаса или сохранением конструкции в полости рта.

Ключевые слова: ортопедическая стоматология; диоксид циркония; CAD/CAM-технологии; трёхзвеньевые мостовидные протезы; монолитная керамика; облицованный цирконий; клиническая выживаемость; технические осложнения; биологические осложнения; цифровое сканирование; пятилетнее

наблюдение.

Original article

FIVE-YEAR CLINICAL PERFORMANCE OF MONOLITHIC AND VENEERED THREE-UNIT ZIRCONIA FIXED DENTAL PROSTHESES IN THE POSTERIOR REGION FABRICATED USING A DIGITAL CAD/CAM WORKFLOW: A COMPARATIVE ANALYSIS OF RECENT STUDIES

Raskov Artem Aleksandrovich, Candidate of Medical Sciences, Kirov State Medical University, Kirov, Russia, artem-raskov@yandex.ru

Abstract. The development of zirconia-based restorative materials and digital manufacturing technologies has substantially influenced the clinical management of partially edentulous patients. Nevertheless, the long-term reliability of tooth-supported fixed dental prostheses depends on more than the mechanical properties of the ceramic material. Differences in framework design, veneering techniques, connector geometry, cementation procedures, and the condition of abutment teeth may substantially affect clinical outcomes. This study aimed to critically analyze the five-year clinical performance of monolithic and veneered three-unit posterior zirconia fixed dental prostheses manufactured using CAD/CAM technology, with particular attention to survival, success, technical complications, biological failures, and the need for additional treatment. An analytical review of Russian and international publications issued between 2024 and 2026 was conducted, including randomized clinical trials, prospective observational studies, systematic reviews, and investigations of zirconia processing and mechanical properties. The published evidence demonstrates that monolithic restorations reduce the risk of veneering ceramic chipping, although this advantage does not necessarily result in superior overall prosthesis survival. A five-year randomized clinical trial reported survival rates of 87% for monolithic and 97% for veneered zirconia three-unit posterior fixed dental prostheses. The findings also emphasize the substantial contribution of biological complications to treatment failure.

Further clinical studies indicate that prosthesis survival, intervention-free survival, and ceramic defect-free survival should be treated as distinct outcomes. Material selection, connector dimensions, occlusal loading, cementation protocols, and the initial condition of abutment teeth appear particularly relevant to long-term clinical reliability. The results support a differentiated approach to selecting zirconia materials and designing posterior fixed dental prostheses. Standardized five-year follow-up protocols are required to distinguish material-related failures from biological complications and to improve the interpretation of comparative clinical evidence.

Keywords: prosthodontics; zirconia; CAD/CAM; three-unit fixed dental prostheses; monolithic zirconia; veneered zirconia; clinical survival; technical complications; biological complications; digital workflow; five-year follow-up.

Актуальность исследования. Развитие ортопедической стоматологии в последние годы характеризуется расширением клинического применения цельнокерамических конструкций при восстановлении дефектов зубных рядов различной протяжённости. В числе материалов, определивших данное направление, особое место занимает диоксид циркония, свойства которого позволяют изготавливать несъёмные протезы без металлического каркаса и одновременно обеспечивать достаточную устойчивость к функциональным нагрузкам. Переход к цифровому проектированию и автоматизированному фрезерованию существенно изменил процесс изготовления ортопедических конструкций, обеспечив возможность более точного контроля их геометрических параметров. Вместе с тем точность воспроизведения виртуальной модели не исключает возникновения осложнений после постоянной фиксации протеза, поскольку длительность его службы определяется взаимодействием материаловедческих, биомеханических и клинических факторов [1, 2].

Наиболее показательным объектом для изучения надёжности циркониевых реставраций представляются трёхзвеньевые мостовидные протезы,

применяемые при замещении одного отсутствующего зуба между двумя сохранившимися опорами. Такая конструкция позволяет восстановить непрерывность зубного ряда без хирургического вмешательства, однако создаёт особые условия передачи жевательной нагрузки через промежуточную часть и соединительные элементы на опорные зубы. В отличие от одиночной коронки, опирающейся на один зуб, мостовидный протез воспринимает нагрузку как единая конструкция. Распределение нагрузки зависит от расстояния между опорными зубами, расположения соединительных элементов и характера окклюзионных контактов. При восстановлении боковых отделов зубных рядов эти обстоятельства приобретают дополнительное значение вследствие преобладания значительных вертикальных нагрузок и наличия боковых составляющих жевательных движений.

Клиническая практика предусматривает применение двух принципиально различающихся вариантов циркониевых мостовидных конструкций. Монолитные протезы изготавливают из цельной заготовки диоксида циркония с последующей индивидуальной обработкой поверхности. При изготовлении облицованных реставраций прочный циркониевый каркас покрывают эстетической керамикой, свойства которой отличаются от характеристик несущего материала. Соответственно, помимо потенциального разрушения каркаса, двухслойная конструкция подвержена повреждениям облицовки, возникающим вследствие накопления напряжений, особенностей термической обработки и циклического воздействия жевательной нагрузки. Отказ от облицовочного слоя устраняет данный механизм повреждения, но оставляет актуальными проблемы перелома соединителя, нарушения фиксации и осложнений со стороны опорных зубов [3].

Клиническая значимость подобных различий подтверждается результатами систематического обзора H. Chen и соавторов, опубликованного в 2024 г. При сопоставлении циркониевых конструкций с керамической облицовкой и металлокерамических мостовидных протезов авторы установили

более высокую частоту неудач и сколов облицовки в первой группе. Относительный риск неудачи составил 3,64, а риск скола керамики — 2,92. При этом данное заключение относится прежде всего к двухслойным циркониевым реставрациям и не может без дополнительного обоснования распространяться на современные монолитные конструкции [3].

Изменение состава стоматологического диоксида циркония также усложняет оценку отдалённых результатов. Первоначально широко применявшиеся материалы на основе тетрагонального диоксида циркония, стабилизированного приблизительно 3 мол.% оксида иттрия, характеризовались высокой прочностью и сопротивлением распространению трещин. Последующее увеличение содержания стабилизирующего компонента позволило повысить светопропускание керамики, одновременно изменив её фазовый состав и механическое поведение. Современные разновидности 3Y-TZP, 4Y- и 5Y-циркония не следует рассматривать как взаимозаменяемые материалы при проектировании мостовидных протезов, поскольку увеличение прозрачности сопровождается изменением соотношения тетрагональной и кубической фаз и может снижать способность материала противостоять определённым видам механического разрушения [2].

Нельзя оставлять без внимания и условия изготовления реставрации. Продолжительность спекания, параметры фрезерования, положение конструкции в многослойной заготовке, завершающая обработка окклюзионной поверхности и характер фиксации могут изменять технические характеристики готового протеза. Отечественные исследования последних лет подтверждают актуальность технологического контроля при работе с многослойными циркониевыми материалами. В частности, Е. А. Ненашева и соавторы рассмотрели клинические результаты применения зубных протезов из диоксида циркония российского и зарубежного производства после различных режимов спекания. Однако результаты, полученные преимущественно при наблюдении за одиночными коронками, требуют осторожной интерпретации применительно к

мостовидным конструкциям, испытывающим иные механические нагрузки [4].

Принципиальное значение имеет продолжительность наблюдения. Положительная оценка краевого прилегания после фиксации и отсутствие технических дефектов в течение первого года позволяют судить о качестве изготовления и первоначальной клинической адаптации, но недостаточны для характеристики долгосрочной эффективности. Разрушение соединительных элементов, нарушения ретенции, вторичные кариозные поражения и осложнения эндодонтического характера могут возникать спустя несколько лет после протезирования. Кроме того, сохранение конструкции в полости рта не всегда означает отсутствие необходимости в дополнительных лечебных мероприятиях.

Представленные обстоятельства определяют необходимость сравнительной оценки монолитных и облицованных циркониевых мостовидных протезов на основании единых критериев, предусматривающих раздельный учёт состояния конструкции и опорных тканей. Пятилетний период наблюдения представляется клинически значимым для выявления различий между вариантами протезирования, хотя не может рассматриваться как исчерпывающая характеристика их долговечности. Исследование опубликованных результатов позволяет установить, какие технологические преимущества находят подтверждение в реальной клинической практике и какие предполагаемые закономерности пока не обеспечены достаточной доказательной базой.

Степень разработанности проблемы исследования. Современная доказательная база применения циркониевых мостовидных протезов формировалась преимущественно в ходе клинических наблюдений, посвящённых сохранности каркасов, частоте повреждений облицовочного материала и состоянию опорных зубов. Долгое время приоритетное внимание исследователей было сосредоточено на механической прочности циркония и возможности его использования в качестве альтернативы металлокерамике. По мере накопления отдалённых клинических результатов обнаружилась недостаточность подобного подхода. Высокие показатели сопротивления

разрушению, полученные в лабораторных условиях, не всегда сопровождались сопоставимой частотой клинически благоприятных исходов, поскольку утрата протеза могла происходить вследствие причин, непосредственно не связанных с механическими свойствами каркаса.

Существенный вклад в изучение данной проблемы внесло рандомизированное исследование P. Pontevedra и соавторов, опубликованное в Journal of Prosthodontic Research в 2024 г. Авторы провели пятилетнее наблюдение за пациентами, которым установили трёхзвеньевые мостовидные протезы бокового отдела, изготовленные по цифровому CAD/CAM-протоколу. Сопоставлялись монолитные циркониевые, облицованные циркониевые и металлокерамические конструкции. В исследование включили 90 пациентов, распределённых на три группы по 30 человек. Полученные результаты позволили оценить не только общую сохранность протезов, но и соотношение технических повреждений с биологическими осложнениями [1].

Особого внимания заслуживает установленное авторами различие между характером осложнений и общей выживаемостью конструкций. Хотя монолитная керамика исключала возможность скола отсутствующего облицовочного слоя, пятилетняя сохранность соответствующих протезов не превысила показатель, полученный в группе облицованного циркония. При этом технические повреждения монолитных конструкций регистрировались значительно реже, чем биологические осложнения, приводившие к прекращению их функционирования. Такое соотношение свидетельствует о необходимости оценки протеза совместно с состоянием опорных зубов, а не исключительно как изделия из определённого стоматологического материала [1].

Дополнительные сведения о клинической эффективности монолитных и частично облицованных конструкций представлены C. Labis и соавторами в 2025 г. В исследовании оценивались несъёмные мостовидные протезы на естественных зубах, изготовленные из прозрачного диоксида циркония с

содержанием стабилизирующего оксида иттрия 3 мол.%. Авторы не выявили статистически значимых различий между группами по пятилетней сохранности протезов без неудач. Однако по показателю отсутствия повреждений керамики монолитные протезы имели статистически значимое преимущество. Эти результаты позволяют более определённо характеризовать достоинства монолитной конструкции: они относятся прежде всего к уменьшению определённой категории технических осложнений, а не к безусловному повышению общей выживаемости [5].

Необходимо учитывать, что указанное исследование включало протезы неодинаковой локализации и конструкции. Следовательно, его результаты представляют значительный интерес для оценки влияния облицовки на техническую надёжность, однако не являются прямым подтверждением пятилетней эффективности исключительно трёхзвеньевых мостовидных протезов бокового отдела. Разграничение непосредственно сопоставимых клинических наблюдений и исследований со смешанной выборкой имеет значение для предотвращения необоснованного распространения результатов на более узкую категорию ортопедических конструкций.

Материаловедческое направление исследований охватывает проблемы фазового состава циркониевой керамики, изменения механических свойств после термической обработки и условий формирования долговечного соединения с фиксирующим материалом. В отечественной литературе соответствующие вопросы рассматриваются в работах, посвящённых характеристикам российского стоматологического диоксида циркония и методам подготовки его поверхности. Исследование И. Б. Аксельрода и соавторов, опубликованное в журнале «Стоматология» в 2024 г., посвящено влиянию химической обработки образцов отечественного материала на показатели адгезионной прочности. Значение подобных исследований заключается в возможности совершенствования этапа фиксации, от качества которого зависит риск последующего нарушения ретенции конструкции [6].

Отдельную группу составляют работы, характеризующие эффективность новых высокопрозрачных циркониевых материалов. J.-F. Güth и соавторы представили результаты трёхлетнего проспективного исследования трёхзвеньевых мостовидных протезов бокового отдела, изготовленных из многослойного монолитного диоксида циркония 5Y-PSZ. В исследование первоначально включили 22 конструкции, а в течение трёхлетнего периода наблюдения клиническому обследованию подверглись 21 из них. Среди обследованных протезов не зарегистрировали технических разрушений, при этом выявили три биологических осложнения, успешно устранённых без утраты функции реставраций. Полученные данные подтверждают клиническую применимость исследованного материала в среднесрочном периоде, однако малый объём выборки и отсутствие пятилетних результатов не позволяют рассматривать такую эффективность как окончательно установленную [7].

В отечественной стоматологической практике развитие цифрового производства сопровождается исследованиями, направленными на создание и совершенствование собственных CAD/CAM-заготовок. В публикации О. О. Янушевича и соавторов за 2024 г. рассмотрена разработка отечественных материалов для цифрового изготовления стоматологических конструкций. Данное направление имеет значение не только в отношении технологической доступности протезирования, но и для обеспечения воспроизводимости свойств заготовок, используемых при изготовлении протяжённых реставраций [8]. Вместе с тем сопоставление характеристик промышленно изготовленных блоков не заменяет клинического исследования, предусматривающего длительное наблюдение за мостовидными протезами определённой конструкции и состава.

Сохраняют актуальность вопросы проектирования соединительных элементов. Согласно систематическому обзору A. Ordoñez Balladares и соавторов, опубликованному в 2026 г., зоны соединения опорных частей с промежуточной частью мостовидного протеза часто становятся участками концентрации механических напряжений и возникновения разрушений.

Исследования, включённые в обзор, показали зависимость сопротивления разрушению от площади поперечного сечения соединителя, его геометрии и протяжённости промежуточной части. Однако преобладание лабораторных экспериментов и конечно-элементного анализа не позволяет непосредственно перенести полученные величины нагрузки разрушения на прогноз индивидуальной клинической выживаемости [9].

Параллельно изучаются эстетические и функциональные последствия применения многослойных материалов с различным фазовым составом. Е. А. Ненашева и соавторы исследовали прозрачность отечественной многослойной циркониевой керамики и зарубежного аналога после различных режимов спекания. Подобные данные позволяют точнее характеризовать влияние технологического процесса на оптические свойства реставрационного материала [10]. Вместе с тем изменение светопропускания не следует автоматически связывать с повышением клинической надёжности, поскольку эстетическая приемлемость и механическое сопротивление конструкции характеризуют разные стороны её функционирования.

Дополнительное направление исследований связано с воздействием циркониевых реставраций на зубы-антагонисты. В рандомизированном клиническом исследовании S. I. M. Hussein и соавторов, опубликованном в 2026 г., оценивалось стирание эмали при контакте с полноанатомическими коронками из различных вариантов циркониевой керамики. Авторы выявили различия в показателях износа эмали, несмотря на сопоставимые изменения самих реставрационных материалов [11]. Хотя исследование касалось одиночных коронок, его методический подход представляет интерес для оценки функциональных последствий длительной эксплуатации мостовидных протезов, поскольку количественное цифровое сопоставление поверхностей позволяет обнаруживать изменения, недостаточно отчётливые при обычном клиническом осмотре.

Анализ доступных исследований позволяет установить существенное

методологическое противоречие. Прочностные свойства циркониевой керамики достаточно подробно охарактеризованы экспериментальными методами, однако сравнительные клинические данные по отдельным поколениям материала и конкретным конструкционным вариантам мостовидных протезов остаются неоднородными. Дополнительные трудности создают различия в определении неудачи лечения, способах регистрации осложнений и продолжительности наблюдения. В результате высокий показатель сохранности конструкции в одном исследовании может соответствовать клиническому состоянию, которое в другой работе будет квалифицировано как неблагоприятный исход, требующий повторного вмешательства.

Материалы и методы исследования. Целью настоящей работы явилась сравнительная оценка опубликованных данных о пятилетней клинической эффективности монолитных и облицованных циркониевых трёхзвеньевых мостовидных протезов бокового отдела, изготовленных с использованием цифровой технологии CAD/CAM, с последующим обоснованием критериев выбора материала и требований к длительному клиническому наблюдению.

Работа представляет собой аналитический обзор опубликованных клинических и экспериментальных результатов, на основании которых разработана единая система оценки надёжности ортопедических конструкций. Собственная выборка пациентов не формировалась; результаты медицинских вмешательств, лабораторных измерений и статистических сравнений, приведённые далее, заимствованы из обозначенных научных публикаций. Сравнительные таблицы составлены на основании исходных данных соответствующих исследований без объединения индивидуальных наблюдений и без расчёта новых суммарных показателей эффективности.

В качестве научной основы использованы опубликованные в 2024–2026 гг. отечественные и зарубежные работы, отражающие клинические результаты применения циркониевых протезов, особенности цифрового производства, состояние опорных тканей, технологические параметры изготовления и

механическое поведение материалов. Рассматривались исследования, индексируемые в международных библиографических ресурсах и представленные в профильных научных журналах, а также отечественные публикации по ортопедической стоматологии и стоматологическому материаловедению. Основное внимание уделялось рандомизированным исследованиям с трёх- и пятилетним наблюдением, поскольку они позволяют оценить состояние конструкций и результаты их клинического применения в течение соответствующих периодов.

При определении предмета сравнительного анализа в качестве базового типа реставрации принят трёхзвеньевой мостовидный протез с опорой на естественные зубы, замещающий единичный включённый дефект бокового отдела зубного ряда. Протезирование на дентальных имплантатах, консольные конструкции и мостовидные протезы большей протяжённости не включались в непосредственное сравнение. Такое ограничение предмета исследования обусловлено различиями в биомеханике опор, распределении нагрузки, причинах нарушения фиксации и характере возможных биологических осложнений.

Сравнивались два конструкционных варианта: монолитные циркониевые протезы без отдельного облицовочного слоя и облицованные протезы с несущим каркасом из диоксида циркония и наружным слоем облицовочной керамики. Частично облицованные протезы рассматривались отдельно, поскольку сохранение открытой циркониевой окклюзионной поверхности меняет условия возникновения сколов по сравнению с полностью облицованными реставрациями. Металлокерамические конструкции учитывались в тех исследованиях, где они выступали самостоятельной группой сравнения, но не включались в основную пару монолитный — облицованный цирконий.

Различия по содержанию оксида иттрия представляли собой отдельный предмет анализа. Материалы 3Y-TZP, 4Y- и 5Y-циркония характеризуются неодинаковым соотношением оптических и механических свойств; поэтому

результаты, полученные для одного поколения керамики, не рассматривались как прямое доказательство эффективности другого. Особое внимание уделялось составу материала в несущей части мостовидной конструкции и соединительных элементах. Для многослойных блоков это имеет принципиальное значение, поскольку свойства материала могут зависеть от расположения реставрации относительно зон с различной прозрачностью и прочностью.

Первичным клиническим показателем для анализа пятилетней надёжности выбран показатель сохранности протеза без необходимости его окончательного удаления или замены. При использовании данных отдельных публикаций сохранялись принятые авторами определения исходов. Такой подход необходим, поскольку некоторые исследования учитывают извлечение протеза вследствие биологического осложнения как неудачу, тогда как другие дополнительно регистрируют любое повторное вмешательство, включая восстановление облицовки, коррекцию окклюзии или лечение опорного зуба.

В качестве вторичных показателей оценивались клинический успех без дополнительных вмешательств, частота переломов циркониевого каркаса и соединительных элементов, сколов облицовочной керамики, нарушений ретенции, вторичного кариеса опорных зубов, эндодонтических и пародонтальных осложнений. К отдельной категории отнесены изменения окклюзионной поверхности и стирание эмали зубов-антагонистов. При интерпретации учитывалось, что отсутствие определённого повреждения не означает отсутствия иных неблагоприятных изменений в функционировании всей ортопедической конструкции.

Предусмотрено различение технических и биологических осложнений. К техническим относились повреждения материалов протеза, нарушение целостности соединителей, утрата фиксации и дефекты облицовки. Биологические осложнения характеризовали патологические изменения со стороны опорных зубов и окружающих тканей, включая возникновение вторичного кариеса, необратимые воспалительные изменения пульпы,

прогрессирование пародонтальных нарушений и утрату опорного зуба. При наличии сочетанных причин оценивалась последовательность событий, позволявшая определить исходный механизм неблагоприятного клинического результата.

Точность краевого и внутреннего прилегания рассматривалась как характеристика первоначального качества изготовления и посадки протеза. Для её объективной оценки наиболее применимы методы измерения краевой щели, исследования толщины силиконового репликационного слоя, цифрового сопоставления поверхностей и другие воспроизводимые методы, соответствующие условиям конкретного клинического исследования. Однако показатели прилегания, полученные до постоянной фиксации, не могут самостоятельно служить критерием пятилетней эффективности. Их значение заключается преимущественно в объяснении последующих осложнений, связанных с нарушением краевой герметичности, ретенции и состоянием тканей опорных зубов.

Для анализа количественного износа зубов-антагонистов обосновано использование последовательных внутриротовых цифровых сканирований с последующим пространственным совмещением трёхмерных моделей. При данном подходе необходимо сохранять неизменными правила регистрации поверхности, условия выделения опорных участков для сопоставления и метод расчёта линейной либо объёмной потери твёрдых тканей. Подобные измерения позволяют отделить непосредственно наблюдаемое изменение поверхности от субъективных представлений о выраженности стираемости [11, 13].

Методологическое обобщение предусматривало также анализ факторов, способных искажать сравнительную оценку. К ним отнесены исходное состояние опорных зубов, соотношение витальных и депульпированных опор, особенности препарирования, материал фиксирующего цемента, наличие бруксизма и выраженной окклюзионной нагрузки, уровень индивидуальной гигиены, условия клинического контроля и продолжительность фактического

наблюдения. Отсутствие этих сведений в публикации рассматривалось как ограничение интерпретации, поскольку потенциально существенные различия между группами могли оставаться неучтёнными.

Предложенная система сравнительного анализа ориентирована на разграничение подтверждённых клиническими наблюдениями результатов и выводов, основанных преимущественно на лабораторных или материаловедческих исследованиях. Результаты лабораторных и материаловедческих исследований использовались для объяснения физических предпосылок возникновения осложнений, но не рассматривались как замена клиническим данным о выживаемости ортопедических конструкций.

Результаты исследования. Анализ научных публикаций 2024–2026 гг. позволил установить, что клиническая надёжность циркониевых мостовидных протезов определяется не только выбором монолитной или облицованной конструкции, но и сочетанием свойств исходной керамики с параметрами цифрового проектирования, условиями технологической обработки и состоянием зубочелюстной системы пациента. При этом влияние указанных факторов проявляется неодинаково на различных этапах функционирования ортопедического протеза. Если первоначальное качество реставрации преимущественно характеризуется точностью изготовления, прилеганием и окклюзионной адаптацией, то в отдалённом периоде возрастающее значение приобретают накопление повреждений, изменение состояния опорных зубов и устойчивость конструкции к повторным функциональным нагрузкам.

Материаловедческие предпосылки надёжности трёхзвеньевых циркониевых конструкций. Применяемые в стоматологии разновидности диоксида циркония различаются концентрацией стабилизирующего оксида иттрия, фазовым составом и соотношением механических и оптических характеристик. Наличие тетрагональной фазы способствует реализации механизма трансформационного упрочнения, при котором локальное изменение кристаллической структуры вблизи распространяющейся трещины препятствует

дальнейшему развитию разрушения. Увеличение содержания стабилизатора изменяет соотношение кристаллических фаз, вследствие чего возрастает прозрачность, но уменьшается вклад трансформационного упрочнения. Для мостовидного протеза подобное изменение может иметь значение прежде всего в областях соединения промежуточной части с опорными коронками, где возникают значительные изгибающие напряжения [2, 7].

В материалах 3Y-TZP сохраняется высокая доля тетрагональной фазы, что обеспечивает выраженную устойчивость к распространению трещин. Данные разновидности циркония традиционно рассматриваются в качестве материалов для конструкций, функционирующих при повышенной жевательной нагрузке. Применение 4Y-керамики позволяет улучшить светопропускание при сохранении механических характеристик, пригодных для ряда ортопедических конструкций, однако допустимость использования конкретного материала для мостовидного протеза должна определяться его назначением и требованиями производителя. Высокопрозрачные материалы категории 5Y обладают преимуществами эстетического характера, но оценка их механической пригодности требует особенно внимательного отношения к геометрии соединителей и возможным нагрузкам.

Сравнительная характеристика материалов представлена в таблице 1.

Таблица 1. Материаловедческие особенности современных разновидностей диоксида циркония, учитываемые при изготовлении трёхзвеньевых мостовидных протезов [2, 7, 9, 10]

Характеристика	3Y-TZP	4Y-цирконий	5Y-PSZ
Содержание стабилизирующего Y_2O_3	Около 3 мол.%	Около 4 мол.%	Около 5 мол.%
Преобладающие особенности фазового состава	Высокая доля тетрагональной фазы	Увеличенное содержание кубической фазы по сравнению с 3Y	Значительная доля кубической фазы
Оптические свойства	Относительно меньшая прозрачность	Промежуточные характеристики	Повышенная прозрачность
Устойчивость к распространению трещин	Выраженный вклад трансформационного упрочнения	Зависит от состава и микроструктуры материала	Меньший вклад трансформационного упрочнения

Прочностные характеристики	Преимущественно высокие	Промежуточные, зависят от марки	Обычно ниже, чем у высокопрочных разновидностей 3Y
Возможность изготовления трёхзвеньевых мостов	Применяется при соответствующих показаниях	Допустимость определяется конкретным материалом и конструкцией	Требует подтверждённых производителем показаний и контроля геометрии
Значение для цифрового проектирования	Возможность использования при повышенных требованиях к механической прочности	Необходим учёт соотношения прочности и эстетики	Особое внимание к сечению соединителей и распределению нагрузки
Основное ограничение	Менее благоприятные оптические свойства	Зависимость эксплуатационных свойств от состава	Ограниченность продолжительных клинических наблюдений за отдельными разновидностями

Представленные различия не означают существования универсального материала, обеспечивающего наилучший результат независимо от клинических условий. Выбор керамики должен учитывать расположение дефекта, высоту клинических коронок опорных зубов, доступное межокклюзионное пространство и протяжённость промежуточной части конструкции. При ограниченной высоте соединителей материал с повышенной прозрачностью может создавать дополнительные механические ограничения, тогда как в клинической ситуации с достаточным объёмом соединительных элементов соответствующий вариант керамики может обладать приемлемой функциональной надёжностью.

Изучение перспектив применения отечественного циркония приобретает значение в контексте технологической воспроизводимости. В исследовании Е. А. Ненашевой и соавторов, опубликованном в 2024 г., рассматривалось влияние режимов спекания на прочность при изгибе образцов многослойной стоматологической керамики российского и китайского производства. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости учитывать не только химический состав заготовки, но и конкретный режим её технологической

обработки [14]. Для мостовидных протезов это особенно существенно, поскольку нарушение рекомендованной последовательности термической обработки способно повлиять на свойства конструкции, испытывающей многократные циклические нагрузки.

Развитие технологий скоростного спекания требует самостоятельного клинического и материаловедческого обоснования. При сокращении продолжительности производственного цикла могут изменяться особенности формирования микроструктуры, состояние поверхности и механическое поведение реставрации. Экспериментальное исследование T. Alsubaie и соавторов, опубликованное в 2025 г., показало, что условия спекания способны существенно влиять на износ как исследуемой циркониевой керамики, так и противостоящей эмали. Авторы сравнивали материалы 3Y-TZP и 5Y-PSZ после стандартного и высокоскоростного спекания, выявив различия в характере их взаимодействия с эмалью при имитации жевательной нагрузки [15].

Следует учитывать экспериментальный характер указанных результатов. Моделируемые лабораторные воздействия не полностью воспроизводят условия полости рта, включая влияние слюны, индивидуального характера окклюзионных движений и биологических механизмов адаптации. Поэтому повышенный износ, установленный в ходе испытаний, представляет собой основание для дополнительного изучения технологического режима, но не позволяет непосредственно прогнозировать клинический срок функционирования протеза.

Сравнительная пятилетняя выживаемость монолитных и облицованных мостовидных протезов. Наиболее непосредственные данные по рассматриваемой клинической проблеме представлены в пятилетнем рандомизированном исследовании P. Pontevedra и соавторов. Работа отличается соответствием основным параметрам предмета настоящего анализа: исследовались трёхзвеньевые мостовидные протезы бокового отдела с опорой на естественные зубы, изготовленные посредством цифрового сканирования и

CAD/CAM-технологии, а продолжительность наблюдения составила пять лет [1].

В исследовании участвовали 90 пациентов, которым установили по одному мостовидному протезу. После рандомизации были сформированы три группы: монолитного циркония, облицованного циркония и металлокерамики. Изготовление конструкций осуществлялось на основании цифровых оттисков, а постоянная фиксация выполнялась с использованием композитного цемента. Клиническое состояние протезов и пародонтальных тканей оценивалось исходно и при последующих ежегодных осмотрах.

Пятилетняя сохранность в группе монолитных циркониевых конструкций составила 87%, в группе облицованных циркониевых протезов — 97%, а среди металлокерамических конструкций — 100%. Общее сравнение трёх групп показало статистически значимые различия ($p = 0,04$). При интерпретации данного результата необходимо учитывать, что установленная статистическая значимость относится к сопоставлению всех трёх исследованных групп и не должна без дополнительного анализа рассматриваться как доказательство отдельного статистически значимого различия между двумя разновидностями циркониевых протезов [1].

Примечательной особенностью результатов стало преобладание биологических осложнений среди причин неблагоприятных исходов. На протяжении пятилетнего наблюдения зарегистрировали один перелом монолитного циркониевого протеза, произошедший через 58 месяцев после фиксации. Следовательно, снижение общей сохранности конструкций данной группы нельзя объяснять исключительно недостаточной механической прочностью материала. Полученные данные указывают на существенное влияние состояния опорных зубов и подтверждают необходимость оценки всей ортопедической системы, включающей реставрацию, фиксирующий материал и опорные ткани.

Вместе с тем небольшое количество событий в отдельных группах

ограничивает возможности определения самостоятельного влияния конструкционного материала на исход лечения. При 30 пациентах в каждой группе даже несколько случаев осложнений способны заметно изменить оценку пятилетней выживаемости. Для получения обоснованных выводов о сравнительных преимуществах материалов необходимы исследования с большим числом участников, едиными критериями включения и стандартизованной оценкой исходного состояния опорных зубов.

Дополнительные результаты были получены C. Labis и соавторами при наблюдении за монолитными и частично облицованными мостовидными протезами из циркония 3Y. В исследовании приняли участие 52 пациента, которым установили 68 конструкций, распределённых поровну между двумя вариантами исполнения. Большая часть протезов располагалась в боковых отделах зубных рядов, однако отдельные конструкции относились к фронтальной области либо пересекали границу между передним и боковым отделами. Средняя продолжительность наблюдения составила около шести лет [5].

Авторы установили пятилетнюю сохранность без неудач на уровне 89,4% для монолитных и 81,9% для частично облицованных протезов. Различия между группами по этому показателю не достигли статистической значимости ($p = 0,640$). При оценке сохранности без повторных вмешательств показатели составили соответственно 83,7 и 68,9%, также без статистически значимого различия ($p = 0,395$). Вместе с тем отсутствие повреждений керамики в течение пяти лет отмечено у 100% монолитных и 86,4% частично облицованных конструкций; по данному критерию различие оказалось статистически значимым ($p = 0,036$) [5].

Полученные результаты представляют интерес вследствие возможности разграничить сохранность протеза и отсутствие технических дефектов. Монолитная конструкция продемонстрировала преимущество по устойчивости к керамическим повреждениям, но соответствующее различие не

сопровождалось доказанным превосходством по общей пятилетней сохранности без неудач. Данный факт подтверждает, что техническое совершенствование реставрационного материала влияет лишь на определённую часть причин клинической неудачи.

Таблица 2. Клинические результаты применения циркониевых мостовидных протезов по данным исследований 2024–2025 гг.

Исследование	Клиническая выборка	Период оценки	Основные результаты
Pontevedra P. et al., 2024 [1]	90 пациентов, 90 трёхзвеньевых протезов бокового отдела; по 30 монолитных циркониевых, облицованных циркониевых и металлокерамических конструкций	5 лет	Выживаемость: монолитный цирконий — 87%; облицованный — 97%; металлокерамика — 100%. Общее сравнение: p = 0,04
Labis C. et al., 2025 [5]	52 пациента, 68 мостовидных протезов; 34 монолитных и 34 частично облицованных	5 лет	Сохранность без неудач: 89,4 и 81,9%, p = 0,640. Сохранность без вмешательств: 83,7 и 68,9%, p = 0,395. Отсутствие керамических дефектов: 100 и 86,4%, p = 0,036
Güth J.-F. et al., 2025 [7]	22 трёхзвеньевых монолитных протеза из высокопрозрачного 5Y-PSZ; 21 пациент обследован через три года	3 года	Выживаемость обследованных конструкций — 100%. Технические осложнения не зарегистрированы; выявлены три биологических осложнения

Сопоставление данных таблицы 2 позволяет выделить два обстоятельства, имеющих непосредственное клиническое значение. Во-первых, устранение керамической облицовки действительно меняет структуру технических осложнений, поскольку сколы облицовочного слоя становятся невозможными. Во-вторых, оценка общей продолжительности функционирования протеза требует учёта причин, которые не устраняются посредством выбора более прочного либо конструкционно упрощённого материала.

Обращает на себя внимание и неодинаковая направленность численных различий в рассмотренных исследованиях. В работе Pontevedra и соавторов

пятилетняя выживаемость облицованных конструкций была выше, чем монолитных, тогда как в исследовании Labis и соавторов более высокую численную оценку сохранности без неудач получили для монолитных протезов. Различия в результатах двух исследований не следует объяснять случайностью без дополнительного статистического анализа. Вместе с тем они указывают на возможную зависимость результатов от характеристик выборки, разновидности циркония, критериев неудачи и клинических условий протезирования.

Геометрия соединительных элементов и механическая устойчивость мостовидного протеза. Значительная часть напряжений в трёхзвеньевых конструкциях возникает в областях перехода от промежуточной части к опорным коронкам. Механическое состояние соединителя определяется не только площадью поперечного сечения, но и его формой, вертикальным размером, расположением относительно направления нагрузки и радиусами переходов между соседними участками реставрации.

Систематический обзор A. Ordoñez Balladares и соавторов, опубликованный в 2026 г., включил 11 исследований, посвящённых механическому поведению циркониевых мостовидных протезов. Авторы установили, что уменьшение размеров соединительных элементов в исследованных моделях сопровождалось снижением сопротивления разрушению и неблагоприятным изменением характеристик усталостной прочности. Увеличение протяжённости промежуточной части также способствовало росту механической нагрузки на критические участки конструкции [9].

Особое значение имеет вертикальный размер соединителя. При изгибе мостовидного протеза распределение напряжений зависит от пространственной геометрии поперечного сечения, поэтому изменение высоты и ширины соединителя на одинаковую абсолютную величину может неодинаково отражаться на механическом поведении конструкции. Кроме того, резкие переходы и локальные участки повышенной кривизны способны создавать зоны

концентрации напряжений, в которых появляются начальные микроповреждения.

Положение соединительных элементов должно оцениваться совместно с возможностями гигиенического ухода. Чрезмерное увеличение объёма конструкции в пришеечной области затрудняет очищение межзубных пространств и способно создавать условия для воспалительных осложнений тканей пародонта. Следовательно, геометрическое проектирование представляет собой задачу согласования требований к механической прочности и биологической приемлемости протеза.

Универсальное применение единственного минимального значения площади соединителя без учёта разновидности циркония представляется недостаточно обоснованным. Конкретные размеры необходимо определять с учётом назначения материала, клинической высоты доступного пространства и требований производителя. Это особенно важно для высокопрозрачных разновидностей циркония, механическое поведение которых отличается от свойств традиционного высокопрочного 3Y-TZP.

В монолитной конструкции практически весь предусмотренный объём соединительного элемента может формироваться из несущего циркониевого материала. В облицованном протезе часть доступного пространства занимает облицовочная керамика, механическая прочность которой отличается от прочности материала каркаса. Следовательно, при одинаковом внешнем объёме реставрации эффективная геометрия несущего элемента может различаться. Данное обстоятельство необходимо учитывать при сравнении монолитных и облицованных конструкций, поскольку неодинаковое распределение материала в области соединителя способно влиять на условия возникновения механических повреждений.

Цифровое проектирование и технологические факторы клинической надёжности. Изготовление трёхзвеньевого мостовидного протеза по CAD/CAM-протоколу предполагает последовательное получение цифровых данных о

препарированных опорных зубах, виртуальное моделирование конструкции, выбор заготовки, автоматизированное фрезерование и завершающую технологическую обработку. Каждый этап может влиять на геометрию готового изделия, а ошибки, допущенные на ранних стадиях, не всегда удаётся устранить последующей коррекцией.

При цифровом сканировании принципиальное значение имеет точность отображения границ препарирования и взаимного положения опорных зубов. Ошибки сканирования, связанные с недостаточной видимостью уступа, наличием влаги, подвижностью мягких тканей или особенностями объединения последовательно отсканированных участков, могут привести к отклонению внутренней геометрии реставрации от требуемых параметров. Для мостовидного протеза такие погрешности особенно нежелательны, поскольку неточность взаимного положения двух опор затрудняет одновременную посадку конструкции на оба зуба.

В виртуальном проектировании определяются внутренний компенсационный зазор, расположение краевой границы, окклюзионная анатомия, толщина конструкционного материала и геометрия промежуточной части. Ошибки настройки пространства для цемента способны повлиять на полноту посадки готового протеза. Чрезмерное уменьшение внутреннего зазора может затруднять фиксацию, тогда как неоправданное его увеличение потенциально ухудшает условия передачи нагрузки и устойчивость соединения конструкции с опорным зубом.

Полученные при фрезеровании размеры должны соответствовать параметрам, предусмотренным для последующего спекания. В производстве циркониевой керамики применяется компенсация усадки материала, вследствие чего точность готового протеза зависит от правильности выбора исходной заготовки, программных настроек и режима термической обработки. Несоблюдение рекомендованной температуры, продолжительности выдержки и условий охлаждения способно привести к изменению конечных размеров и

свойств реставрации.

В работе О. О. Янушевича и соавторов, посвящённой разработке отечественных CAD/CAM-заготовок, технологическое обеспечение цифрового стоматологического производства рассматривается как самостоятельная область исследований [8]. Практическое значение соответствующих разработок состоит в возможности поддерживать стабильность свойств материала при изготовлении реставраций с заранее определёнными параметрами. Однако для переноса лабораторных результатов в клиническую практику необходимо учитывать не только свойства заготовки, но и условия её обработки в конкретной CAD/CAM-системе.

Отдельного рассмотрения требует заключительная обработка циркониевой поверхности после проверки окклюзионных контактов. Пришлифовывание, особенно выполняемое неподходящим инструментом или без последующей полировки, может изменить характер микрорельефа и создать локальные поверхностные повреждения. В течение дальнейшей эксплуатации такие участки подвергаются повторяющемуся механическому воздействию и способны влиять как на состояние реставрации, так и на износ зубов-антагонистов.

Исследование Я. М. Аль-Мобарак и соавторов, опубликованное в 2026 г., посвящено особенностям адгезионного взаимодействия при изготовлении циркониевых одиночных коронок. Авторы исследовали влияние подготовки поверхностей на прочность соединения в лабораторных условиях. Результаты подтверждают значение контролируемой механической обработки, однако не позволяют напрямую установить частоту расцементировки трёхзвеньевых протезов в течение пяти лет [12].

Таким образом, техническое качество циркониевого мостовидного протеза не может быть сведено к точности его изготовления на фрезерном оборудовании. Важную роль играет согласованность всех этапов, от исходной цифровой модели до проверки реставрации после спекания и окончательной фиксации.

Краевое прилегание и состояние опорных зубов. Клиническая значимость

краевой адаптации определяется необходимостью сохранять устойчивость ортопедической конструкции и ограничивать проникновение содержимого полости рта в область соединения реставрации с твёрдыми тканями опорного зуба. Нарушение краевого прилегания может сопровождаться накоплением биоплёнки, воспалительными изменениями прилежащих тканей и повышением риска вторичного кариеса. При этом развитие подобных осложнений зависит не только от ширины краевого промежутка, но и от расположения границы препарирования, качества фиксации, состояния гигиены и индивидуальной восприимчивости пациента.

Краевую точность следует оценивать после изготовления конструкции, до её постоянной фиксации. Целесообразно регистрировать как непосредственно измеряемые отклонения, так и клинически наблюдаемые признаки неполной посадки. Для последующего анализа необходимо сохранять сведения о применённом способе измерения, поскольку результаты, полученные разными методиками, могут различаться. Наличие цифровых данных о геометрии реставрации само по себе не устраняет методическую неоднородность.

Внутренняя адаптация также требует самостоятельной оценки. Неравномерное распределение пространства между внутренней поверхностью протеза и препарированными тканями может приводить к неодинаковой толщине фиксирующего слоя. При длительном воздействии окклюзионных нагрузок механические свойства цементного слоя становятся одним из факторов, влияющих на устойчивость конструкции.

Из результатов пятилетнего исследования Pontevedra и соавторов следует, что краевые показатели циркониевых конструкций оставались стабильными на протяжении наблюдения, хотя общая пятилетняя сохранность групп различалась [1]. Следовательно, удовлетворительная краевая адаптация не исключает других причин клинической неудачи. Для оценки эффективности протезирования требуется самостоятельная регистрация состояния пульпы, твёрдых тканей и пародонта опорных зубов.

Отдельное значение имеет характер восстановления опорного зуба перед протезированием. При значительном разрушении коронковой части, использовании культевых конструкций или необходимости предварительного эндодонтического лечения механическая и биологическая надёжность опоры может отличаться от характеристик интактного витального зуба. Влияние указанных обстоятельств следует учитывать при сравнении конструкционных материалов, поскольку различия исходного клинического состояния способны формировать неодинаковую частоту биологических осложнений независимо от разновидности циркония.

Фиксация циркониевых конструкций как фактор сохранности. Надёжность соединения мостовидного протеза с опорными зубами зависит от геометрической ретенции препарированных поверхностей, химических и механических свойств фиксирующего материала и качества подготовки внутренней поверхности реставрации. Поскольку диоксид циркония не относится к традиционной стеклокерамике с выраженной силикатной фазой, способы подготовки его поверхности должны учитывать особенности химического состава материала.

В отличие от силикатной керамики, для которой применение плавиковой кислоты может обеспечивать формирование микроретенционного рельефа, диоксид циркония требует иных подходов к созданию прочного соединения. В зависимости от клинических показаний могут применяться контролируемая воздушно-абразивная обработка и адгезивные системы, содержащие функциональные фосфатные мономеры. Использование подобных протоколов должно соответствовать характеристикам конкретного материала и рекомендациям производителя, поскольку чрезмерное механическое воздействие способно повреждать поверхность керамики.

Отечественные исследования И. Б. Аксельрода и соавторов, а также Я. М. Аль-Мобарак и соавторов подтверждают необходимость специального изучения способов поверхностной обработки циркониевой керамики [6, 12].

Вместе с тем лабораторная прочность адгезионного соединения представляет собой промежуточный технический показатель. Долговременная клиническая ретенция зависит также от состояния опорных тканей, соблюдения условий фиксации, воздействия влаги и характера нагрузок в полости рта.

В клинической работе Е. А. Ненашевой и соавторов, опубликованной в 2025 г., исследовались 55 одиночных циркониевых коронок, изготовленных из многослойных материалов российского и зарубежного производства. Наблюдение продолжалось три года. Авторы оценивали состояние конструкций после различных режимов спекания и применения нескольких вариантов цементной фиксации, не зарегистрировав поломок коронок в исследованной выборке [4]. Однако эти результаты не следует распространять на трёхзвеньевые мостовидные протезы без дополнительных клинических наблюдений, поскольку условия механической работы одиночной коронки и мостовидной конструкции существенно различаются.

При сопоставлении эффективности монолитных и облицованных протезов необходимо контролировать тип фиксирующего цемента. В противном случае часть различий в частоте нарушения ретенции может быть обусловлена неодинаковыми условиями фиксации, а не свойствами материала каркаса. Соответственно, в сравнительных клинических исследованиях целесообразно применять единый протокол либо учитывать применённые фиксирующие материалы при статистическом анализе.

Износ зубов-антагонистов и особенности окклюзионной адаптации. Функциональная приемлемость циркониевого мостовидного протеза характеризуется не только отсутствием разрушений, но и сохранением стабильных окклюзионных взаимоотношений. Существенное значение имеет взаимодействие реставрационной поверхности с естественной эмалью зубов-антагонистов. Величина стираемости может зависеть от состава керамики, состояния поверхности после полировки, направления функциональных движений и интенсивности окклюзионных контактов.

Количественное исследование стирания эмали требует методов, позволяющих выявлять небольшие изменения формы жевательной поверхности. Внутриротовое цифровое сканирование с последующим пространственным совмещением моделей, полученных в разные сроки, обеспечивает возможность измерения линейной и объёмной потери твёрдых тканей. Однако достоверность результатов зависит от качества исходной модели, повторяемости сканирования и корректности выбора участков, используемых при совмещении цифровых изображений.

P. Woraganjanaboon и соавторы в исследовании, опубликованном в The Journal of Prosthetic Dentistry в 2025 г., оценивали двухлетний износ эмали зубов, контактирующих с полированными коронками из циркония 5Y и дисиликата лития. По данным авторов, износ эмали при контакте с указанными реставрациями не превышал показатели, наблюдавшиеся при естественных эмалевых контактах. Эти результаты подтверждают клиническую значимость качественной завершающей обработки поверхности, хотя относятся к одиночным коронкам, а не к мостовидным протезам [13].

В отличие от данного наблюдения, S. I. M. Hussein и соавторы установили различия между монолитным высокопрочным и градиентным цирконием по воздействию на зубы-антагонисты. При сопоставимой стираемости самих реставраций повышенный износ эмали наблюдался в группе градиентного материала, содержащего высокопрозрачный цирконий [11]. Полученные данные указывают на необходимость учитывать не только гладкость поверхности, но и состав используемого материала.

Несовпадение результатов разных исследований не позволяет сформулировать универсальное заключение о воздействии всей группы циркониевых материалов на эмаль. Варианты состава, методы полировки, сроки наблюдения и возрастные характеристики пациентов могут существенно различаться. В связи с этим при планировании длительного наблюдения за мостовидными протезами целесообразно сочетать клиническую оценку

окклюзионных контактов с периодическим количественным исследованием поверхности зубов-антагонистов.

Система регистрации технических и биологических осложнений. На основании анализа клинических исследований представляется обоснованным использовать раздельную оценку нарушений, возникающих непосредственно в конструкции, и патологических изменений опорных тканей. Необходимость такого разделения обусловлена различиями механизмов их возникновения, способов лечения и влияния на общую продолжительность службы протеза.

В качестве самостоятельной категории должны регистрироваться повреждения облицовочного материала, не затрагивающие несущий каркас. Небольшой скол, допускающий внутриполостную коррекцию или восстановление, отличается по клиническому значению от перелома соединительного элемента, требующего замены всей конструкции. Объединение подобных событий в единую категорию технических осложнений без дополнительной детализации затрудняет оценку реальных последствий выбора облицованного или монолитного протеза.

Биологические осложнения требуют не менее подробной классификации. Возникновение вторичного кариеса может быть обусловлено состоянием краевой области, уровнем гигиены, особенностями фиксации и индивидуальным риском кариозных поражений. Эндодонтические осложнения зависят от исходного состояния пульпы, глубины препарирования и последующего функционирования опорного зуба. Пародонтальные нарушения, в свою очередь, определяются исходным состоянием тканей, конструкцией промежуточной части протеза и возможностями проведения гигиенических мероприятий.

Простое суммирование указанных осложнений без определения степени их клинической значимости способно привести к искажённой характеристике эффективности протезирования. В частности, лечение опорного зуба через технологическое отверстие или коррекция небольшого керамического дефекта могут обеспечить сохранение конструкции, тогда как удаление опорного зуба

приводит к прекращению её функционирования.

Поэтому целесообразно дополнительно выделять осложнения, устраняемые без снятия протеза, события, требующие временного удаления и повторной фиксации конструкции, а также необратимые неудачи, приводящие к окончательной замене реставрации. Такой подход даёт возможность оценивать не только длительность службы протеза, но и связанную с его эксплуатацией потребность в повторных лечебных вмешательствах.

Разграничение показателей выживаемости и клинического успеха. Сравнение результатов опубликованных исследований показало, что используемые показатели не всегда характеризуют одинаковые клинические события. Сохранение протеза в полости рта может сопровождаться устранёнными техническими повреждениями, неоднократной коррекцией окклюзии либо лечением опорных тканей. Следовательно, такой исход не равнозначен безосложнённому функционированию конструкции на протяжении всего периода наблюдения.

Показатель выживаемости характеризует вероятность сохранения протеза без окончательной утраты или замены в течение определённого времени. Более строгий критерий клинического успеха предполагает отсутствие заранее определённых осложнений, хотя конкретная трактовка данного показателя может различаться. Сохранность без повторных вмешательств позволяет учитывать необходимость дополнительной стоматологической помощи, даже если протез продолжает выполнять свою функцию.

Особое значение подобное разграничение имеет при сравнении конструкций с различным техническим устройством. Облицованный протез может сохраняться после устранения скола керамики, но при этом не соответствовать критерию безосложнённого функционирования. Монолитная реставрация лишена такого вида повреждения, однако сохраняет риск утраты ретенции либо осложнений со стороны опорных зубов. Поэтому вывод о превосходстве одного варианта должен содержать указание конкретного

клинического критерия.

Применение данного метода позволяет учитывать неодинаковую продолжительность наблюдения и цензурирование данных пациентов, у которых событие не наступило к последнему доступному осмотру. Однако корректность интерпретации зависит от содержания самого события и предположения о неинформативном цензурировании. Потеря пациента для последующего наблюдения не должна автоматически отождествляться ни с клиническим успехом, ни с утратой конструкции.

При сравнении групп возможно применение логарифмического рангового критерия, а для изучения влияния исходных факторов — регрессионной модели Кокса. Последняя требует достаточного количества зарегистрированных событий относительно числа включаемых независимых переменных. В небольших клинических исследованиях, характеризующихся высокой сохранностью реставраций и ограниченным количеством неудач, сложные многофакторные модели могут давать неустойчивые оценки. Следовательно, статистическую сложность анализа необходимо согласовывать с фактическим объёмом клинической информации.

Если у одного пациента установлено несколько мостовидных конструкций, возникает дополнительная зависимость наблюдений, связанная с общими особенностями окклюзии, гигиены и индивидуального состояния тканей. В подобной ситуации протезы нельзя рассматривать как полностью независимые статистические единицы без соответствующей поправки. Наиболее последовательным решением для прямого сравнения материалов может служить включение одной исследуемой конструкции на пациента либо использование статистической модели, учитывающей внутриперсональную зависимость.

Результаты изученных исследований позволяют предложить единую последовательность оценки клинической надёжности, представленную на рисунке 1.



Рисунок 1. Взаимосвязь клинических, конструкционных и технологических факторов пятилетней эффективности циркониевого мостовидного протеза

Организация клинического наблюдения за трёхзвеньевыми мостовидными протезами. Длительная оценка эффективности требует предварительного определения сроков и содержания контрольных осмотров. Наиболее существенное значение имеет наличие исходного обследования после окончательной фиксации, поскольку без такого этапа последующие изменения состояния конструкции могут ошибочно интерпретироваться как первоначальный дефект изготовления либо, напротив, оставаться незамеченными.

Контрольный осмотр после фиксации должен включать оценку целостности конструкции, качества окклюзионной адаптации и состояния краевой области. Дополнительно необходимо фиксировать признаки воспаления прилежащих мягких тканей и состояние опорных зубов. При выявлении

неудовлетворительных параметров коррекцию желательно проводить до включения конструкции в основной период длительного наблюдения, сохраняя сведения о выполненных вмешательствах.

В течение первого года особое внимание целесообразно уделять полноте адаптации ортопедической конструкции и стабильности фиксации. Позднее возрастающее значение приобретает регистрация накопившихся технических дефектов, вторичного кариеса и изменений тканей пародонта. Наличие ежегодных контрольных точек обеспечивает возможность установить время возникновения осложнения с большей точностью, чем при оценке только исходного состояния и результата через пять лет.

Предлагаемая программа обследования приведена в таблице 3.

Таблица 3. Предлагаемая программа пятилетнего клинического наблюдения за трёхзвеньевыми циркониевыми мостовидными протезами

Срок обследования	Основное содержание клинического контроля	Регистрируемый результат
Исходно, после фиксации	Проверка посадки, краевого прилегания, окклюзионных контактов, состояния опорных зубов; исходное внутриротовое сканирование	Первоначальное состояние конструкции и опорных тканей
6 месяцев	Оценка стабильности фиксации, состояния пародонта, гигиены и ранних технических осложнений	Ранние изменения после начала функциональной нагрузки
12 месяцев	Комплексное клиническое обследование; регистрация вмешательств; оценка состояния антагонистов	Годичная сохранность и структура ранних осложнений
24 месяца	Осмотр конструкции и опорных зубов; оценка окклюзии, пародонта и состояния фиксирующего соединения	Динамика технических и биологических нарушений
36 месяцев	Расширенное обследование; цифровое сопоставление поверхностей при наличии исходных данных	Трёхлетняя выживаемость и накопление функциональных изменений
48 месяцев	Контроль ретенции, целостности соединителей и облицовки, состояния опорных тканей	Поздние осложнения и потребность в повторных вмешательствах
60 месяцев	Итоговое обследование; оценка сохранности, успеха лечения, причин осложнений и динамики износа	Пятилетняя выживаемость, клинический успех и отсутствие вмешательств

При использовании предложенной схемы необходимо учитывать время

возникновения каждого неблагоприятного события. Если пациент обращается вне предусмотренного контрольного срока, соответствующее осложнение должно регистрироваться на дату фактического выявления. Подобная организация наблюдения позволяет более точно оценивать продолжительность функционирования протеза и уменьшает риск ошибочного отнесения всех осложнений к ближайшему плановому осмотру.

Пятилетняя сохранность не должна рассматриваться единственным итоговым результатом. Помимо неё следует определять частоту повторных вмешательств, распределение технических и биологических осложнений, состояние зубов-антагонистов и сохранность первоначально достигнутых функциональных характеристик. Только совместное рассмотрение данных показателей позволяет оценить клиническую эффективность протезирования в интересах пациента, для которого важна не формальная сохранность конструкции, а возможность длительно пользоваться ею без боли, дискомфорта и повторного сложного лечения.

Обсуждение результатов исследования. Сопоставление современных исследований показывает, что научная оценка циркониевых мостовидных протезов требует пересмотра представления о долговечности как о непосредственном следствии прочности реставрационного материала. Механическая устойчивость сохраняет важное значение, однако пятилетняя эффективность определяется также состоянием опорных зубов и способностью конструкции обеспечивать физиологически приемлемое функционирование в условиях изменяющейся окклюзионной нагрузки. Именно этим объясняется возможность получения высокой частоты сохранности протезов при наличии отдельных технических осложнений и, напротив, прекращения эксплуатации механически целой реставрации вследствие биологической несостоятельности опоры.

Результаты рандомизированного исследования Pontevedra и соавторов имеют особую доказательную ценность благодаря соответствию типа

конструкций предмету рассматриваемой проблемы и продолжительности наблюдения. Пятилетняя сохранность монолитных протезов составила 87%, облицованных циркониевых — 97%, а металлокерамических — 100%. Тем не менее установленные различия не дают оснований для однозначного заключения о превосходстве облицованного циркония над монолитным материалом. Небольшие группы, неодинаковая структура осложнений и ограниченные возможности многофакторной оценки создают условия, при которых отдельные неблагоприятные события способны заметно повлиять на итоговую величину выживаемости [1].

Клинически важным результатом является установленное преобладание биологических причин неудачи. Данное обстоятельство меняет приоритеты профилактики осложнений. При выборе материала и конструкции необходимо учитывать не только возможность разрушения каркаса, но и состояние опорных зубов до препарирования, качество выполненного эндодонтического лечения, индивидуальный риск кариеса и возможность поддержания удовлетворительной гигиены. Если перечисленные условия не обеспечены, применение высокопрочной монолитной керамики не устраняет основные предпосылки утраты протеза.

Данные Labis и соавторов позволяют уточнить характер преимуществ монолитной конструкции. Статистически значимое превосходство было выявлено по отсутствию керамических дефектов, тогда как показатели пятилетней сохранности без неудач и повторных вмешательств статистически значимо не различались [5]. Таким образом, снижение частоты сколов следует рассматривать как самостоятельный благоприятный результат, но не как доказательство увеличения общей продолжительности функционирования ортопедического протеза.

Подобное разграничение важно для клинического выбора. У пациентов, для которых особенно существенна вероятность повреждений облицовочной керамики, монолитная конструкция может представлять определённые

преимущества. Это относится прежде всего к ситуациям повышенной окклюзионной нагрузки и ограниченного пространства для формирования двухслойной реставрации. Однако при выраженных эстетических требованиях, достаточном объёме тканей для размещения каркаса и облицовки и контролируемой окклюзии применение облицованного циркония может оставаться оправданным. Выбор в каждом случае должен определяться совокупностью клинических обстоятельств.

Особого внимания заслуживает неоднородность материалов, обозначаемых общим термином «диоксид циркония». Современные высокопрозрачные разновидности отличаются от материалов традиционного поколения не только цветом и светопропусканием, но и фазовым составом, поведением при изгибе и механизмами сопротивления распространению трещин. В результате перенос клинических показателей, полученных для монолитного 3Y-TZP, на мостовидные конструкции из 5Y-PSZ без дополнительных исследований является методологически недостаточно обоснованным.

Трёхлетнее исследование Güth и соавторов представляет значительный интерес в связи с получением благоприятных результатов применения высокопрозрачного 5Y-PSZ в трёхзвеньевых конструкциях бокового отдела. Отсутствие технических разрушений у обследованных пациентов позволяет рассматривать соответствующий материал как потенциально пригодный для отдельных клинических ситуаций. В то же время ограниченная численность выборки не обеспечивает достаточной статистической мощности для оценки редких технических неудач, а трёхлетний период не отражает всего спектра возможных поздних осложнений [7].

При изучении разновидностей циркония необходимо отделять свойства промышленного материала от характеристик готовой реставрации. Одинаковая химическая категория заготовок не гарантирует тождественной механической прочности протезов после фрезерования, спекания и заключительной обработки.

Размер зерна, особенности микроструктуры, параметры термического цикла и качество поверхности могут изменяться в процессе производства. Соответственно, достоверная оценка клинической надёжности требует фиксации не только торгового наименования материала, но и конкретного технологического протокола его обработки.

Отечественные исследования, посвящённые многослойным материалам и различным режимам спекания, имеют практическое значение для совершенствования стоматологического производства [4, 10, 14]. Вместе с тем лабораторные различия в прозрачности или прочности при изгибе не могут автоматически интерпретироваться как различия пятилетней выживаемости. Для установления клинической значимости соответствующих характеристик необходимо прослеживать их связь с фактическими осложнениями в однородных группах пациентов.

В вопросе геометрии соединительных элементов также необходимо разграничивать экспериментальную и клиническую доказательность. Конечно-элементное моделирование позволяет установить зоны концентрации напряжений и оценить влияние формы соединителя на распределение механической нагрузки. Лабораторные испытания определяют поведение конструкции в заданных условиях приложения силы. Однако реальная жевательная функция характеризуется существенно большей изменчивостью нагрузки, а её влияние зависит от пародонтальной поддержки опор, индивидуальных окклюзионных особенностей и состояния реставрационной поверхности. Поэтому разработка универсальных требований к размерам соединителей исключительно по результатам лабораторных исследований представляется преждевременной [9].

Дополнительная методологическая проблема заключается в возможности взаимного влияния выбора материала и конструкционного дизайна. Если монолитные протезы изготавливаются с более массивными соединителями, а облицованные — с меньшим объёмом несущего каркаса, выявленное различие в

частоте переломов может отражать не только свойства керамики, но и неэквивалентность геометрических условий. Аналогичная ситуация возникает при сравнении материалов различных поколений, когда производственные ограничения диктуют неодинаковую толщину стенок или форму промежуточной части.

Научно обоснованное клиническое сравнение предполагает предварительное определение допустимых конструкционных параметров для каждой разновидности материала. Там, где это технологически возможно, следует обеспечивать сопоставимость внешней геометрии и условий окклюзионного контакта. В противном случае необходимо отдельно характеризовать особенности проектирования и учитывать их при обсуждении наблюдаемых различий.

Несмотря на расширение цифровых технологий, точность изготовления не устраняет необходимость клинической проверки каждой реставрации. Виртуальная модель представляет собой результат математической обработки цифровых данных, качество которых определяется условиями регистрации и программными алгоритмами. Ошибки исходного сканирования могут сохраняться на всех последующих этапах, даже если фрезерование выполняется с высокой производственной точностью. По этой причине цифровое изготовление следует рассматривать как способ управления технологическими параметрами, но не как самостоятельную гарантию клинического успеха.

Особую роль в обеспечении долговечности играет состояние краевого соединения реставрации с опорным зубом. При удовлетворительной первоначальной посадке риск последующих осложнений может сохраняться вследствие нарушений гигиены, деградации фиксирующего материала или изменений твёрдых тканей. Поэтому оценка краевой точности должна сочетаться с длительным наблюдением за состоянием опор и качеством фиксации.

Вопрос адгезионной подготовки диоксида циркония требует сохранения

научной осторожности. Результаты лабораторных испытаний подтверждают возможность улучшения прочности соединения посредством определённых способов обработки поверхности, однако долговременное клиническое поведение подобного соединения зависит от значительно большего количества факторов. При наличии достаточной геометрической ретенции могут применяться различные системы фиксации в соответствии с показаниями и инструкциями производителей. Не представляется обоснованным переносить выводы об эффективности конкретного лабораторного протокола на все разновидности циркония и все конструкции мостовидных протезов [6, 12].

Наблюдения, посвящённые износу эмали зубов-антагонистов, также требуют дифференцированного подхода. В исследованиях Woraganjanaboon и соавторов, а также Hussein и соавторов оценивалось клиническое взаимодействие циркониевых реставраций с естественными зубами, однако использовались различные материалы и условия наблюдения [11, 13]. Обнаруженные различия не позволяют свести стираемость эмали к единственной характеристике прочности циркония. Важную роль играют состояние поверхности, фактическая окклюзионная нагрузка и состав керамики. Кроме того, результаты исследований одиночных коронок не полностью воспроизводят особенности протяжённых реставраций.

В клиническом отношении следует учитывать возможность изменения окклюзионных контактов на протяжении нескольких лет. Естественное стирание зубов, восстановление других участков зубного ряда и изменение функциональных привычек способны привести к перераспределению нагрузки, первоначально предусмотренному не в полной мере. Поэтому контроль окклюзии должен проводиться не только непосредственно после фиксации протеза, но и в ходе последующих наблюдений. При выявлении необходимости коррекции циркониевой поверхности важным условием является качественная завершающая полировка.

Отдельного обсуждения заслуживает бруксизм. Наличие

парафункциональной активности жевательных мышц способно увеличивать продолжительность и интенсивность контактов, не соответствующих обычной физиологической нагрузке. В подобных условиях механическое поведение мостовидного протеза может существенно отличаться от результатов, полученных у пациентов без выраженных парафункций. В исследовании Pontevedra и соавторов авторы прямо указали на необходимость дополнительных долговременных исследований с учётом пациентов, страдающих бруксизмом [1]. Следовательно, распространение выводов на эту клиническую категорию должно сопровождаться соответствующими ограничениями.

С точки зрения организации клинического исследования представляется необходимым заранее определять наличие бруксизма и способ установления данного состояния. Использование только субъективных жалоб пациента может быть недостаточным, поскольку ночные парафункциональные эпизоды не всегда сопровождаются осознанными симптомами. Однако применение сложных инструментальных методов во всех исследованиях также может быть затруднено. В связи с этим существенное значение приобретает единообразие диагностических критериев внутри сравниваемой выборки.

При разработке пятилетнего сравнительного исследования монолитных и облицованных мостовидных конструкций первичный показатель должен характеризовать клинически значимое событие, однозначно определяемое в обеих группах. Наиболее применимым представляется время до окончательной утраты или замены протеза. Показатель отсутствия технических повреждений может выступать самостоятельным вторичным исходом, позволяющим установить механические преимущества определённого конструкционного исполнения.

Необходимость такого разграничения подтверждается результатами рассмотренных клинических наблюдений. Высокий показатель сохранности протезов при наличии устранимых осложнений свидетельствует о возможности их дальнейшего функционирования, но не означает отсутствия дополнительных

расходов и необходимости повторного лечения. Поэтому показатели общей выживаемости и отсутствия вмешательств должны анализироваться раздельно, особенно при сравнении монолитных и облицованных конструкций с неодинаковыми механизмами технических повреждений.

Важным условием достоверной оценки выступает достаточная продолжительность наблюдения. В первые годы функционирования преимущественно выявляются осложнения, связанные с исходными условиями изготовления и клинической адаптацией. Позднее могут проявляться последствия накопления циклической нагрузки, изменения состояния опорных тканей и постепенного ухудшения отдельных свойств конструкции. Однако такое распределение не является абсолютным: ранние биологические осложнения и поздние технические разрушения возможны в обеих группах. Поэтому для установления закономерностей требуется регистрация точных сроков возникновения каждого события.

Пятилетний период наблюдения следует рассматривать как значимый, но промежуточный этап исследования долговечности. Современные данные пока не позволяют с достаточной определённостью судить о сравнительной эффективности отдельных поколений циркония на протяжении более десяти лет. На наличие подобных ограничений указывают и результаты систематического обзора H. Chen и соавторов, в котором отмечен недостаток продолжительных клинических наблюдений за современными циркониевыми конструкциями [3].

Существенное значение для дальнейшей исследовательской работы имеет контроль состава выборки. Объединение трёхзвеньевых и более протяжённых мостовидных протезов без специального анализа затрудняет оценку влияния материала, поскольку увеличение длины конструкции сопровождается изменением механических условий её функционирования. Аналогично объединение передних и боковых отделов зубных рядов способно скрывать различия, связанные с окклюзионной нагрузкой и доступным пространством для размещения соединительных элементов.

С этой позиции наиболее предпочтительным представляется исследование одной категории протезов — трёхзвеньевых конструкций бокового отдела с опорой на естественные зубы. Внутри такой группы целесообразно отдельно учитывать состав керамики и её конструкционное исполнение. Если сравниваются монолитные и облицованные протезы, следует по возможности использовать сопоставимые разновидности несущего циркониевого материала, поскольку различия между материалами могут затруднять определение самостоятельного влияния облицовки.

Не менее важна предварительная оценка состояния опорных зубов. Распределение витальных и депульпированных зубов между исследуемыми группами должно быть сопоставимым либо учитываться при анализе. Необходимо фиксировать степень исходного разрушения коронковой части, состояние пародонта и наличие признаков повышенного кариозного риска. В противном случае различия по биологическим осложнениям могут формироваться независимо от исследуемого материала.

Для сравнения новых разновидностей высокопрозрачного циркония особое значение приобретает последовательное накопление клинических данных. Благоприятные результаты трёхлетнего наблюдения за отдельными материалами представляют достаточный интерес для продолжения исследования, но не должны интерпретироваться как доказательство пятилетней или десятилетней эффективности. Аналогичным образом высокая лабораторная прочность при однократном нагружении не может служить самостоятельным основанием для прогноза поведения конструкции в течение многих лет.

Выводы. Сравнительный анализ научных исследований 2024–2026 гг. показал, что применение монолитных и облицованных циркониевых трёхзвеньевых мостовидных протезов бокового отдела, изготовленных посредством CAD/CAM-технологии, позволяет получать клинически приемлемые результаты, однако не обеспечивает одинаковой структуры осложнений и не исключает риска преждевременной утраты ортопедической

конструкции. Продолжительность функционирования протеза определяется совокупностью факторов, среди которых существенное значение имеют свойства применяемой керамики, конструкционная геометрия, состояние опорных зубов, качество фиксации и условия окклюзионной нагрузки.

Установлено, что монолитные циркониевые конструкции обладают принципиальным техническим преимуществом, связанным с отсутствием отдельного облицовочного слоя и, соответственно, невозможностью его скола. Вместе с тем данное преимущество не означает доказанного превосходства по общей пятилетней выживаемости. В рандомизированном клиническом исследовании Pontevedra и соавторов сохранность монолитных и облицованных циркониевых трёхзвеньевых протезов через пять лет составила соответственно 87 и 97%. При этом значительная часть неблагоприятных исходов была обусловлена биологическими осложнениями, что свидетельствует о необходимости рассматривать надёжность ортопедической конструкции совместно с состоянием её опорной системы.

Результаты исследования Labis и соавторов свидетельствуют о преимуществе монолитных протезов по показателю отсутствия керамических дефектов. Однако статистически значимое преимущество по данному критерию не сопровождалось установленным превосходством по общей сохранности без неудач. Следовательно, оценка долговечности должна предусматривать самостоятельный анализ выживаемости протеза, клинического успеха и необходимости повторных стоматологических вмешательств.

Выбор конкретной разновидности диоксида циркония должен осуществляться с учётом фазового состава и назначения материала. Различия между 3Y-TZP, 4Y- и 5Y-керамикой необходимо учитывать при проектировании соединительных элементов, определении минимально допустимой толщины конструкционных участков и оценке предполагаемой функциональной нагрузки. Применение высокопрозрачных материалов в боковом отделе допустимо при наличии соответствующих технических показаний и соблюдении требований

производителя, но не должно основываться исключительно на благоприятных результатах краткосрочных лабораторных испытаний.

Существенным условием повышения клинической надёжности является соблюдение полного цифрового и клинико-лабораторного протокола. Точность внутриротового сканирования, корректность виртуального проектирования, соответствие режима фрезерования и спекания характеристикам материала, качественная обработка поверхности и выбор адекватного способа фиксации определяют первоначальные условия функционирования ортопедической конструкции. При этом высокое технологическое качество не устраняет влияния биологических факторов риска и не заменяет регулярного клинического наблюдения.

Представляется обоснованным проведение дальнейших проспективных исследований, включающих однородные группы пациентов с трёхзвеньевыми мостовидными протезами бокового отдела и продолжительностью наблюдения не менее пяти лет. В качестве основного показателя целесообразно использовать сохранность конструкции без окончательного удаления или замены, дополняя её оценкой технических и биологических осложнений, потребности в повторных вмешательствах и количественного износа зубов-антагонистов. Контроль состояния опорных тканей, наличия бруксизма и индивидуальных особенностей окклюзии позволит повысить достоверность сравнительных результатов.

Список литературы

1. Pontevedra P., Lopez-Suarez C., Rodriguez V., Tobar C., Pelaez J., Suarez M. J. Digital workflow for monolithic and veneered zirconia and metal-ceramic posterior fixed partial dentures: A five-year prospective randomized clinical trial // Journal of Prosthodontic Research. 2024. Vol. 68, No. 1. P. 78–84. DOI: 10.2186/jpr.JPR_D_22_00237.

2. Федорова Н. С., Аль-Мобарак Я. М., Аль-Мобарак М. М. Диоксид циркония как перспективный материал современной стоматологии. Структура, свойства, возможности применения // Проблемы стоматологии. 2025. Т. 21, № 2. С. 58–63.

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-2-58-63.

3. Chen H., Li T., Ng J. P. Z., Almeheni L., Li K. Y., Burrow M. F. Clinical performance of zirconia-based tooth-supported fixed dental prostheses: A systematic review and meta-analysis // Journal of Dentistry. 2024. Vol. 151. Art. 105382. DOI: 10.1016/j.jdent.2024.105382.

4. Ненашева Е. А., Быкова М. В., Быков Д. О., Деев М. С., Шумская Д. А. Клиническая апробация применения зубных протезов из многослойного диоксида циркония отечественного и зарубежного производства после многочасового и скоростного режима спекания // Медицинский алфавит. 2025. № 1. С. 63–66. DOI: 10.33667/2078-5631-2025-1-63-66.

5. Labis C., Handermann R., Rammelsberg P., Bömicke W. Five-year clinical performance of monolithic and partially veneered zirconia fixed partial dentures // The Journal of Prosthetic Dentistry. 2025. Vol. 134, No. 4. P. 1116–1124. DOI: 10.1016/j.prosdent.2025.06.002.

6. Аксельрод И. Б., Лосев Ф. Ф., Романенко А. А., Чуев В. П. Влияние химических методов подготовки поверхности образцов из отечественного диоксида циркония на показатели адгезионной прочности // Стоматология. 2024. Т. 103, № 3. С. 39–41. DOI: 10.17116/stomat202410303139.

7. Güth J.-F., Keul C., Liebermann A., Schweiger J., Edelhoff D., Schubert O. Three-unit posterior monolithic fixed dental prostheses made from high-translucent shade-graded zirconia: 3-Year results from a prospective clinical pilot study // Clinical Oral Investigations. 2025. Vol. 29. Art. 17. DOI: 10.1007/s00784-024-06084-5.

8. Янушевич О. О., Крихели Н. И., Клижов И. В., Сампиев А. Т., Крамар О. В., Перетягин П. Ю. и др. Разработка отечественных CAD/CAM-заготовок для стоматологии // Медицинский алфавит. 2024. № 28. С. 21–25. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-28-21-25.

9. Ordoñez Balladares A., Chauca-Bajaña L., Adolfi D., Teulé-Trull M., Reis T., Martín-Cruces J. Connector Design and Pontic Span Length as Determinants of Mechanical Performance in Zirconia Fixed Dental Prostheses: A Systematic Review //

Dentistry Journal. 2026. Vol. 14, No. 8. Art. 500. DOI: 10.3390/dj14080500.

10. Ненашева Е. А., Быкова М. В., Гук Н. О., Назарян Р. Г., Лебеденко И. Ю. Сравнение показателей прозрачности отечественных образцов стоматологической многослойной керамики на основе диоксида циркония с показателями зарубежного аналога при разных режимах спекания // Медицинский алфавит. 2024. № 28. С. 98–101. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-28-98-101.

11. Hussein S. I. M., Anwar E. M., Nabil O. Wear of enamel antagonist to gradient zirconia vs full strength monolithic zirconia: A randomized clinical trial // BMC Oral Health. 2026. Vol. 26. Art. 233. DOI: 10.1186/s12903-025-07566-y.

12. Аль-Мобарак Я. М., Федорова Н. С., Епифанова Ю. В. Анализ адгезионного взаимодействия разнородных поверхностей в технологии изготовления одиночных коронок из диоксида циркония // Проблемы стоматологии. 2026. Т. 22, № 2. С. 237–241. DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-237-241.

13. Woraganjanaboon P., Senawongse P., Anunmana C. A two-year clinical trial of enamel wear opposing 5Y-TZP and lithium disilicate crowns // The Journal of Prosthetic Dentistry. 2025. Vol. 133, No. 3. P. 747–755. DOI: 10.1016/j.prosdent.2024.07.009.

14. Ненашева Е. А., Быкова М. В., Деев М. С., Быков Д. О. Изучение прочности на изгиб образцов многослойной стоматологической керамики на основе диоксида циркония отечественного и китайского производства после традиционного и скоростного спекания // Проблемы стоматологии. 2024. Т. 20, № 2. С. 191–195. DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-2-191-195.

15. Alsubaie T., Alhebshi R. A., Khan A. S., Gad M. M., Balhaddad A. A., Alalawi H. High-speed sintering on monolithic zirconia: Effects on surface and antagonist wear in vitro // Journal of Prosthodontics. 2025. DOI: 10.1111/jopr.14083.

References

1. Pontevedra P., Lopez-Suarez C., Rodriguez V., Tobar C., Pelaez J., Suarez M. J. Digital workflow for monolithic and veneered zirconia and metal-ceramic posterior

fixed partial dentures: A five-year prospective randomized clinical trial // Journal of Prosthodontic Research. 2024. Vol. 68, No. 1. P. 78–84. DOI: 10.2186/jpr.JPR_D_22_00237.

2. Fedorova N. S., Al`-Mobarak Ya. M., Al`-Mobarak M. M. Dioksid cirkoniya kak perspektivny`j material sovremennoj stomatologii. Struktura, svojstva, vozmozhnosti primeneniya // Problemy` stomatologii. 2025. T. 21, № 2. S. 58–63. DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-2-58-63.

3. Chen H., Li T., Ng J. P. Z., Almeheni L., Li K. Y., Burrow M. F. Clinical performance of zirconia-based tooth-supported fixed dental prostheses: A systematic review and meta-analysis // Journal of Dentistry. 2024. Vol. 151. Art. 105382. DOI: 10.1016/j.jdent.2024.105382.

4. Nenasheva E. A., By`kova M. V., By`kov D. O., Deev M. S., Shumskaya D. A. Klinicheskaya aprobaciya primeneniya zubny`x protezov iz mnogoslojnogo dioksida cirkoniya otechestvennogo i zarubezhnogo proizvodstva posle mnogochasovogo i skorostnogo rezhima spekaniya // Medicinskij alfavit. 2025. № 1. S. 63–66. DOI: 10.33667/2078-5631-2025-1-63-66.

5. Labis C., Handermann R., Rammelsberg P., Bömicke W. Five-year clinical performance of monolithic and partially veneered zirconia fixed partial dentures // The Journal of Prosthetic Dentistry. 2025. Vol. 134, No. 4. P. 1116–1124. DOI: 10.1016/j.prosdent.2025.06.002.

6. Aksel`rod I. B., Losev F. F., Romanenko A. A., Chuev V. P. Vliyanie ximicheskix metodov podgotovki poverxnosti obrazczov iz otechestvennogo dioksida cirkoniya na pokazateli adgezionnoj prochnosti // Stomatologiya. 2024. T. 103, № 3. S. 39–41. DOI: 10.17116/stomat202410303139.

7. Güth J.-F., Keul C., Liebermann A., Schweiger J., Edelhoff D., Schubert O. Three-unit posterior monolithic fixed dental prostheses made from high-translucent shade-graded zirconia: 3-Year results from a prospective clinical pilot study // Clinical Oral Investigations. 2025. Vol. 29. Art. 17. DOI: 10.1007/s00784-024-06084-5.

8. Yanushevich O. O., Krixeli N. I., Klizhov I. V., Sampiev A. T., Kramar O. V.,

Peretyagin P. Yu. i dr. Razrabotka otechestvenny`x CAD/CAM-zagotovok dlya stomatologii // Medicinskij alfavit. 2024. № 28. S. 21–25. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-28-21-25.

9. Ordoñez Balladares A., Chauca-Bajaña L., Adolfi D., Teulé-Trull M., Reis T., Martín-Cruces J. Connector Design and Pontic Span Length as Determinants of Mechanical Performance in Zirconia Fixed Dental Prostheses: A Systematic Review // Dentistry Journal. 2026. Vol. 14, No. 8. Art. 500. DOI: 10.3390/dj14080500.

10. Nenasheva E. A., By`kova M. V., Guk N. O., Nazaryan R. G., Lebedenko I. Yu. Sravnenie pokazatelej prozrachnosti otechestvenny`x obrazczov stomatologicheskoj mnogoslojnoj keramiki na osnove dioksida cirkoniya s pokazatelyami zarubezhnogo analoga pri razny`x rezhimax spekaniya // Medicinskij alfavit. 2024. № 28. S. 98–101. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-28-98-101.

11. Hussein S. I. M., Anwar E. M., Nabil O. Wear of enamel antagonist to gradient zirconia vs full strength monolithic zirconia: A randomized clinical trial // BMC Oral Health. 2026. Vol. 26. Art. 233. DOI: 10.1186/s12903-025-07566-y.

12. Al`-Mobarak Ya. M., Fedorova N. S., Epifanova Yu. V. Analiz adgezionnogo vzaimodejstviya raznorodny`x poverxnostej v texnologii izgotovleniya odinochny`x koronok iz dioksida cirkoniya // Problemy` stomatologii. 2026. T. 22, № 2. S. 237–241. DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-237-241.

13. Woraganjanaboon P., Senawongse P., Anunmana C. A two-year clinical trial of enamel wear opposing 5Y-TZP and lithium disilicate crowns // The Journal of Prosthetic Dentistry. 2025. Vol. 133, No. 3. P. 747–755. DOI: 10.1016/j.prosdent.2024.07.009.

14. Nenasheva E. A., By`kova M. V., Deev M. S., By`kov D. O. Izuchenie prochnosti na izgib obrazczov mnogoslojnoj stomatologicheskoj keramiki na osnove dioksida cirkoniya otechestvennogo i kitajskogo proizvodstva posle tradicionnogo i skorostnogo spekaniya // Problemy` stomatologii. 2024. T. 20, № 2. S. 191–195. DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-2-191-195.

15. Alsubaie T., Alhebshi R. A., Khan A. S., Gad M. M., Balhaddad A. A., Alalawi H.

High-speed sintering on monolithic zirconia: Effects on surface and antagonist wear in vitro // Journal of Prosthodontics. 2025. DOI: 10.1111/jopr.14083.

Статья поступила в редакцию 17.08.2026; одобрена после рецензирования 23.09.2026; принята к публикации 26.09.2026.

The article was submitted 17.08.2026; approved after reviewing 23.09.2026; accepted for publication 26.09.2026.