

DOI: 10.37988/1811-153X\_2024\_3\_45

Ф.Р. Ахмедбейли<sup>1</sup>,  
доктор наук по ресторативной  
стоматологии, докторант кафедры  
ресторативной стоматологии

[Р.М. Ахмедбейли](#)<sup>2</sup>,  
д.м.н., профессор кафедры  
терапевтической стоматологии

М. Эрсой<sup>1</sup>,  
доктор наук по консервативной  
стоматологии, ассистент кафедры  
ресторативной стоматологии

<sup>1</sup> Университет Едитепе,  
34728, Стамбул, Турция

<sup>2</sup> Азербайджанский медицинский  
университет,  
AZ1022, Баку, Азербайджан

#### ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ахмедбейли Ф.Р., Ахмедбейли Р.М., Эрсой М. Эффект глазурирования и термоциклирования на микротвердость различных фрезерованных керамических ламинатных виниров под наблюдением сканирующего электронного микроскопа. — *Клиническая стоматология*. — 2024; 27 (3): 45—50.

DOI: 10.37988/1811-153X\_2024\_3\_45

## Эффект глазурирования и термоциклирования на микротвердость различных фрезерованных керамических ламинатных виниров под наблюдением сканирующего электронного микроскопа

**Реферат.** CAD/CAM-технологии — одно из наиболее быстро развивающихся направлений цифровой ресторативной стоматологии. **Цель исследования** — *in vitro* оценить влияние глазурирования и термоциклирования на микротвердость керамических виниров исходя из предположения, что существует значимая разница между показателями микротвердости различных глазурированных и неглазурированных CAD/CAM-материалов. **Материалы и методы.** Измеряли микротвердость 80 образцов виниров из четырех различных керамических CAD/CAM-материалов: 1) керамика из дисиликата лития IPS E.max CAD (Ivoclar, Германия); 2) лейцитная стеклокерамика IPS Empress CAD (Ivoclar); 3) фельдшпатическая керамика Cerec (Dentsply Sirona, Германия); 4) гибридная керамика Cerasmart (GC, Япония). Все образцы были разделены на 4 равные группы, в каждой половине (10) виниров подвергли глазурированию. Для имитации одного года службы все образцы виниров были подвергнуты 10 000 термоциклам. Показатели микротвердости по Виккерсу измеряли на трех этапах: после фрезерования, после глазурирования и после термоциклирования. Также были получены СЭМ-изображения поверхности образцов после фрезерования и после термоциклирования. **Результаты.** Выявлены статистически значимые различия между показателями микротвердости различных материалов после глазурирования и термоциклирования. Показатели микротвердости после глазурирования снизились на 5% для E.max, на 7—9% для Empress и Cerec, и на 34% для Cerasmart. Образцы из E.max показали более высокие показатели микротвердости после глазурирования ( $601 \pm 13$  МПа) по сравнению с Empress ( $575 \pm 12$  МПа), Cerec ( $453 \pm 16$  МПа) и Cerasmart (76 МПа;  $p < 0,05$ ). Анализ глазурированной поверхности также выявил статистически значимые различия после термоциклирования ( $p < 0,05$ ). Post hoc тест Тамхейна T2 подтвердил, что после термоциклирования показатели микротвердости группы E.max были значительно выше по сравнению с группами Cerasmart, Empress и Cerec ( $p < 0,05$ ). Влияние термоциклирования также заметно для образцов без нанесения глазури, где группа E.max продемонстрировала более высокие показатели микротвердости ( $641 \pm 7$  МПа) по сравнению с группами Cerasmart, Empress и Cerec ( $p < 0,05$ ). **Заключение.** Глазурирование и термоциклирование уменьшили микротвердость виниров из исследуемых материалов. Изделия из E.max и Empress показали наибольшую микротвердость порядка 600 кгс/мм<sup>2</sup>. Сравнимые значения около 500 кгс/мм<sup>2</sup> показала фельдшпатическая керамика Cerec. Намного меньшей, порядка 100 кгс/мм<sup>2</sup>, оказалась микротвердость изделий из Cerasmart ( $p < 0,05$ ). Исследование подчеркивает важность глазурирования и термоциклирования при оценке показателей микротвердости керамических CAD/CAM-материалов, выявляя особенности их поведения в условиях клинической эксплуатации.

**Ключевые слова:** керамические материалы, виниры, микротвердость, дисиликат лития, E.max, лейцитная стеклокерамика, Empress, гибридная керамика, Cerasmart, фельдшпатическая керамика, Cerec

[F.R. Ahmedbeyli](#)<sup>1</sup>,  
PhD in Medical Sciences, Restorative dentistry

[R.M. Ahmedbeyli](#)<sup>2</sup>,  
Doctor of Medical Science, full professor  
of the Therapeutic dentistry Department

[M. Ersoy](#)<sup>1</sup>,  
PhD in Conservative Dentistry, assistant  
professor in Restorative dentistry

<sup>1</sup> Yeditepe University,  
34728, Istanbul, Turkey

<sup>2</sup> Azerbaijan Medical University,  
AZ1022, Baku, Azerbaijan

## The effect of glazing and thermocycling on microhardness of different milled ceramic laminate veneers with SEM observations

**Abstract.** CAD/CAM technology is one of the fastest growing areas of digital restorative dentistry. **The aim of the study** was to evaluate *in vitro* the effect of glazing and thermocycling on the microhardness of ceramic veneers under the assumption that there is a significant difference between the microhardness values of different glazed and unglazed CAD/CAM materials. **Materials and methods.** The microhardness of 80 veneer specimens from four different ceramic CAD/CAM materials were measured: 1) IPS E.max CAD lithium disilicate ceramic (Ivoclar, Germany); 2) IPS Empress CAD leucite glass ceramic (Ivoclar); 3) Cerec feldspathic ceramic (Dentsply Sirona,

Germany); and 4) Cerasmart hybrid ceramic (GC, Japan). All specimens were divided into 4 equal groups, and in each group, half (10) of the veneers were glazed. All veneer specimens were subjected to 10,000 thermocycles to simulate one year of service. Vickers microhardness values were measured at three stages: after milling, after glazing, and after thermocycling. SEM images of the surface of the samples after milling and after thermocycling were also obtained. **Results.** Statistically significant differences between microhardness values of different materials after glazing and thermocycling were revealed. Microhardness values after glazing decreased by 5% for E.max, by 7–9% for Empress and Cerec, and by 34% for Cerasmart. E.max specimens showed higher microhardness values after glazing ( $601 \pm 13$  MPa) compared to Empress ( $575 \pm 12$  MPa), Cerec ( $453 \pm 16$  MPa), and Cerasmart (76 MPa;  $p < 0.05$ ). Glazed surface analysis also revealed statistically significant differences after thermocycling ( $p < 0.05$ ). Tamhein's T2 post hoc test confirmed that the microhardness values of the E.max group were significantly higher after thermocycling compared to the Cerasmart, Empress and Cerec groups ( $p < 0.05$ ). The effect of thermocycling was also evident for unglazed samples where the E.max group showed higher microhardness values ( $641 \pm 7$  MPa) compared to Cerasmart, Empress and Cerec groups ( $p < 0.05$ ). **Conclusion.** Glazing and thermocycling reduced

the microhardness of veneers made of the investigated materials. E.max and Empress samples showed the highest microhardness of about  $600 \text{ kgf/mm}^2$ . Comparable values of about  $500 \text{ kgf/mm}^2$  were shown by Cerec feldspathic ceramics. The microhardness of Cerasmart samples was much lower, in the order of  $100 \text{ kgf/mm}^2$  ( $p < 0.05$ ). The study highlights the importance of glazing and thermocycling in evaluating the microhardness values of ceramic CAD/CAM materials, revealing the peculiarities of their behavior in clinical use. Thermocycling did not significantly decrease the microhardness.

**Key words:** CAD/CAM ceramic blocks, restorative and digital dentistry, feldspathic ceramics Cerec, leucite reinforced ceramic Empress, hybrid ceramic Cerasmart, lithium disilicate E.max.

#### FOR CITATION:

Ahmedbeyli F.R., Ahmedbeyli R.M., Ersoy M. The effect of glazing and thermocycling on microhardness of different milled ceramic laminate veneers with SEM observations. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2024; 27 (3): 45—50 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X\_2024\_3\_45

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для цифрового процесса фрезерования доступен широкий спектр материалов, что расширяет возможности в области планирования лечения с CAD/CAM. Выбор подходящего материала для каждого конкретного показания представляет собой сложную задачу. Поэтому цель данного исследования заключается в обзоре развития керамических материалов, оценке их индивидуальных свойств и критическом анализе последних клинических данных [1].

Высокие требования пациентов к эстетике реставраций фронтальной группы требуют от производителей поиска новых высокоэстетичных материалов [2]. CAD/CAM-технологии позволяют получать высокоэффективные эстетические реставрации [3]. Развитие CAD/CAM-технологии было вызвано желанием улучшить эстетику реставраций, дать им более однородный вид, обеспечить прочность реставраций, а также упростить, ускорить и улучшить проводимые стоматологические процедуры [4]. Выбирая тот или иной материал для методики chairside, врач-стоматолог опирается на ознакомительную информацию, предоставляемую компаниями-производителями в инструкциях к заготовкам. Зачастую показания к применению данных типов материалов, несмотря на их различный химический состав, практически полностью совпадают, что затрудняет выбор блоков для клинического применения [5]. Стоматологические CAD/CAM-технологии рекомендуются для изготовления непрямых реставраций с использованием керамических или гибридных материалов.

Композитсодержащие керамические материалы, используемые для этих целей, в последнее время значительно усовершенствовались благодаря улучшенным физическим и механическим характеристикам по сравнению с керамическими [6, 7]. Этап сбора данных

при сканировании зубов различается в зависимости от CAD/CAM-системы. Сканер взаимодействует с программным обеспечением, совместимым со многими системами CAD/CAM, частью которых он является [8, 9]. Метод цифрового сканирования делает процесс более комфортным для пациента, сокращая время и ресурсы, требуемые для классических процедур снятия оттиска и приготовление гипсовых моделей [10–12]. Пользователь может использовать предоставленные программным обеспечением CAD-шаблоны или создавать собственный дизайн с необходимыми коррекциями. По завершении проектирования реставрации программа преобразует виртуальную модель в другой формат, что позволяет устройству начать процесс фрезерования [13–15].

**Цель исследования** — оценить влияние глазурирования и термоциклирования на микротвердость различных видов керамических CAD/CAM-фрезерованных виниров для рационального выбора материала в различных клинических ситуациях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Препарация зуба под винир была осуществлена на титановом зубе первого резца в первой зоне модели челюстей (Kerr, Германия) с минимальной редукцией режущего края и без апроксимального вмешательства в соответствии с установленными протоколами. Дизайн реставрации был выполнен с использованием трехмерного моделирования в программе Cerec SW 4.6. Границы препарированного зуба были автоматически определены и вручную скорректированы (рис. 1). Форма реставрации была создана автоматически программой (рис. 2)

Из блоков разных керамических материалов было изготовлено 80 плоских образцов в форме винира длиной 10 мм, толщиной 0,8 мм в средней и режущей зоне

и 0,7 мм в пришеечной зоне, которые поделили на 4 равные группы в зависимости от типа материала:

- I — стеклокерамика на основе дисиликата лития IPS E.max CAD (Ivoclar Vivadent, Германия);
- II — лейцитная стеклокерамика IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent, Германия);
- III — фельдшпатическая керамика Cerec (Dentsply Sirona, Германия);
- IV — гибридная нанокерамика Cerasmart (GC, Япония).

Фрезеровку образцов осуществляли на фрезерном аппарате CEREC MC XL (Dentsply Sirona, Германия) цилиндрическими и ступенчатыми фрезами Cylinder Pointed Bur 12S и Step Bur 12 (Dentsply Sirona; табл. 1). Перед фрезерованием для каждой группы материалов были установлены отдельные фрезы в аппарат. Из-за высокой твердости E.max материалов на процесс фрезерования уходило больше времени, чем на остальные группы материалов.

В каждой группе половину (10) образцов подвергали глазурированию (рис. 3). Глазурная паста IPS Ivocolor (Ivoclar) была получена в результате смешивания жидкости и порошка (IPS Ivocolor Refill). Для достижения окончательной прочности частично кристаллизованные образцы I группы были полностью кристаллизованы в печи при 850°C с начальной температурой 550°C в течение 20 минут. По 10 образцов I и II группы глазурировали пастой IPS Ivocolor (Ivoclar) и в течение 20 минут обжигали в печи при 840°C с начальной температурой 550°. В III группе образцы глазурировали пастой IPS Ivocolor (Ivoclar) и обжигали в печи при 820°C с начальной температурой 550°C. В IV группе 10 образцов обрабатывали пароочистителем в течение 5 секунд, подвергли пескоструйной обработке оксидом алюминия с размером частиц 25 мкм при 2,5 бар (0,25 МПа), очистили и высушили. Затем на внешнюю поверхность нанесли праймер Multi Primer (GC, Япония), выдержали 60 секунд в закрытом боксе, нанесли глазурь Optiglaze Color (GC) и в течение 40 секунд полимеризовали под лампой Bluephase (Ivoclar).

**Таблица 1. Список материалов, использованных в исследовании**  
Table 1. List of materials used in this study.

Материал	Тип	Производитель	Партия
Step Bur 12S	Ступенчатая фреза	Dentsply Sirona, Германия	E72579
Cylinder Pointed Bur 12S	Цилиндрическая фреза для тонкой обработки	Dentsply Sirona, Германия	M71663
IPS Ivocolor Refill	Жидкость для глазури	Ivoclar Vivadent, Германия	Z005KX
IPS Ivocolor Refill	Порошок для глазури	Ivoclar Vivadent, Германия	Z003H6
Глазурная паста IPS Ivocolor	Смесь для глазури из жидкости и порошка	Ivoclar Vivadent, Германия	Z005KX, Z003H6
Optiglaze Color	Материал для глазури	GC, Япония	1909141



Рис. 1. Нанесение границ препарированного зуба  
Fig. 1. Drawing the margins of the prepared tooth



Рис. 2. Дизайн и редактирование реставрации  
Fig. 2. Designing and editing the restoration

Микротвердость по Виккерсу (VH) измеряли на твердомере (Buehler, США) в лаборатории твердых тканей стоматологического факультета Университета Едитепе (Стамбул). На каждом образце было сделано по 3 измерения алмазным индентором с нагрузкой 150 г (1,5 Н) и выдержкой 10 секунд.

Микротвердость измеряли после фрезерования, после глазурирования и после термоциклирования. Термоциклирование проводили в дистиллированной воде при температуре 5 и 55°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) в течение 10 000 циклов



Рис. 3. Образцы без нанесения глазури (А) и с нанесением глазури (В)  
Fig. 3. Samples without (A) and with (B) the application of the glaze layer

на термоциклере Delta (Salibrus, Турция), что примерно соответствуют одному году службы [16]. Время перемещения было установлено на 10 секунд, а время выдержки для обеих температур было установлено на 20 секунд.

Для каждого материала были получены изображения на сканирующем электронном микроскопе после фрезерования и после термоциклирования.

При статистической обработке результатов нормальность распределения результатов оценивалась с помощью критериев Колмогорова—Смирнова и Шапиро—Уилка. Однофакторный дисперсионный анализ применялся для сравнения параметров между группами материалов. Критерий HDS Тьюки использовался для определения группы, вызывающей различия в случае однородных дисперсий, а T2-тест Тэмхейна — в случае неоднородных дисперсий, *t*-критерий Стьюдента применялся для сравнения внутренней и внешней поверхности. Для сравнения параметров внутри группы между уровнем до, после фрезерования и после термоциклирования *t*-критерий для парных выборок. Дисперсионный анализ был использован для повторных измерений сравнения периода после фрезерования, периода после глазурования и после термоциклирования, а метод Бонферрони использовался для последующих постфактум (post hoc) анализов. Уровень значимости был установлен на  $p < 0,05$ .

**Таблица 2. Микротвердость образцов глазурованных виниров (кгс/мм<sup>2</sup>)**

Table 2. Microhardness of glazed veneers samples (kgf/mm<sup>2</sup>)

Материал	После фрезерования	После глазурования	После термоциклирования
Cerasmart	116,28±5,39	75,85±1,02*	75,64±1,00
E.max	644,13±13,67	600,98±13,36*	598,13±13,12*
Empress	602,97±27,97	574,99±11,91*	572,68±10,76
Cerec	497,17±10,57	453,21±16,42*	452,85±16,01
<i>p</i> <sup>#</sup>	<0,001	<0,001	<0,001

Примечание. \* — различия с предыдущей стадией обработки статистически достоверно значимы ( $p < 0,05$ ); # — по результатам однофакторного дисперсионного анализа

**Таблица 3. Микротвердость образцов неглазурованных виниров (кгс/мм<sup>2</sup>)**

Table 3. Microhardness of non-glazed veneers samples (kgf/mm<sup>2</sup>)

Материал	После фрезерования	После термоциклирования	<i>p</i> <sup>#</sup>
Cerasmart	122,17±7,50	113,63±6,78	<0,001
E.max	647,94±6,42	640,77±6,60	<0,001
Empress	617,29±13,01	606,66±15,70	0,008
Cerec	511,64±25,9	502,71±21,68	0,005
<i>p</i> <sup>*</sup>	<0,001	<0,001	

Примечание. \* — однофакторный дисперсионный анализ, # — *t*-критерий для парных выборок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Было установлено, что результаты измерений подходят для нормального распределения.

Выявлена статистически значимая разница в показателях микротвердости различных типов керамических материалов. После глазурования их микротвердость значительно снизилась. Микротвердость виниров из E.max после глазурования оказалась значительно выше, чем у остальных материалов ( $p < 0,05$ ; табл. 2).

При оценке показателей глазурованной поверхности была выявлена статистически значимая разница между показателями микротвердости материалов после термоциклирования ( $p < 0,05$ ). Наблюдается статистически значимая разница между материалами по средним показателям микротвердости после фрезерования ( $p < 0,05$ ; табл. 2). Показатели микротвердости после фрезерования группы E.max были достоверно выше, чем у Empress, Cerec и Cerasmart ( $p < 0,05$ ; табл. 3).

При анализе подгрупп без нанесения глазури на поверхности образцов между материалами выявлена статистически значимая разница по показателям микротвердости после фрезерования ( $p < 0,05$ ). Было установлено, что средние показатели микротвердости группы E.max после фрезерования значительно выше, чем Cerasmart, Empress и Cerec ( $p < 0,05$ ). При анализе подгрупп без нанесения глазури на поверхности образцов, наблюдалась значительная разница в средних показателях микротвердости между материалами после термоциклирования ( $p < 0,05$ ). Было установлено, что после термоциклирования показатели микротвердости группы E.max были достоверно выше, чем группы Empress, Cerec и Cerasmart ( $p < 0,05$ ). Показатели микротвердости материалов после термоциклирования оказались статистически значимо ниже, чем показатели после фрезерования ( $p < 0,05$ ; табл. 3).

Наблюдения с использованием сканирующего электронного микроскопа показали, что группы с глазурованными поверхностями имели более гладкие поверхности по сравнению с группами без глазурования. В группе Cerasmart (рис. 4) глазурованные поверхности выявили незначительные неровности. Были выявлены неровные поверхности на глазурованном слое группы E.max (рис. 5). Изображение глазурованной поверхности Cerec (рис. 6) выглядела более однородным, в то время как группа Empress (рис. 7) демонстрировала нечеткие царапины и несколько глубоких и широких неровностей на глазурованном слое.

## ОБСУЖДЕНИЕ

J.F. Zaniboni и соавт. (2022) выявили следующие показатели микротвердости после глазурования: IPS E.max CAD — 579,7±52,2 МПа, IPS Empress CAD — 629,2±26,2 МПа, Cerec — 555,0±42,5 МПа [17]. В нашем исследовании средние показатели микротвердости после глазурования были следующими: IPS E.max CAD — 600,98±13,36 МПа, IPS Empress

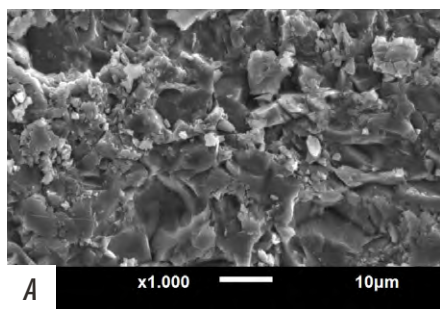


Рис. 4. Поверхность образца Cerasmart: А — после фрезерования, В — после глазурования и термоциклирования (СЭМ, ув. 1000)

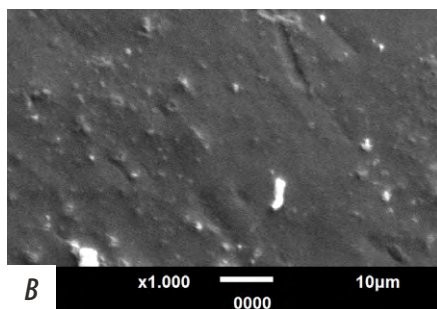


Fig. 4. Surface of Cerasmart sample: A — after milling, B — after glazing and thermocycling (SEM, mag. 1000x)

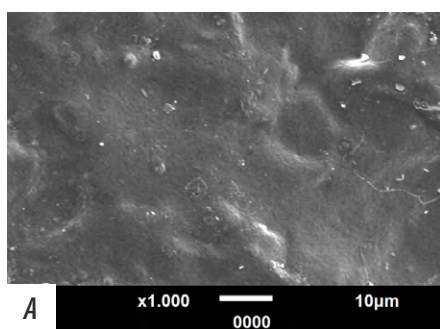


Рис. 5. Поверхность образца E.max: А — после фрезерования, В — после глазурования и термоциклирования (СЭМ, ув. 1000)

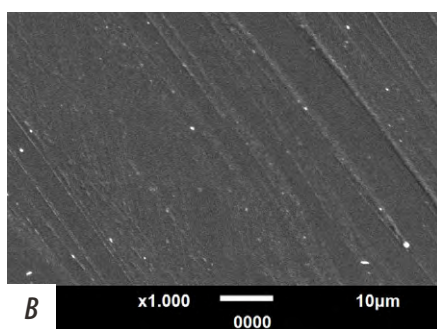


Fig. 5. Surface of E.max sample: A — after milling, B — after glazing and thermocycling (SEM, mag. 1000x)

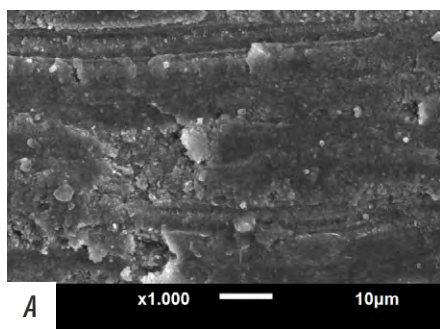


Рис. 6. Поверхность образца Cerec: А — после фрезерования, В — после глазурования и термоциклирования (СЭМ, ув. 1000)

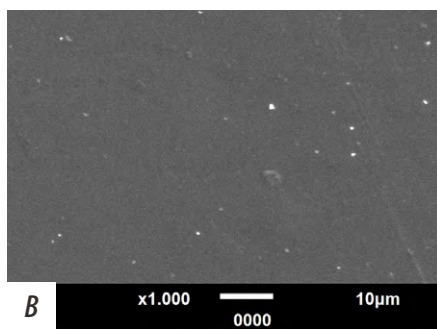


Fig. 6. Surface of Cerec sample: A — after milling, B — after glazing and thermocycling (SEM, mag. 1000x)

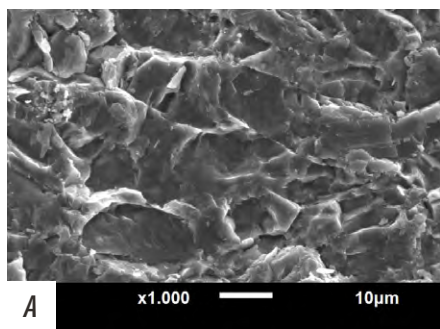


Рис. 7. Поверхность образца Empress: А — после фрезерования, В — после глазурования и термоциклирования (СЭМ, ув. 1000)

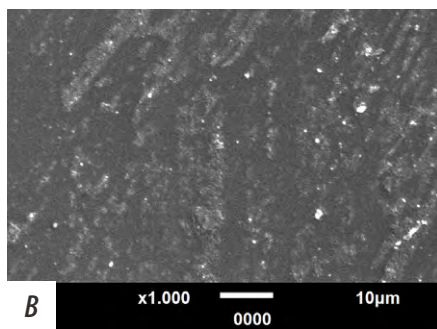


Fig. 7. Surface of Empress sample: A — after milling, B — after glazing and thermocycling (SEM, mag. 1000x)

CAD —  $574,99 \pm 11,91$  МПа, Cerec —  $453,21 \pm 16,42$  МПа. Была выявлена разница между показателями группы Cerec и Empress, в то время как группа E.max продемонстрировала схожие показатели микротвердости.

В 2021 г. G. Çakmak и соавт. изучали влияние полировки и глазурования на показатели микротвердости. В исследовании рассматривали различные материалы, включая стеклокерамику на основе дисиликата лития, а также фельдшпатическую стеклокерамику. Результаты показали, что процесс глазурования оказал значительное влияние на изменение показателей микротвердости [18]. В нашем исследовании результаты, полученные при измерении микротвердости до и после глазурования, оказались сопоставимы с результатами данного исследования. Мы обнаружили, что глазурование оказывает влияние на показатели микротвердости всех испытанных материалов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микротвердость виниров из исследуемых материалов убывает в ряду E.max>Empress>Cerec>Cerasmart от 600–650 до 560–630, 450–530 и 75–130 кгс/мм<sup>2</sup> соответственно ( $p < 0,05$ ).

Гипотеза исследования была подтверждена: определена разница микротвердости между глазурованными и неглазурованными образцами.

Термоциклирование, имитирующее естественный износ, привело к незначительному снижению микротвердости.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Поступила:** 09.04.2024

**Принята в печать:** 21.07.2024

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

**Received:** 09.04.2024

**Accepted:** 21.07.2024

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Spitznagel F.A., Boldt J., Gierthmuehlen P.C. CAD/CAM Ceramic restorative materials for natural teeth. — *J Dent Res.* — 2018; 97 (10): 1082—1091. [PMID: 29906206](#)
2. Севбитов А.В., Браго А.С., Енина Ю.И. Опыт применения гибридной керамики для реставрации зубов в цервикальной области. — *Клиническая стоматология.* — 2017; 3 (83): 10—12. [Sevbitov A.V., Brago A.S., Enina Yu.I. Experience in the application of hybrid ceramic restorations in the cervical region. — *Clinical Dentistry (Russia).* — 2017; 3 (83): 10—12 (In Russian)]. [eLibrary ID: 29960527](#)
3. Панахов Н.А., Алиева С.С. Результаты применения циркониевых коронок, изготовленных с использованием CAD/CAM-технологии. — *Клиническая стоматология.* — 2019; 2 (90): 76—79. [Panahov N.A., Aliyeva S.S. The results of using CAD/CAM-made zirconium crowns. — *Clinical Dentistry (Russia).* — 2019; 2 (90): 76—79 (In Russian)]. [eLibrary ID: 37749530](#)
4. Kömürçüoğlu M.B., Sağırkaya E., Tulga A. Influence of different surface treatments on bond strength of novel CAD/CAM restorative materials to resin cement. — *J Adv Prosthodont.* — 2017; 9 (6): 439—446. [PMID: 29279763](#)
5. Горяйнова К.Э., Русанов Ф.С., Поюровская И.Я., Ретинская М.В., Лебедеико И.Ю. Сравнительная оценка прочности стоматологических материалов для методики CAD/CAM у кресла пациента. — *Российский стоматологический журнал.* — 2016; 3: 116—120. [Goryainova K.E., Rusanov F.S., Poyurovskaya I.Ya., Retinskaya M.V., Lebedenko I.Yu. Comparative assessment of strength of dental CAD/CAM materials for chairside techniques. — *Russian Journal of Dentistry.* — 2016; 3: 116—120 (In Russian)]. [eLibrary ID: 26331214](#)
6. Nguyen J.F., Migonney V., Ruse N.D., Sadoun M. Resin composite blocks via high-pressure high-temperature polymerization. — *Dent Mater.* — 2012; 28 (5): 529—34. [PMID: 22230107](#)
7. Nguyen J.F., Migonney V., Ruse N.D., Sadoun M. Properties of experimental urethane dimethacrylate-based dental resin composite blocks obtained via thermo-polymerization under high pressure. — *Dent Mater.* — 2013; 29 (5): 535—41. [PMID: 23522657](#)
8. Carrilho Baltazar Vaz I.M., Pimentel Coelho Lino Carracho J.F. Marginal fit of zirconia copings fabricated after conventional impression making and digital scanning: An in vitro study. — *J Prosthet Dent.* — 2020; 124 (2): 223.e1—223.e6. [PMID: 32336539](#)
9. Zaruba M., Mehl A. Chairside systems: a current review. — *Int J Comput Dent.* — 2017; 20 (2): 123—149. [PMID: 28630955](#)
10. Arezoobakhsh A., Shayegh S.S., Jamali Ghomi A., Hakimaneh S.M.R. Comparison of marginal and internal fit of 3-unit zirconia frameworks fabricated with CAD-CAM technology using direct and indirect digital scans. — *J Prosthet Dent.* — 2020; 123 (1): 105—112. [PMID: 30982618](#)
11. Marti A.M., Harris B.T., Metz M.J., Morton D., Scarfe W.C., Metz C.J., Lin W.S. Comparison of digital scanning and polyvinyl siloxane impression techniques by dental students: instructional efficiency and attitudes towards technology. — *Eur J Dent Educ.* — 2017; 21 (3): 200—205. [PMID: 26960967](#)
12. Zimmermann M., Mehl A., Mörmann W.H., Reich S. Intraoral scanning systems — a current overview. — *Int J Comput Dent.* — 2015; 18 (2): 101—29. [PMID: 26110925](#)
13. Ahmed K.E. We're Going Digital: The Current State of CAD/CAM Dentistry in Prosthodontics. — *Prim Dent J.* — 2018; 7 (2): 30—5. [PMID: 30095879](#)
14. Blatz M.B., Conejo J. The current state of chairside digital dentistry and materials. — *Dent Clin North Am.* — 2019; 63 (2): 175—197. [PMID: 30825985](#)
15. Goujat A., Abouelleil H., Colon P., Jeannin C., Pradelle N., Seux D., Grosogeat B. Marginal and internal fit of CAD-CAM inlay/onlay restorations: A systematic review of in vitro studies. — *J Prosthet Dent.* — 2019; 121 (4): 590—597.e3. [PMID: 30509548](#)
16. Gale M.S., Darvell B.W. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. — *J Dent.* — 1999; 27 (2): 89—99. [PMID: 10071465](#)
17. Zaniboni J.F., Silva A.M., Alencar C.M., Porto T.S., Jasinevicius R.G., Fortulan C.A., de Campos E.A. Influence of different glaze firing protocols on the mechanical properties of CAD-CAM ceramic materials. — *J Prosthet Dent.* — 2022; 127 (6): 925.e1—925.e8. [PMID: 35469648](#)
18. Çakmak G., Subaşı M.G., Sert M., Yılmaz B. Effect of surface treatments on wear and surface properties of different CAD-CAM materials and their enamel antagonists. — *J Prosthet Dent.* — 2023; 129 (3): 495—506. [PMID: 34301415](#)