

Сравнение показателей прозрачности отечественных образцов стоматологической многослойной керамики на основе диоксида циркония с показателями зарубежного аналога при разных режимах спекания

Е.А. Ненашева, М.В. Быкова, Н.О. Гук, Р.Г. Назарян, И.Ю. Лебедеенко

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы» Россия, Москва

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Новые стоматологические материалы из диоксида циркония включают 3Y-TZP и 5Y-TZP, подходящие для различных клинических случаев, включая многослойные системы, создающие градиент прозрачности. После фрезерования предварительно спеченные каркасы Y-TZP должны быть подвергнуты окончательному спеканию за 8–10 часов, хотя современные технологии позволяют сократить до 17 минут. Однако, скоростное спекание может ухудшать цвет и прозрачность готовых протезов. В новых монокристаллических системах повышено содержание Y3+ примерно до 4 и 5 мол. %, но показатели послойной прозрачности многослойных образцов после скоростного спекания остаются недостаточно изученными. **Цель работы.** Изучение послойной прозрачности после традиционного и скоростного спекания отечественной многослойной керамики из диоксида циркония и его импортного аналога с использованием лабораторного спектрофотометра. **Материалы и методы.** Изучены группы по 12 образцов: основная (отечественное производство «Ziceram ML ET») и контрольная (китайское производство «Aidite 3D Pro»), разделенные на подгруппы «а» (традиционное спекание) и «б» (скоростное спекание). Размер всех образцов – 15×15×1 мм, цвета А1–А3, фрезеровали, извлекая пластины из одного слоя. Подгруппы «а» обжигались по традиционным режимам с выдержкой 30–120 минут. Подгруппа «б» спекалась в скоростной печи за 25 минут. Прозрачность оценивалась с использованием спектрофотометра X-Rite Ci4200 по системе CIE Lab*, рассчитывая соотношение показателей светлоты («L») на белом и черном фоне. **Выводы.** Светлота слоев многослойных керамических заготовок «Ziceram ML ET» и «Aidite 3D Pro» существенно снижается после скоростного спекания по сравнению с традиционным обжигом. Градиенты прозрачности у российской и китайской многослойной керамики различаются, с существенными изменениями после скоростного спекания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: керамика на основе диоксида циркония, многослойные заготовки, оптические свойства, светлота, прозрачность, скоростной обжиг.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Comparison of transparency indicators of domestic samples of dental multilayer ceramics based on zirconium dioxide with indicators of a foreign analogue under different sintering modes

E.A. Nenasheva, M.V. Bykova, N.O. Guk, R.G. Nazaryan, I.Y. Lebedenko

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

SUMMARY

Relevance. New dental materials made of zirconium dioxide include 3Y-TSP and 5Y-TSP, suitable for various clinical cases, including multilayer systems that create a transparency gradient. After milling, the pre-sintered Y-TZP frames must be subjected to final sintering in 8–10 hours, although modern technologies can reduce it to 17 minutes. However, high-speed sintering can degrade the color and transparency of finished prostheses. The new monolithic ceramic systems have increased the Y3+ content to about 4 and 5 ml. %, but the indicators of layered transparency of multilayer samples after high-speed sintering remain insufficiently studied. **The purpose of the work.** The study of layered transparency after traditional and high-speed sintering of domestic multilayer ceramics made of zirconium dioxide and its imported analog using a laboratory spectrophotometer. **Materials and methods.** Groups of 12 samples were studied: the main one (domestic production of «Ziceram ML ET») and the control one (Chinese production of «Aidite 3D Pro»), divided into subgroups «a» (traditional sintering) and «b» (high-speed sintering). The size of all samples is 15×15×1 mm, colors A1–A3, milled by removing plates from a single layer. Subgroups «a» were fired according to traditional modes with an exposure time of 30–120 minutes. Subgroup «b» was baked in a high-speed furnace in 25 minutes. Transparency was assessed using an X-Rite Ci4200 spectrophotometer using the CIE Lab* system, calculating the ratio of the «L» luminance indicators on a white and black background. **Conclusions.** The lightness of the layers of multilayer ceramic blanks «Ziceram ML ET» and «Aidite 3D Pro» is significantly reduced after high-speed sintering compared to traditional firing. The transparency gradients of Russian and Chinese multilayer ceramics differ, with significant changes after high-speed sintering.

KEYWORDS: ceramics based on zirconium dioxide, multilayer blanks, optical properties, lightness, transparency, high-speed firing.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Введение

Диоксид циркония (ZrO_2) – это универсальный и долговечный керамический материал, который получил широкое распространение в стоматологии благодаря своим исключительным свойствам, включая высокую прочность

на изгиб и трещиностойкость. Эти свойства имеют первостепенное значение для применения материалов на основе ZrO_2 в ортопедической стоматологии. В практике стоматологии применяют керамику на основе тетрагонального диоксида циркония (TZP), который можно стабилизировать

при комнатной температуре, добавив в качестве стабилизатора иттрий (Y^{3+}) 3 моль%, что обеспечивает улучшенные механические свойства. Такой же стабилизирующий эффект может достигаться добавлением, например, Mg^{2+} , но полученная керамика Mg-TZP обладает меньшей прочностью и вязкостью разрушения по сравнению с Y-TZP. Создано новое поколение стоматологических материалов на основе ZrO_2 , которые состоят из 3Y-TZP (т. е. с добавлением 3 моль% Y^{3+}) и 5Y-TZP (т.е. добавление 5 мол. % Y^{3+}) в одном диске или блоке, и по праву являются универсальными материалами практически для всех клинических случаев: от одиночных коронок на фронтальные зубы до протезов по дуге всего зубного ряда [1].

Один из видов этой керамической системы называется «многослойной», поскольку она содержит слои многоцветного и полупрозрачного диоксида циркония, которые создают эффект градиента прозрачности, варьирующий от оттенков эмали до оттенков дентина на одном диске [1].

С экономической точки зрения обработка предварительно спеченных дисков Y-TZP дает дополнительные преимущества, поскольку сокращает время фрезерования и износ инструмента, тем самым сводя к минимуму затраты. После фрезерования предварительно спеченные каркасы Y-TZP должны быть подвергнуты окончательному спеканию для достижения желаемых механических свойств, как указано производителем [1]. Традиционный обжиг чрезвычайно длительный и обычно занимает 8–10 часов. В последнее время предложены скоростные режимы спекания такой керамики менее 60 минут, вплоть до 17 минут (Dentsply Sirona) [2]. Однако, в работе Сахабиевой Д.А. с соавт. показано, что скоростное спекание диоксидциркониевой керамики может влиять на цвет готового протеза и показатели его прозрачности, существенно ее снижая [3].

Для улучшения оптических свойств в последнее время стали использоваться новые поколения монокристаллических систем из диоксида циркония, в которых увеличено содержание Y^{3+} примерно до 4 и 5 мол. % [4].

Однако, остаются недостаточно изученными показатели послойной прозрачности монокристаллических многослойных керамических образцов после скоростного спекания.

Целью настоящей работы явилось изучение с применением лабораторного спектрофотометра послойной прозрачности отечественных многослойных блоков из диоксид циркониевой керамики «Zicram ML ET» в сравнении с импортным аналогом после традиционного и скоростного спекания.

Материалы и методы

Изучены две группы по 12 образцов многослойных стоматологических керамик на основе диоксида циркония: основная и контрольная, которые в свою очередь были разделены на подгруппы «а» и «б» в зависимости от режимов спекания, соответственно, скоростного и традиционного.

В основную группу вошли образцы из блоков многослойной стоматологической керамики на основе диоксида циркония отечественного производства «Zicram ML ET»

[<https://www.zirconceramics.ru>] размером $15 \times 15 \times 1$ мм. Данные блоки являются трехслойными и для изучения их послойной прозрачности в условиях лаборатории Дентсервис блоки подвергли компьютерному фрезерованию на аппарате Imes icore 250i, получив пластины указанных размеров только из одного из трех слоев – пришеечного, окклюзионного и срединного. Изучили многослойные блоки цвета A1–A3, которые, по данным производителя, состоят из трех слоев указанной цветности: A1, A2, A3 по расцветке Vita Classic.

Контрольную группу составили образцы многослойной стоматологической керамики на основе диоксида циркония китайского производства «Aidite 3D Pro» [<https://www.aidite.com>] тех же размеров ($15 \times 15 \times 1$ мм) и того же цвета (A1–A3), которые также в условиях лаборатории Дентсервис отфрезеровали, сохранив по одному из слоев для изучения.

Образцы подгрупп «а» обжигали по традиционным длительным многочасовым режимам, указанным в инструкциях производителей: в основной и контрольной группе скорость подъема температуры составила с 20 град/мин до 1500 °C, с выдержкой 30–120 минут и при скорости охлаждения 3–8 град /мин.

Образцы многослойного диоксида циркония отечественного и китайского производства подгруппы «б» спекали («синтеризировали») в скоростной печи Programat CS6 (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн) по программе № 8 за 25 минут.

Для объективной оценки прозрачности – важнейшей эстетической характеристики зубопротезных материалов использовали аппаратный метод измерения – лабораторный спектрофотометр X-Rite Ci4200 (США) в лаборатории ЗАО Стомадент (Россия). Этот показатель рассчитывали в системе CIE $L^*a^*b^*$ (ГОСТ 31574-2012, п.6.2.3; 2 [5]; ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) п.7.13.7 [6]) как соотношение величин показателей светлоты «L» на белом и на черном фоне [7].

Результаты и обсуждение

Наши исследования показали ожидаемые результаты показателей прозрачности для обеих керамических материалов после традиционного многочасового обжига, рекомендованного фирмами-производителями: наивысшую прозрачность у окклюзионного слоя (A1), соответственно $11,6 \pm 0,33$ и $12,0 \pm 0,58$ российского и китайского производства; средние показатели светлоты были выявлены у срединных слоев (A2) керамических образцов, соответственно, $10,5 \pm 0,23$ и $10,5 \pm 0,34$ и наименьшую величину прозрачности для базового слоя (A3), соответственно, $9,9 \pm 0,28$ и $9,6 \pm 0,82$, для «Zicram ML ET» и «Aidite 3D Pro» (таблицы 1 и 2).

В таблицах 3 и 4 представлены результаты определения с помощью спектрофотометра X-Rite Ci4200 светлоты и прозрачности образцов основной и контрольной групп подгрупп «а», то есть после скоростного спекания.

Мы установили сохранение градиента светлоты и прозрачности между слоями как у образцов китайского производства, так и у образцов керамики отечественного про-

Таблица 1
Средние значения показателей светлоты и прозрачности слоев многослойных образцов «Ziceram ML ET» после традиционного многочасового спекания

Стоматологическая керамика «Ziceram ML ET»			
Фон/Слой	A1	A2	A3
Белый фон (L*)	86,3±0,16	84,9±0,03	83,3±0,25
Черный фон (L*)	74,7±0,29	74,4±0,23	73,4±0,12
Прозрачность	11,6±0,33	10,5±0,23	9,9±0,28

Таблица 2
Средние значения показателей светлоты слоев многослойных образцов «Aidite 3D Pro» после традиционного многочасового спекания

Стоматологическая керамика «Aidite 3D Pro»			
Фон/Слой	A1	A2	A3
Белый фон (L*)	84,9±0,37	83,1±0,20	82,5±0,8
Черный фон (L*)	72,9±0,44	72,6±0,27	72,9±0,16
Прозрачность	12,0±0,58	10,5±0,34	9,6±0,82

Таблица 3
Средние значения показателей светлоты и прозрачности слоев многослойных образцов «Ziceram ML ET» после скоростного спекания

Стоматологическая керамика «Ziceram ML ET»			
Фон/Слой	A1	A2	A3
Белый фон (L*)	85,4±0,55	83,5±0,15	82,5±0,04
Черный фон (L*)	75,7±0,58	74,5±0,10	74,8±0,16
Прозрачность	9,7±0,80	9,2±0,18	7,7±0,17

Таблица 4
Средние значения показателей светлоты и прозрачности слоев многослойных образцов «Aidite 3D Pro» после скоростного спекания

Стоматологическая керамика «Aidite 3D Pro»			
Фон/Слой	A1	A2	A3
Белый фон (L*)	86,9±0,22	83,5±0,07	81,1±0,14
Черный фон (L*)	74,6±0,16	73,7±0,18	72,4±0,39
Прозрачность	12,3±0,27	9,8±0,19	8,7±0,42

Таблица 5
Различия в показателях прозрачности слоев многослойных образцов изученных стоматологических керамик после традиционного многочасового и скоростного спекания

Керамика/Слой	A1	A2	A3
«Ziceram ML ET»	-1,9±0,87	-1,3±0,29	-2,2±0,33
«Aidite 3D Pro»	+0,3±0,64	-0,7±0,39	-0,9±0,92

Таблица 6
Различия средних значений показателей прозрачности слоев многослойных образцов стоматологических керамик «Ziceram ML ET» и «Aidite 3D Pro» после скоростного и многочасового традиционного спекания

Подгруппы/Слой	A1	A2	A3
«а» Традиционный обжиг	-0,4±0,15	0±0,27	0,3±0,59
«б» Экспресс обжиг	-2,6±1,66	-0,6±0,48	-1,0±0,29

Таблица 7
Различия средних значений показателей прозрачности между слоями многослойных образцов стоматологических керамик «Ziceram ML ET» и «Aidite 3D Pro» после скоростного спекания

Различия градиентов прозрачности		
A1–A2	A2–A3	A1–A3
-2,0±1,73	+0,4±0,56	-1,6±1,68

изводства: соответственно для образцов «Aidite 3D Pro» слой A1 прозрачность составила 12,3±0,27, для слоя A2 составила 9,8±0,19 и у слоя A3 самый низкий показатель 8,7±0,42. Аналогичные результаты мы получили при ана-

лизе градиента прозрачности у отечественных образцов, соответственно, 9,7±0,80 для окклюзионного слоя (A1), 9,2±0,18 для слоя A2 и 7,7±0,17 для слоя A3.

Анализ полученных результатов измерений позволил установить различия в показателях прозрачности слоев многослойных образцов стоматологических керамик отечественного и китайского производства после традиционного многочасового обжига и после скоростного спекания, которые представлены в таблице 5. Как видно из таблицы, показатели прозрачности всех слоев в основной группе образцов были ниже в подгруппах «а», то есть после скоростного спекания. Наибольшие различия выявлены в образцах из базового слоя (2,2±0,33) для слоя A3 керамики «Ziceram ML ET». Наименьшее различие – показателей прозрачности при скоростном и многочасовом обжиге образцов отечественной керамики мы установили у образцов срединного слоя керамики цвета A2 (1,3±0,29).

У образцов керамики «Aidite 3D Pro» различия были не такие значительные – меньше единицы: 0,7±0,39 для срединного слоя A2 и 0,9±0,92 для базового слоя A3; причём, для окклюзионного эмалевого слоя A1 мы получили парадоксальный результат – очень небольшое статистически недостоверное повышение прозрачности после скоростного спекания (-0,3±0,64).

Сравнение послойных различий показателей прозрачности изученных керамик после традиционного спекания позволило установить наибольшее различие в слое A1 (-0,4±0,15), то есть прозрачность образцов отечественной керамики в окклюзионном слое была ниже, чем у китайского аналога на 0,4±0,15 при традиционных режимах обжига. Наименьшее различие мы установили в слое A2 (0±0,27), что свидетельствует о практически одинаковых показателях прозрачности срединных слоев многослойных образцов отечественной и китайской керамик.

При скоростном спекании наибольшее различие изученных керамик мы установили в слое A1 (-2,6±1,66), что означает существенное превышение прозрачности режущего края в заготовка китайского производства в сравнении с отечественными многослойными образцами Ziceram ML ET».

Наименьшее различие показателей прозрачности изученных керамических блоков при скоростном спекании мы установили в слое A2 (-0,6±0,48), средний уровень различий показателей прозрачности отмечен в слое A3 (-1,0±0,29), но во всех случаях отмечена разная степень повышенной прозрачности после скоростного обжига у образцов китайского производства в сравнении с отечественной продукцией (таблица 6).

Сравнение показателей прозрачности керамических образцов цвета A1–A3 основной и контрольной групп показало, что после традиционного многочасового обжига прозрачность базового слоя A3 отечественных образцов «Ziceram ML ET» выше, чем у китайского аналога, прозрачность слоя A2 практически совпадает, а прозрачность режущего края A1 уступает показателю китайского аналога «Aidite 3D Pro». После скоростного спекания показатели прозрачности всех слоев российских блоков ниже соответствующих показателей китайского аналога (таблицы 1, 2, 3, 4, 6).

Важно отметить, что после скоростного спекания по-слойные различия в светлоте между образцами основной и контрольной групп значительно (в 3 и 6 раз) увеличиваются (таблица 6).

Подробное изучение в сравнительном аспекте светлоты и прозрачности между слоями многослойных образцов позволило установить различия в градиентах светлоты в китайских и отечественных образцах. Наибольшие различия выявлены в градиенте прозрачности между слоями A1 и A2, то есть между окклюзионной и основной срединной зонами (таблица 7).

При традиционном обжиге такие различия существенно ниже от 0,3 до 0,7.

Выводы

1. Показатели светлоты всех слоев образцов многослойных заготовок керамики российского производства «Ziceram ML ET» и зарубежного аналога «Aidite 3D Pro» существенно снижаются после скоростного спекания в сравнении с показателями при многочасовом традиционном обжиге. Исключение составляет окклюзионный слой китайского керамического многослойного блока, прозрачность которого статистически недостоверно увеличивается на $0,3 \pm 0,64$.
2. После скоростного спекания обоих видов образцов керамик сохраняется присущий многослойным образцам каждого стоматологического материала градиент показателей светлоты с минимумом у базисного слоя и максимумом прозрачности у окклюзионного слоя. Градиент прозрачности многослойного образца «Ziceram ML ET» цвета A1–A3 отличается от такового образца «Aidite 3D Pro» того же цвета, причем после скоростного спекания распределение показателей прозрачности слоев образцов этих керамик претерпевает существенные изменения, что необходимо учитывать при виртуальном позиционировании планируемого протеза в пространстве керамического блока.

3. Светлота всех слоев образцов керамики «Aidite 3D Pro» цвета A1–A3 превышает показатели светлоты соответствующих слоев керамики «Ziceram ML ET» при обоих использованных режимах спекания, причём различия в показателях светлоты между слоями китайских и российских многослойных образцов после скоростного обжига многократно превышают различия показателей после многочасового обжига.
4. Маскирующая способность керамических многослойных образцов цвета A1–A3 российского производства «Ziceram ML ET» выше, чем у зарубежного аналога, что важно для практического применения при протезировании культей зубов с изменённым цветом или на титановых имплантатах.

Список литературы / References

1. Andrea Labetić, Teodora Klaser, Željko Skoko et al. Flexural Strength and Morphological Study of Different Multilayer Zirconia Dental Materials/ Materials. 2024;17(5):1143, DOI 10.3390/ma17051143.
2. Дьяконов Е.Е., Сахабиева Д.А., Аксельрод И.Б., Лебеденко И.Ю. Сравнительная оценка традиционного и скоростного обжига стоматологической керамики на основе диоксида циркония/Стоматология. 2022;101(2):106–113, DOI 10.17116/stomat2022101021106.
3. Дьяконов Е.Е., Сахабиева Д.А., Аксельрод И.Б., Лебеденко И.Ю. Comparative assessment of traditional and high-speed roasting of dental ceramics based on zirconium dioxide/Dentistry. 2022;101(2):106–113, DOI 10.17116/stomat2022101021106.
4. Сахабиева Д.А., Деев М.С., Дьяконов Е.Е. и др. Влияние скоростного обжига керамического материала на основе диоксида циркония Ziceram T отечественного производства на показатели прочности и цвета/Проблемы стоматологии. 2022. № 4. С. 140–144, DOI 10.18481/2077-7566-21-17-4-140-144.
5. Сахабиева Д.А., Деев М.С., Дьяконов Е.Е. and others. The effect of high-speed firing of ceramic material based on zirconium dioxide Ziceram T of domestic production on strength and color indicators/Problems of dentistry. 2022. No. 4. pp. 140–144, DOI 10.18481/2077-7566-21-17-4-140-144.
6. Almohammed, S.N.; Alshorman, B.; Abu-Naba'a, L.A. Optical Properties of Five Esthetic Ceramic Materials Used for Monolithic Restorations: A Comparative In Vitro Study/Ceramics 2022, 5, 961–980, DOI 10.3390/ceramics5040069.
7. ГОСТ 31574–2012 Межгосударственный стандарт. Материалы стоматологические полимерные восстановительные. Технические требования. Методы испытаний (п. 6.2.3). GOST 31574-2012 is an interstate standard. Dental polymer restorative materials. Technical requirements. Test methods (clause 6.2.3).
8. ГОСТ Р 56924–2016 (ИСО 4049:2009) Стоматология. Материалы полимерные восстановительные (п. 7.13.7). GOST R 56924-2016 (ISO 4049:2009) Dentistry. Polymer reducing materials (clause 7.13.7).
9. Ненашева Е.А., Быкова М.В., Поуровская И.Я., Гавриленко М.А. Испытания многослойного диоксида циркония на цветоанализаторе Спектрон-М/Международный научный журнал «Флагман науки» 2023, № 7(7). Nenashева E.A., Bykova M.V., Poyurovskaya I.Ya., Gavrilenko M.A. Tests of multilayer zirconium dioxide on the Spectron-M color analyzer/ International Scientific Journal «Flagship of Science» 2023, No. 7(7).

Статья поступила / Received 25.10.2024

Получена после рецензирования / Revised 27.10.2024

Принята в печать / Accepted 28.10.2024

Информация об авторах

Ненашева Елизавета Андреевна, ассистент кафедры ортопедической стоматологии
E-mail: dr.vasyuta@mail.ru, eLibrary SPIN: 4902-5144,
ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-6433-3953>

Быкова Марина Владимировна, к.м.н., доцент, профессор кафедры ортопедической стоматологии

E-mail: bykova-mv@mail.ru, eLibrary SPIN: 9380-8298,

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-0504-7767>

Гук Никита Октавинович, аспирант кафедры ортопедической стоматологии

E-mail: dr.guknikita@yandex.ru, ORCID ID <https://orcid.org/0009-0001-9502-2397>

Назарян Рузанна Гагиковна, к.м.н., ассистент кафедры ортопедической стоматологии

E-mail: nazaryanryz@gmail.com, eLibrary SPIN: 5070-6297,

ORCID ID <https://orcid.org/0009-0006-1122-0107>

Лебеденко Игорь Юльевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии

E-mail: lebedenkoi@mail.ru, eLibrary SPIN: 3863-2409,

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-4050-484X>

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы» Россия, Москва

Контактная информация:

Ненашева Елизавета Андреевна. E-mail: dr.vasyuta@mail.ru

Для цитирования: 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):98–101. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-28-98-101>

Author information

Nenashева Elizaveta A., assistant of the Department of Orthopedic Dentistry

E-mail: dr.vasyuta@mail.ru, eLibrary SPIN: 4902-5144,

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-6433-3953>

Bykova Marina V., PhD, Associate Professor, Professor of the Department of Orthopedic Dentistry

E-mail: bykova-mv@mail.ru, eLibrary SPIN: 9380-8298,

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-0504-7767>

Guk Nikita O., postgraduate student of the Department of Orthopedic Dentistry

E-mail: dr.guknikita@yandex.ru, ORCID ID <https://orcid.org/0009-0001-9502-2397>

Nazaryan Ruzanna G., PhD, Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry

E-mail: nazaryanryz@gmail.com, eLibrary SPIN: 5070-6297,

ORCID ID <https://orcid.org/0009-0006-1122-0107>

Lebedenko Igor Y., MD, Professor, Head of the Department of Orthopedic Dentistry

E-mail: lebedenkoi@mail.ru, eLibrary SPIN: 3863-2409,

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-4050-484X>

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

Contact information

Nenashева Elizaveta A. E-mail: dr.vasyuta@mail.ru

For citation: Nenashева E.A., Bykova M.V., Guk N.O., Nazaryan R.G., Lebedenko I.Y. Comparison of transparency indicators of domestic samples of dental multilayer ceramics based on zirconium dioxide with indicators of a foreign analogue under different sintering modes // Medical alphabet. 2024;(28):98–101. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-28-98-101>

