DOI: 10.37988/1811-153X_2026_2_107

Е.Н. Овчаренко [1],
к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии
О.М. Лавровская [1],
к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии
С.К. Северинова [1],
к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии
У.Э. Татали [1],
студент IV курса стоматологического факультета
А.В. Перепелка [1],
студентка III курса стоматологического факультета
Я.А. Лавровская [2],
к.м.н., доцент кафедры ортопедической и общей стоматологии

[1] Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского, 295006, Симферополь, Россия
[2] РМАНПО, 125993, Москва, Россия

Анализ факторов, способствующих повышению эффективности использования облицованных зубных протезов с каркасом из диоксида циркония (обзор литературы)

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Овчаренко Е.Н., Лавровская О.М., Северинова С.К., Татали У.Э., Перепелка А.В., Лавровская Я.А. Анализ факторов, способствующих повышению эффективности использования облицованных зубных протезов с каркасом из диоксида циркония (обзор литературы). — *Клиническая стоматология.* — 2026; 29 (2): 107—111. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_2_107

Аннотация. На протяжении многих лет благодаря своим хорошим физико-механическим характеристикам, удовлетворительным эстетическим параметрам, клинически приемлемым показателям краевого прилегания металлокерамические реставрации оставались «золотым стандартом» в ортопедической стоматологии. За последние годы в стоматологию были успешно внедрены инновационные автоматизированные системы изготовления ортопедических конструкций, а также новые керамические материалы: дисиликатлитиевая и поликристаллическая керамика. В настоящее время керамика на основе диоксида циркония широко используется в качестве альтернативы металлическому каркасу для несъемных зубных протезов благодаря достаточно высоким прочностным характеристикам. При этом конструкционный керамический материал должен обладать не только оптимальными механическими свойствами, но и превосходными эстетическими характеристиками, такими как прозрачность и высокая светопроницаемость. С этой точки зрения, облицованные циркониевые реставрации являются высокоэстетичными ортопедическими конструкциями, способными противостоять достаточно высоким жевательным нагрузкам. Однако при использовании данных видов зубных протезов практикующие врачи наиболее часто сталкиваются с такими осложнениями, как сколы керамического покрытия. **Цель исследования** — провести анализ технологических параметров изготовления цельнокерамических зубных протезов с каркасом из диоксида циркония, влияющих на ретенцию облицовочного покрытия. В рамках проводимого исследования был осуществлен поиск научных публикаций по заданной тематике в электронных базах данных eLibrary, PubMed, Web of Science и Scopus. Всего было проанализировано 47 работ. После изучения на предмет соответствия критериям отбора в данный литературный обзор было включено 28 публикаций. Успешное применение облицованных реставраций с каркасом из диоксида циркония требует учета физико-механических характеристик конструкционных материалов: соответствия коэффициента температурного расширения используемых керамических масс, а также соблюдения определенных технологических параметров пескоструйной обработки. Для снижения риска сколов немаловажное значение имеют толщина облицовочного слоя, создание анатомической формы каркаса при моделировке, а также выбор методики изготовления облицовки.

Ключевые слова: цельнокерамические зубные протезы, стеклокерамика, диоксид циркония

E.N. Ovcharenko [1],
PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthetic dentistry Department
O.M. Lavrovskaya [1],
PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthetic dentistry Department
S.K. Severinova [1],
PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthetic dentistry Department
U.E. Tatali [1],
4th year student at the Dental Faculty
A.V. Perepelka [1],
3rd year student at the Dental Faculty
Ya.A. Lavrovskaya [2],
PhD in Medical Sciences, associate professor of the Orthopedic and General dentistry Department

[1] Crimean Federal University, 295006, Simferopol, Russia
[2] Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, 125993, Moscow, Russia

Analysis of factors contributing to the increase in efficiency of the use of lined dentures with a zirconium dioxide frame

Annotation. Metal-ceramic restorations for many years remained by "gold standard" in prosthetic dentistry due to good physical mechanical characteristics, satisfactory aesthetic parameters, clinically acceptable indicators of marginal fit. In recent years, Innovative automated systems have been successfully implemented production of orthopedic structures, as well as new ceramic materials: disilicate lithium and polycrystalline ceramics. At present time ceramics on zirconium dioxide base is widely used as an alternative to a metallic frame for fixed dentures

due to the sufficiently high strength characteristics. At the same time, the structural ceramic material must have not only by optimal mechanical properties, but also by excellent aesthetic characteristics such as transparency and high light transmission. From this point lined zirconium restorations are highly aesthetic prosthetic structures that can withstand sufficiently high chewing loads. However, when using these types of dentures, practitioners more often faced with such complications as chips of the ceramic coating. The purpose of the study — to analyze the technological parameters of manufacturing of the all-ceramic dentures with a zirconium dioxide framework that affect to the retention of the cladding coating. Within the framework of the study, the following was carried out search for scientific publications on a given topic in the RSCI electronic databases, PubMed, Web of Science, and Scopus. Total 47 works were analyzed. After studying In order to meet the selection criteria, this literature review included 28 publications. Successful use of veneered restorations with a frame made of zirconium dioxide requires taking into account the physical and mechanical characteristics of the structural materials, namely the compliance with the CTE of the ceramic masses used, as well as compliance with certain technological parameters of sandblasting. To reduce the risk of chipping, the thickness of the cladding layer, the creation of the anatomical shape of the frame during modeling, as well as the choice of the method for making the cladding.

Key words: all-ceramic dentures, glass-ceramic, zirconium dioxide

FOR CITATION:

Ovcharenko E.N., Lavrovskaya O.M., Severinova S.K., Tatali U.E., Perepelka A.V., Lavrovskaya Ya.A. Analysis of factors contributing to the increase in efficiency of the use of lined dentures with a zirconium dioxide frame. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (2): 107—111 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_2_107

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время цельнокерамические реставрации широко применяются в стоматологии. Благодаря превосходной биосовместимости и естественному внешнему виду данные конструкции имеют ряд преимуществ по сравнению с металлокерамическими протезами [1]. Большинство керамических материалов, используемых до недавнего времени в клинической практике ортопедической стоматологии, обладали малой прочностью и были подвержены образованию трещин, что значительно ограничивало их применение. С появлением на стоматологическом рынке керамики на основе диоксида циркония, которая обладает самой высокой прочностью на изгиб (900—1200 МПа) среди всех керамических материалов, используемых в стоматологии, появилась возможность изготавливать цельнокерамические реставрации любой конструкции, включая мостовидные протезы, замещающие дефекты зубного ряда в области отсутствующих моляров [2—4]. При этом некоторые авторы в отношении зубов-антагонистов отмечают выраженную абразивность монолитных конструкций из диоксида циркония, связанную с высокой твердостью материала [5]. Установлено, что в клинических условиях монолитные коронки из диоксида циркония вызывают больший износ эмали зубов-антагонистов, чем натуральные зубы [6].

С другой стороны, большинство материалов на основе диоксида циркония недостаточно прозрачны, так как в целом пропускают меньше света, чем стеклокерамика [7]. При этом для достижения оптимальных эстетических параметров оптические свойства конструкционного материала должны быть приближены к аналогичным показателям натуральных зубов, а высокая прозрачность является одним из основных критериев, влияющих на внешний вид зубного протеза. За годы исследований было предложено множество методов повышения прозрачности циркониевых керамических материалов, в том числе уменьшение пористости, которая является дефектом, рассеивающим свет, использование наноструктурированного диоксида циркония, а также увеличение содержания иттрия [8, 9].

При этом увеличение содержания иттрия эффективно повышает прозрачность диоксида циркония, но снижает прочность [9]. Поэтому диоксид циркония с высоким содержанием иттрия можно использовать только в областях с низкой окклюзионной нагрузкой. Однако, принимая во внимание физико-механические и оптические свойства конструкционного материала, позиционирование полноанатомических ортопедических конструкций, изготовленных из диоксида циркония, не является полностью определенным и однозначным [10].

Таким образом, оптимальными, по мнению большинства авторов, являются конструкции, в которых высокопрочная керамика на основе диоксида циркония используется в качестве каркасного материала, а облицовка изготавливается с использованием более эстетичной стеклокерамики [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки публикаций с точки зрения их научной согласованности с целью исследования, изложенной в данной статье, были выбраны ключевые слова. Для выявления соответствующих статей, опубликованных с 2010 по 2024 год включительно, был проведен онлайн-поиск в базах данных eLibrary, PubMed, Web of Science и Scopus по ключевым словам. Всего было проанализировано 47 работ.

Для включения в литературный обзор рассматривались исследования, удовлетворяющие следующим критериям: статья опубликована на русском или английском языках, в публикации приводятся данные о цельнокерамических несъемных протезах с каркасом из диоксида циркония, а также дается оценка параметров, влияющих на фиксацию облицовки. После всестороннего анализа на предмет соответствия критериям отбора в данный обзор было включено 28 публикаций. При поиске литературы использовались следующие термины и ключевые слова и их комбинации: «цельнокерамические зубные протезы», «стеклокерамика», «диоксид циркония».

Основная часть исследований проводилась на территории Японии (31%), России (14%), США (14%), Нидерландов (14%), но также были найдены научные

работы, опубликованные в Германии (10%), Великобритании (3%), Швейцарии (7%), Турции (3%), Египте (3%).

Изучение и анализ опубликованных научных работ дал возможность определить конкретный блок информации, что позволило решить поставленные задачи.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ источников литературы показал, что наиболее частым клиническим осложнением при использовании несъемных зубных протезов на основе диоксида циркония является проблема сколов облицовочного покрытия, которые, согласно данным некоторых авторов, регистрируются в 8% случаев [11]. В своих исследованиях T.A. Sulaiman и соавт. (2020) указывают, что при протезировании с использованием монолитных диоксидциркониевых конструкций поломки конструкций отмечались в 0,54% случаев, тогда как при применении диоксидциркониевых реставраций с облицовкой — в 2,83% случаев [12].

Причинами сколов облицовочной керамики может быть множество факторов. При этом исследователи уделяют особое внимание соответствию коэффициентов теплового расширения (КТР) материала для облицовки и каркаса из диоксида циркония [13].

Известно, что остаточные напряжения могут накапливаться во время обжига при нагревании и охлаждении, главным образом из-за разницы в скорости охлаждения и КТР каркасной и облицовочной керамики. При этом цельнокерамические реставрации более склонны к возникновению сколов облицовки, чем металлокерамические конструкции. По данным некоторых авторов, при использовании стандартного режима охлаждения максимальная величина напряжения для металлокерамической системы составляет 30 МПа, а для цельнокерамической системы «диоксид циркония — облицовочная керамика» — 44 Мпа. При воздействии на реставрацию дополнительных нагрузок вероятность разрушения из-за распространения усталостных деформаций может возрасти и привести к сколу облицовки [14]. Учитывая, что у стеклокерамических материалов предел прочности при сжатии значительно выше, чем при растяжении, КТР облицовочной керамики должен быть таким же или немного ниже, чем у диоксида циркония, и на облицовочную керамику воздействовали преимущественно напряжения сжатия.

При прочих равных условиях величина деформации сжатия, приводящей к разрушению облицовочной керамики, примерно в 10 раз выше, чем величина деформации растяжения [5].

Анализируя физико-механические параметры конструкций из диоксида циркония, для облицовки которых использовалась методика шликерного нанесения, некоторые авторы акцентируют внимание на влияние количества обжигов в процессе изготовления протеза на данные характеристики [13]. Установлено, что увеличение количества обжигов с 3 до 5 повышает прочность соединения циркониевого каркаса с облицовкой [15]. Интенсивность температурных колебаний (продолжительность охлаждения от температуры обжига до комнатной температуры) является критичным этапом технологического процесса и также может повлиять на прочность соединения облицовочного керамического материала с циркониевым каркасом [16,17].

В исследовании F. Komine и соавт. (2010) использовали каркасную керамику из поликристаллического диоксида циркония, стабилизированного иттрием Y-TZP (Kavo Dental), и три различных типа облицовочной керамики: IPS e.max Ceram, Vita VM9 и GC Initial Zr-FS. К облицовочной керамике применяли четыре различных режима охлаждения (максимальное, 25, 50 и 75°C/мин), после чего проводили тест на прочность соединения при сдвиге. Поверхность керамических конструкций исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа. В ходе исследования установлено, что медленное охлаждение обеспечило более высокую прочность исследуемых керамических образцов [16].

В своих исследованиях большинство авторов отмечает, что пескоструйная обработка является необходимым процессом, позволяющим добиться адекватной адгезии стеклокерамической облицовки на циркониевом каркасе [5, 18, 19].

По данным научной литературы, пескоструйная обработка диоксидциркониевого каркаса с использованием в качестве абразива Al_2O_3 перед нанесением облицовки, по-прежнему является наиболее эффективной по нескольким причинам: во-первых, для удаления примесей и загрязнений; во-вторых, для получения определенных свойств, таких как повышенная смачиваемость; в-третьих, для улучшения адгезии при цементировании [20].

M. Jakovac и соавт. (2021) исследовали оптимальные условия для проведения пескоструйной обработки: 16 образцов диоксида циркония в виде дисков подвергали пескоструйной обработке порошками Al_2O_3 с размером частиц 25, 50, 110 и 125 мкм при давлении 0,1, 0,2, 0,4 и 0,6 МПа. В ходе исследования изучали морфологические изменения и фазовые превращения конструкционного материала с использованием сканирующего электронного микроскопа и порошковой рентгеновской дифракции. Установлено, что образец керамики, обработанный с использованием частиц Al_2O_3 25 мкм при 0,2 МПа, имеет наименьшую степень деформации и содержания алюминия (т.е. поверхностных загрязнений), а также наименьшее количество поверхностных дефектов, которые могут способствовать образованию поверхностных трещин, снижающих прочность реставрации. Авторы исследования рекомендуют использовать данные критерии при проведении пескоструйной обработки поверхности диоксидциркониевых конструкций [21].

В последние годы в стоматологической практике появилась плазменная технология обработки поверхности цельнокерамических конструкций зубных протезов, что привлекло внимание исследователей. Сначала плазменную обработку использовали для улучшения прочности соединения между диоксидом циркония и полимерным цементом. Недавно было предложено использовать плазменное воздействие для улучшения прочности

соединения между диоксидом циркония и облицовочной керамикой. Согласно данным проведенных исследований, применение нетепловой аргоновой плазмы при атмосферном давлении улучшило межфазное соединение между керамикой из диоксида циркония и облицовкой [22]. Согласно данным научной литературны, 10 минут воздействия аргоновой плазмы могут значительно повысить прочность соединения облицовочной керамики с каркасом из диоксида циркония [22, 23].

В своих исследованиях некоторые авторы основное внимание уделяют выбору оптимальной структуры каркаса из диоксида циркония. При этом отмечено, что важнейшим условием, гарантирующим стабильность конструкции, является формирование уменьшенной анатомической формы зубов при моделировании каркаса — это обеспечивает равномерную опору для облицовочной керамики. Наряду с этим авторы акцентируют внимание на методиках нанесения облицовки на керамический каркас [24].

M. Eisenburger и соавт. (2011) в исследовании *in vitro* изучали устойчивость к разрушению коронок с циркониевыми каркасами при применении различных методов облицовки. Две группы циркониевых каркасов (по 10 в каждой группе) были изготовлены при помощи автоматизированного проектирования и автоматизированного производства (CAD/CAM). Каркасы облицовывали с использованием технологии послойного нанесения и метода прессования. Все коронки цементировали на металлические штампики и подвергали нагрузке до разрушения в универсальной испытательной машине. Было установлено, что скол или разрушение конструкции происходит при нагрузке 919±265 Н для конструкций, где облицовку наносили с использованием метода шликерного наслоения, при нагрузке 798±226 Н для протезов, изготовленных с использованием технологии прессования [25].

В ходе исследований P.C. Guess и соавт. (2013) выявлена аналогичная тенденция. В качестве мастер-модели использовалась коронка на моляр нижней челюсти, изготовленная с помощью системы автоматизированного проектирования. Каркасы коронок из Y-TZP стандартной (0,5 мм) или анатомической формы (опора для бугорка) были облицованы керамическими массами с использованием методов послойного наслоения и прессования. Коронки подвергали механическому воздействию (50 000 циклов при нагрузке 200 Н). Фрактографический анализ проводили с помощью поляризационного и сканирующего электронного микроскопа. Авторами отмечена более высокая надежность (устойчивость к разрушению) несъемных протезов с каркасом из диоксида циркония и облицовки, изготовленной методом послойного наслоения, в сравнении с конструкциями, где облицовочный слой нанесен с использованием метода прессования. Модификация анатомического каркаса значительно повысила надежность и привела к уменьшению сколов при использовании этих методов изготовления облицовки [24].

Многие авторы исследовали связь между сколами и толщиной керамического покрытия при использовании облицованных протезов на основе диоксида циркония [26, 27]. U. Lohbauer и соавт. (2010) для анализа причин разрушения облицовочного покрытия исследовали форму и поперечное расположение соединительных элементов каркаса, используя метод фрактографии. Ученые также пришли к выводу, что создание каркасов анатомической формы при формировании равномерного слоя керамического покрытия значительно повышает эффективность использования реставраций с каркасом из диоксида циркония [27].

B. Kanat-Ertürk и соавт. (2015) сравнивали сопротивление керамического покрытия разрушению и прочность связи между диоксидциркониевым каркасом и облицовкой после ее нанесения методом послойного наслоения, напрессовкой и по компьютерной технологии RLT (Rapid Layering Technology). В ходе исследования было установлено, что прочность связи между облицовкой и каркасом при послойном нанесении керамической массы (35±6 МПа) и напрессовке (32±6 МПа) была достоверно выше, чем при использовании технологии RLT (24±4 МПа) [28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для успешного применения реставраций с каркасом из диоксида циркония необходимо учитывать множество аспектов. При этом особое внимание следует уделять физико-механическим характеристикам конструкционных материалов: соответствию КТР каркасного и облицовочного керамического материала.

Немаловажное значение в технологическом процессе имеют интенсивность температурных колебаний и количество обжигов керамического покрытия. Установлено, что увеличение количества обжигов с 3 до 5, а также медленное охлаждение конструкции после температурных воздействий увеличивает прочность соединения циркониевого каркаса с облицовкой.

Результаты исследования демонстрируют, что на долговечность цельнокерамических реставраций с каркасом из диоксида циркония влияет технология пескоструйной обработки. Отмечено, что при использовании в качестве абразива порошка Al_2O_3 с размером частиц 25 мкм и давления величиной 0,2 МПа на каркасе образуется наименьшее количество поверхностных дефектов, снижающих прочность реставрации.

Установлено, что создание анатомической формы зубов при моделировании каркаса обеспечивает равномерную опору для облицовочной керамики, что позволяет в значительной степени снизить риск сколов.

Результаты исследований показали, что цельнокерамические реставрации с каркасом из диоксида циркония, изготовленные с использованием методики послойного наслоения, более устойчивы к разрушению.

Таким образом, прочность соединения облицовочного покрытия и диоксидциркониевого каркаса зависит от физико-механических параметров конструкционных материалов, а также от учета технологических особенностей изготовления данных конструкций.

Поступила/Received: 16.08.2025
Принята в печать/Accepted: 27.05.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES:

1. **Zarone F., Russo S., Sorrentino R.** From porcelain-fused-to-metal to zirconia: clinical and experimental considerations. — *Dent Mater*. — 2011; 27 (1): 83—96. PMID: 21094996
2. **Литвинова А.К.** Современные аспекты применения диоксида циркония в ортопедической стоматологии. — *Молодежный инновационный вестник*. — 2021; S1: 400—402.
[**Litvinova A.K.** Modern aspects of the use of zirconium dioxide in orthopedic dentistry. — *Youth Innovation Bulletin*. — 2021; S1: 400—402 (In Russian)]. eLibrary ID: 47248531
3. **Лебеденко И.Ю.** Современные отечественные материалы для безметалловых зубных протезов. — *Стоматология*. — 2017; 1: 60—62. eLibrary ID: 28795336
[**Lebedenko I.Yu.** Modern home-manufactured materials for non-metal dental restorations. — *Stomatology*. — 2017; 1: 60—62 (In Russian)]. DOI: 10.17116/stomat201796160-62
4. **Huang B., Chen M., Wang J., Zhang X.** Advances in zirconia-based dental materials: Properties, classification, applications, and future prospects. — *J Dent*. — 2024; 147: 105111. PMID: 38866229
5. **Miyazaki T., Nakamura T., Matsumura H., Ban S., Kobayashi T.** Current status of zirconia restoration. — *J Prosthodont Res*. — 2013; 57 (4): 236—61. PMID: 24140561
6. **Stober T., Bermejo J.L., Rammelsberg P., Schmitter M.** Enamel wear caused by monolithic zirconia crowns after 6 months of clinical use. — *J Oral Rehabil*. — 2014; 41 (4): 314—22. PMID: 24447258
7. **Zhang Y.** Making yttria-stabilized tetragonal zirconia translucent. — *Dent Mater*. — 2014; 30 (10): 1195—203. PMID: 25193781
8. **Camposilvan E., Leone R., Gremillard L., Sorrentino R., Zarone F., Ferrari M., Chevalier J.** Aging resistance, mechanical properties and translucency of different yttria-stabilized zirconia ceramics for monolithic dental crown applications. — *Dent Mater*. — 2018; 34 (6): 879—890. PMID: 29598882
9. **Ненашева Е.А., Быкова М.В., Гук Н.О., Лебеденко И.Ю., Шумская Д.А., Быков Д.О.** Многослойные заготовки стоматологической керамики на основе диоксида циркония. Обзор литературы. — *Российский стоматологический журнал*. — 2023; 2: 139—153. eLibrary ID: 54364624
[**Nenasheva E.A., Bykova M.V., Guk N.O., Lebedenko I.Y., Shumskaya D.A., Bykov D.O.** Multilayer dental ceramics blanks based on zirconium dioxide: A literature review. — *Russian Journal of Dentistry*. — 2023; 2: 139—153 (In Russian)]. DOI: 10.17816/dent340839
10. **Zhang F., Reveron H., Spies B.C., Van Meerbeek B., Chevalier J.** Trade-off between fracture resistance and translucency of zirconia and lithium-disilicate glass ceramics for monolithic restorations. — *Acta Biomater*. — 2019; 91: 24—34. PMID: 31034947
11. **Schley J.S., Heussen N., Reich S., Fischer J., Haselhuhn K., Wolfart S.** Survival probability of zirconia-based fixed dental prostheses up to 5 yr: a systematic review of the literature. — *Eur J Oral Sci*. — 2010; 118 (5): 443—50. PMID: 20831577
12. **Sulaiman T.A., Abdulmajeed A.A., Delgado A., Donovan T.E.** Fracture rate of 188695 lithium disilicate and zirconia ceramic restorations after up to 7.5 years of clinical service: A dental laboratory survey. — *J Prosthet Dent*. — 2020; 123 (6): 807—810. PMID: 31703926
13. **Tang X., Nakamura T., Usami H., Wakabayashi K., Yatani H.** Effects of multiple firings on the mechanical properties and microstructure of veneering ceramics for zirconia frameworks. — *J Dent*. — 2012; 40 (5): 372—80. PMID: 22330322
14. **Queiroz J.R., Benetti P., Massi M., Junior L.N., Della Bona A.** Effect of multiple firing and silica deposition on the zirconia-porcelain interfacial bond strength. — *Dent Mater*. — 2012; 28 (7): 763—8. PMID: 22520227
15. **Zeighami S., Mahgoli H., Farid F., Azari A.** The effect of multiple firings on microtensile bond strength of core-veneer zirconia-based all-ceramic restorations. — *J Prosthodont*. — 2013; 22 (1): 49—53. PMID: 22762412
16. **Komine F., Saito A., Kobayashi K., Koizuka M., Koizumi H., Matsumura H.** Effect of cooling rate on shear bond strength of veneering porcelain to a zirconia ceramic material. — *J Oral Sci*. — 2010; 52 (4): 647—52. PMID: 21206169
17. **Olcer Us Y., Tuncelli B.** Evaluation of the effects of thermal changes on the bond strength between zirconia framework and veneering ceramic during the firing process. — *Eur Oral Res*. — 2023; 57 (2): 108—114. PMID: 37525861
18. **Lundberg K., Wu L., Papia E.** The effect of grinding and/or airborne-particle abrasion on the bond strength between zirconia and veneering porcelain: a systematic review. — *Acta Biomater Odontol Scand*. — 2017; 3 (1): 8—20. PMID: 28642927
19. **de Mello C.C., Bitencourt S.B., Dos Santos D.M., Pesqueira A.A., Pellizzer E.P., Goiato M.C.** The effect of surface treatment on shear bond strength between Y-TZP and veneer ceramic: A systematic review and meta-analysis. — *J Prosthodont*. — 2018; 27 (7): 624—635. PMID: 29235205
20. **Лебеденко И.Ю., Дьяконенко Е.Е., Сахабиева Д.А., Ллака Э.** Адгезия цементов к керамическим зубным протезам из диоксида циркония (часть 1). — *Стоматология*. — 2021; 2: 97—102. eLibrary ID: 45607623
[**Lebedenko I.Yu., Dyakonenko E.E., Sakhabieva D.A., Llaka E.** Adhesion of dental cements to zirconia restorations (part 1). — *Stomatology*. — 2021; 2: 97—102 (In Russian)]. DOI: 10.17116/stomat202110002197
21. **Jakovac M., Klaser T., Radatović B., Bafti A., Skoko Ž., Pavić L., Žic M.** Impact of sandblasting on morphology, structure and conductivity of zirconia dental ceramics material. — *Materials (Basel)*. — 2021; 14 (11): 2834. PMID: 34070667
22. **Rafeie N., Hooshmand T., Pedram P.** Effect of helium plasma exposure on wettability and shear bond strength between the zirconia core and feldspathic veneering ceramic: An in vitro study. — *Int J Dent*. — 2022; 2022: 6831864. PMID: 35783687
23. **Liu Y.C., Hsieh J.P., Chen Y.C., Kang L.L., Hwang C.S., Chuang S.F.** Promoting porcelain-zirconia bonding using different atmospheric pressure gas plasmas. — *Dent Mater*. — 2018; 34 (8): 1188—1198. PMID: 29784462
24. **Guess P.C., Bonfante E.A., Silva N.R., Coelho P.G., Thompson V.P.** Effect of core design and veneering technique on damage and reliability of Y-TZP-supported crowns. — *Dent Mater*. — 2013; 29 (3): 307—16. PMID: 23228337
25. **Eisenburger M., Mache T., Borchers L., Stiesch M.** Fracture stability of anterior zirconia crowns with different core designs and veneered using the layering or the press-over technique. — *Eur J Oral Sci*. — 2011; 119 (3): 253—7. PMID: 21564321
26. **Hardan L., Mancino D., Bourgi R., Cuevas-Suárez C.E., Lukomska-Szymanska M., Zarow M., Jakubowicz N., Zamarripa-Calderón J.E., Kafa L., Etienne O., Reitzer F., Kharouf N., Haïkel Y.** Treatment of tooth wear using direct or indirect restorations: A Systematic review of clinical studies. — *Bioengineering (Basel)*. — 2022; 9 (8): 346. PMID: 36004871
27. **Lohbauer U., Amberger G., Quinn G.D., Scherrer S.S.** Fractographic analysis of a dental zirconia framework: a case study on design issues. — *J Mech Behav Biomed Mater*. — 2010; 3 (8): 623—9. PMID: 20826369
28. **Kanat-Ertürk B., Çömlekoğlu E.M., Dündar-Çömlekoğlu M., Özcan M., Güngör M.A.** Effect of veneering methods on zirconia framework-veneer ceramic adhesion and fracture resistance of single crowns. — *J Prosthodont*. — 2015; 24 (8): 620—8. PMID: 25319017