

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2016

УДК 615.46.03:616.314-089.28

Горяинова К.Э.¹, Русанов Ф.С.², Поюровская И.Я.², Ретинская М.В.², Лебедеко И.Ю.²

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕТОДИКИ CAD/CAM У КРЕСЛА ПАЦИЕНТА

¹ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения РФ, 127473, г. Москва, Россия; ²ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения РФ, 119034, г. Москва, Россия

В результате проведенных физико-механических испытаний образцы из гибридной керамики VITA Enamic продемонстрировали более высокие показатели прочности, чем представители обеих сравниваемых групп. Данный материал оказался значительно прочнее композитов и превышал прочность керамических образцов.

Ключевые слова: CAD/CAM; CEREC; chairside методика; гибридная керамика Enamic; лейцитная стеклокерамика; полевошпатная керамика; композиты; прочность при диаметральном разрыве; прочность при изгибе.

Для цитирования: Горяинова К.Э., Русанов Ф.С., Поюровская И.Я., Ретинская М.В., Лебедеко И.Ю. Сравнительная оценка прочности стоматологических материалов для методики CAD/CAM у кресла пациента. Российский стоматологический журнал. 2016; 20 (3): 116-120. DOI 10.18821/1728-2802 2016; 20 (3): 116-120

Goryainova K.E.¹, Rusanov F.S.², Poyurovskaya I.Ya.², Retinskaya M.V.², Lebedenko I.Yu.²

COMPARATIVE ASSESSMENT OF STRENGTH OF DENTAL CAD/CAM MATERIALS FOR CHAIRSIDE TECHNIQUES

¹The Moscow state university of medicine and dentistry named after A.I. Evdokimov of Ministry of Health of the Russian Federation, 127473, Moscow, Russia; ²Federal State Institution Central Research Institute of Dental and Maxillofacial Surgery of Ministry of Health of the Russian Federation, 119034, Moscow, Russia

The results of physico-mechanical tests showed the best strength values of samples of the hybrid ceramic VITA Enamic over the representatives of the other two groups: composites samples and ceramic samples.

Key words: CAD/CAM; CEREC; chairside; hybrid ceramics; Enamic; glassceramics; feldspatic ceramics; composites; diametral strength; flexural strength.

For citation: 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. Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal. 2016; 20 (3): 116-120. DOI 10.18821/1728-2802 2016; 20 (3): 116-120

For correspondence: Goryainova Kristina Eduardovna, postgraduate of prosthetic dentistry department of the Moscow state university of medicine and dentistry named after A.I. Evdokimov, e-mail: kristina@dda-russia.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received 26.03.16

Accepted 04.04.16

В современной стоматологии большое распространение получили CAD/CAM-технологии благодаря высокой точности реставрации и большой скорости изготовления протеза. Наиболее развиты CAD/CAM-технологии зубного протезирования непосредственно у кресла пациента, получившие название chairside технологии. Преимущества данной методики – это экономия времени пациента, его вовлечение в процесс изготовления реставрации, отсутствие необходимости в

зуботехнической лаборатории с присущими для CAD/CAM-систем высокими качеством и прецизионностью [1, 2]. На стоматологическом рынке имеется соответствующее оборудование (CEREC, Sirona Dental GmbH, Германия; Ceramill Motion II, Amann Girrbach AG, Германия; KaVo ARCTICA/Everest, KaVo Dental GmbH, Германия и др.) и большой спектр материалов. В Европе это материалы: Mark II (VITA Zahnfabrik, Германия), Celtra DUO (Densply, Германия), Signum Blank (Heraeus Kulzer, Германия), CEREC Blocks (Sirona Dental GmbH, Германия), Hiaht-Class (Ambarino, Германия), Priti@Crown (Pritidenta GmbH, Германия), IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн), Brilliant Cries (Coltene, Швейцария); в Азии: Cerasmart (GC, Япония),

Для корреспонденции: Горяинова Кристина Эдуардовна, аспирант кафедры ортопедической стоматологии Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова, E-mail: kristina@dda-russia.ru

Block HC (SHOFU, Япония), MAZIC Duro (Vericom, Корея), Denta Estelite Block (Tokuyama, Япония), KZR-CAD HR2 (Yamakin, Япония), Avencia Block (Kuraray Noritake Dental Inc., Япония); в Америке: Lava Ultimate (3M ESPE, США) и др.

С позиции стоматологического материаловедения все разнообразие блоков для изготовления постоянных коронок по технологии chairside можно разделить на две группы. Первая группа – это керамические блоки (Mark II, VITA Zahnfabrik, Германия; Empress CAD, Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн, CEREC blocks, Sirona Dental GmbH, Германия и др.); вторая группа – композитные блоки (3M Lava Ultimate, 3M ESPE, США; Brilliant Cries, Coltene, Швейцария; Cerasmart, GC, Япония и др.) [3]. В 2013 г. появились блоки для chairside-технологии из гибридной керамики с двойственной структурой VITA Enamic (VITA Zahnfabrik, Германия) [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].

Поскольку реставрации по методике chairside изготавливаются исключительно в пределах одного зуба, то наиболее важным для выбора материала протеза является показатель прочности.

Наибольший интерес, с позиции долговечности зубных реставраций из композитов и керамики, имеющих гетерогенную структуру, представляет показатель прочности при диаметральном разрыве, который, по сути, характеризует сопротивление материала к сжатию и растяжению в разных участках образцов.

Поскольку реставрации по технологии CAD/CAM непосредственно на приеме у кресла пациента применяют исключительно для восстановления одного и преимущественно жевательного зуба, требования к прочностным свойствам предназначенных для этого реставрационных материалов возрастают. Эти требования, связанные с повышенной функциональной нагрузкой и абразивным воздействием на окклюзионные поверхности жевательных зубов, привели к созданию более жестких и твердых стоматологических материалов.

Определенный теоретический и практический интерес для характеристики прочности жестких высокомодульных реставрационных материалов, таких как керамические, высоконаполненные композиты, гибридные материалы (пропитанная полимером керамика), представляет показатель прочности при диаметральном разрыве. Для определения этого показателя образец материала в виде шайбы сжимают в направлении диаметра, при этом свободная цилиндрическая поверхность испытывает растягивающие напряжения, и образец разрушается по диаметру (рис. 1). Особенно интересен этот вид испытания для материалов гибридной природы, применяемых по технологии CAD/CAM непосредственно на приеме у кресла пациента. Полученный результат испытания позволяет судить

о прочности соединения разнородных фаз в структуре гибридных материалов, прочности на растяжение соединения органической, полимерной, и неорганической, керамической, фазы.

Цель настоящей работы – сравнительное изучение основных прочностных показателей: прочности при диаметральном разрыве и при трехточечном изгибе нового стоматологического материала для технологии chairside из гибридной керамики с его традиционными аналогами из керамики и из композитов.

Материал и методы

В работе изучены материалы: блоки из гибридной керамики VITA Enamic (VITA Zahnfabrik, Германия); два материала из группы керамических блоков: блоки из полевошпатной керамики Mark II (VITA Zahnfabrik, Германия) и блоки из лейцитной стеклокерамики IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн), а также два композитных материала: 3M Filtek Ultimate (3M ESPE, США – Германия) и Esthet-X (Dentsply, США).

Блоки VITA Enamic (VITA Zahnfabrik, Германия), выпущенные в конце 2013 г., – первый гибридный керамический материал. На 86% он состоит из полевошпатной керамики, доля полимерного компонента в нем – 14%. При этом структура данного материала представляет собой взаимопроникающие керамическую и полимерную решетки [6, 7]. Блоки выпускаются в двух размерах: EM-14 (12 × 14 × 18 мм) и EM-10 (8 × 10 × 15 мм), в пяти цветах по расцветке VITA SYSTEM 3D-MASTER с высокой транслюцентностью (HT) и в пяти цветах с умеренной транслюцентностью (Т). Реставрации, изготовленные из блоков Enamic, рекомендовано полировать специальными полирами из набора VITA ENAMIC Polishing Set.

Блоки из полевошпатной керамики Mark II (VITA Zahnfabrik, Германия) имеют высокий положительный отдаленный результат вот уже более 20 лет. Существует несколько вариантов размеров блоков: I8 (8 × 8 × 15 мм), I10 (8 × 10 × 15 мм), I12 (10 × 12 × 15 мм), I14 (12 × 14 × 18 мм). Материал выпускается в 10 цветах по расцветке VITA SYSTEM 3D-MASTER и в 10 цветах по расцветке VITA classical.

Блоки из лейцитной стеклокерамики IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн) представляет собой равномерно распределенные стеклянную и кристаллическую фазы. Данные блоки изготавливаются с тремя вариантами прозрачности (HT – высокая, LT – низкая или ML – мультиблок), в 9 цветах по расцветке VITA classical, в 3 цветах по Chromoscor, в 4 цветах по Bleach BL. Имеется 6 вариантов размеров блоков.

Композитный материал 3M Filtek Ultimate (3M ESPE, США – Германия) – композит, предназначенный для реставрации зубов передней и боковой группы. Основу неорганической фазы (наполнителя композита) составляет комбинация из частиц оксида кремния размером 20 нм и частиц циркония размером 4–11 нм, органическая фаза содержит метакриловые мономеры. Доля неорганического наполнителя составляет около 72,5% массы (55,6% объема) для

прозрачных оттенков и 78,5% массы (63,3% объема) для всех остальных оттенков. Композит выпускается в универсальных («body») и прозрачных оттенках, а также в оттенках эмали и дентина. У оттенков дентина, эмали и универсальных оттенков средний размер частиц кластера составляет 0,6–10 мкм, у прозрачных оттенков – 0,6–20 мкм. 3M Filtek Ultimate выпускается в виде 3 дентиновых оттенков, 3 универсальных оттенков «body», 4 эмалевых и 2 прозрачных.

Композитный материал Esthet-X (Dentsply, США) – композит светового отверждения для реставрации передней и боковой групп зубов. Цветовая палитра материала включает в себя 5 прозрачных оттенков эмали, 7 опакующих оттенка дентина и 18 универсальных оттенков.

Для определения прочности при диаметральном разрыве использовали в соответствии с ГОСТ 31574-2012 метод испытания, сущность которого состоит в приложении сжимающей нагрузки в диаметральном направлении к образцу в форме таблетки. При этом напряжение сжатия вызывает растягивающие усилия материала в плоскости, перпендикулярной приложению нагрузки (см. рис. 1). При помощи диаметрального сжатия методом сжимающей нагрузки исследуют физико-механические свойства материалов, имеющих ограниченную пластическую деформацию.

Испытания на изгиб при трехточечной нагрузке проводили по методике ГОСТ 31574-2012.

Определение прочности при диаметральном разрыве и при трехточечном изгибе выполняли на испытательной машине Zwick/Roell Z010 (Ульм, Германия) в лаборатории разработки и физико-химических испытаний стоматологических материалов ФГБУ ЦНИИС и ЧЛХ МЗ РФ.

Все образцы материалов, использованные в исследовании, имели цвет А2 (2M2). Образцы из материалов VITA Enamic, Mark II, IPS Empress CAD были изготовлены ручным способом при помощи зуботехнических фрез и сепарационных дисков, под контролем штангенциркуля, размерами $(6\pm 0,5) \times (3\pm 0,5)$ мм по типу «шайба» – для исследования диаметрального сжатия и $(25\pm 2) \times (2\pm 0,1) \times (2\pm 0,1)$ по типу «балочка» – для исследования на изгиб.

Образцы из композитных материалов 3M Filtek Ultimate и Esthet-X изготавливали в специальных металлических формах. После заполнения формы, убедившись в отсутствии раковин и пор, сверху помещали лавсановую пленку, плотно прижимали стеклянной пластиной и проводили фотополимеризацию в течение 2 мин. Затем пластины с пленками удаляли и шлифовывали плоские поверхности образцов, убирая облой. Из каждого материала из-

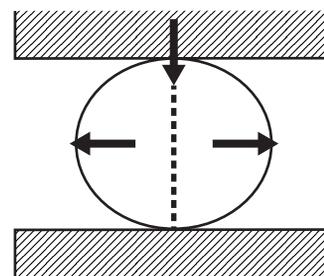


Рис. 1. Схема напряжений в образце при испытании методом диаметрального разрыва.

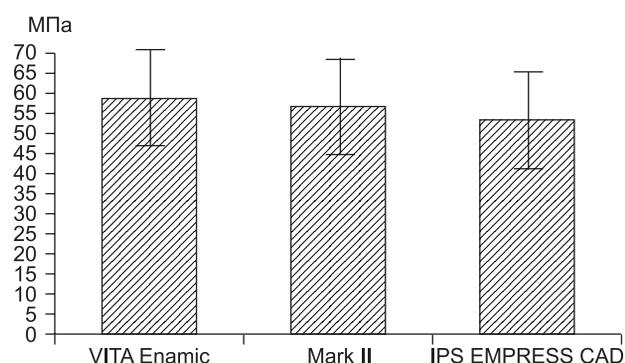


Рис. 2. Показатели прочности при диаметральном разрыве образцов из керамики и из гибридной керамики, МПа.

готовлено по 6 образцов в виде «шайб» и по 6 образцов в виде «спичек».

Все образцы перед испытанием были погружены в дистиллированную воду на 24 ч при температуре 37 °С. Непосредственно перед испытанием образцы извлекали из дистиллированной воды, обсушивали фильтровальной бумагой, измеряли диаметр и толщину каждого.

При тестировании на диаметральный разрыв образец подвергался сжимающему усилию до полного разрушения при скорости движения траверсы испытательной машины 10 мм/мин. С помощью программного обеспечения определяли нагрузку при разрушении каждого образца материала, а также рассчитывали его прочность. Прочность при диаметральном разрыве T_p (МПа) рассчитывали по формуле: $T_p = 2P/\pi DL$, где P – нагрузка при разрушении (Н); D – диаметр образца (мм); L – толщина образца (мм).

Испытания на изгиб проводили при скорости движения траверсы испытательной машины 5 мм/мин. Расчет прочности на изгиб $\sigma_{из}$ проводили по формуле: $\sigma_{из} = 3FL/2bh^2$, где F – нагрузка при разрушении образца (Н); L – расстояние между опорами, равное

Таблица 1. Прочность при диаметральном разрыве трех групп материалов ($M\pm m$)

Показатель	Гибридная керамика		Керамика		Композиты	
	VITA Enamic	Mark II	IPS Empress CAD	Filtek Ultimate	Esthet-X	
Прочность при диаметральном разрыве, МПа	58,6±15,87	56,6±12,43	53,2±12,21	57,9±8,68	52,8±3,13	
Деформация при разрушении, %	0,49±0,04	0,19±0,02	2,60±0,54	6,29±1,05	5,65±0,59	

Таблица 2. Прочность при трехточечном изгибе образцов трех групп материалов, МПа ($M \pm m$)

Показатель	Гибридная керамика	Керамика		Композит	
	VITA Enamic	Mark II	IPS Empress CAD	Filtek Ultimate	Esthet-X
Предел прочности при изгибе, МПа	145,9±13,6	114,3±8,8	128,4±11,7	91,8±28,8	96,4±26,6
Модуль упругости E, ГПа	29,9±3,2	61,0±0,9	56,4±6,9	9,7±0,9	8,3±0,6

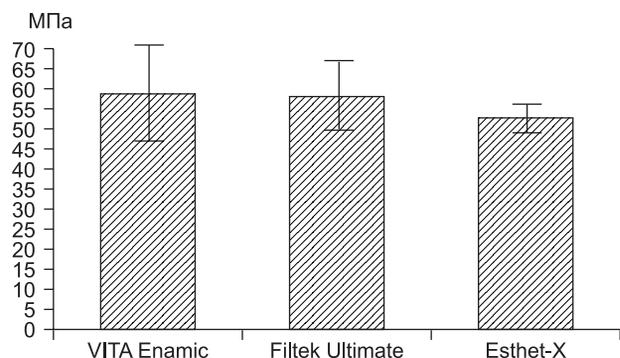


Рис. 3. Показатели прочности при диаметральном разрыве образцов из композитов и из гибридной керамики.

20±0,01 мм; b – ширина образца, измеренная непосредственно перед началом испытания, мм; h – высота образца, измеренная непосредственно перед началом испытания, мм.

Для каждого типа материалов вычисляли среднее арифметическое значение с точностью до 0,1 МПа.

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования прочности при диаметральном разрыве трех групп стоматологических материалов для CAD/CAM-технологии chairside показали, что все исследованные образцы соответствуют требованиям, предъявляемым к восстановительным материалам. В соответствии с техническими требованиями к восстановительному материалу (ГОСТ 31574-2012) прочность при диаметральном разрыве должна составлять не менее 34 МПа. Образцы всех изученных материалов трех групп с большим запасом соответствовали требованиям стандарта (табл. 1).

Для сравнительной оценки гибридного материала

VITA Enamic с керамическими и композитными аналогами мы провели четыре серии сопоставлений для каждой группы материалов и для каждого вида исследований.

В сравнении с керамическими материалами образцы из VITA Enamic продемонстрировали лучшие показатели прочности при диаметральном разрыве. Наименьшие показатели прочности и нагрузки при диаметральном разрыве были отмечены у образцов из керамики IPS Empress CAD (рис. 2).

В сравнении с образцами из композитных материалов образцы VITA Enamic показали максимальные результаты прочности при диаметральном разрыве (рис. 3). Наименьшие значения этого показателя прочности отмечены у композитного материала Esthet-X.

В табл. 2 представлены результаты испытания прочности образцов трех групп стоматологических материалов при трехточечном изгибе.

Сравнение показателей прочности при изгибе образцов VITA Enamic и образцов из керамики и композитов (рис. 4) позволило выявить преимущество гибридной керамики над представителями обеих сравниваемых групп: в большей степени над композитами, в меньшей – над керамическими образцами.

Сравнение показателей пределов прочности на изгиб керамических образцов и образцов из гибридной керамики свидетельствует о преимуществе материала VITA Enamic на 27% в сравнении с Mark II и на 14% в сравнении с IPS Empress CAD. Этот факт можно объяснить особенностью двойственной структуры материала VITA Enamic. Наличие полимерного и керамического взаимопроникающих каркасов в VITA Enamic, с одной стороны, снижает значение модуля упругости, но, с другой стороны, повышает предел прочности при изгибе. Меньшая в сравнении с ке-

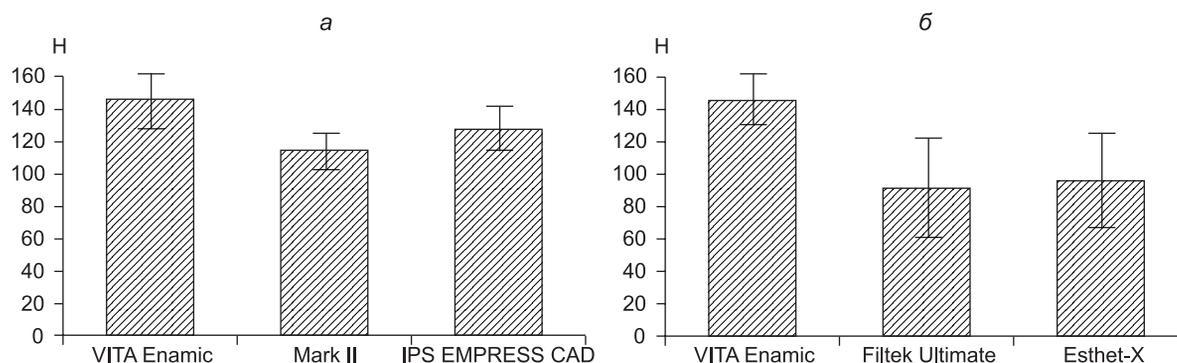


Рис. 4. Показатели предела прочности при изгибе образцов из керамики и из гибридной керамики (а), из композита и из гибридной керамики (б).

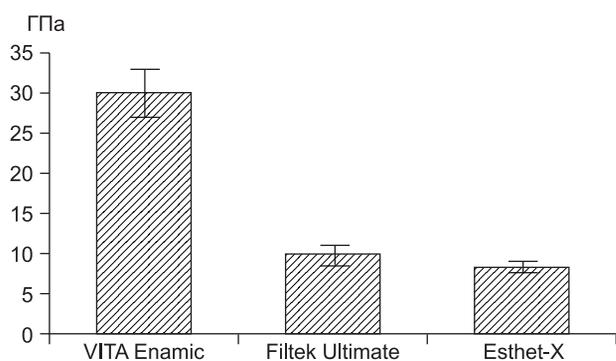


Рис 5. Показатели значений модуля упругости образцов из композитов и из гибридной керамики, ГПа.

рамикой хрупкость материала VITA Enamic снижает риск возникновения краевых дефектов в тонких пришеечных зонах зубных коронок.

Нами установлено многократное (более чем в 3 раза) превышение значения модуля упругости у образца гибридной керамики в сравнении с композитными (рис. 5).

Малое значение модуля упругости изученных композитных материалов свидетельствует о возможной упругой деформации тонких стенок композитных зубных коронок, особенно в группе моляров. Это может приводить к расцементировке таких коронок. Значительно выше показатель модуля упругости у образцов гибридной керамики ($29,9 \pm 3,2$ ГПа). Это позволяет предположить многократное снижение риска расцементировки тонкостенных коронок и дает возможность, в сравнении с композитами, расширить показания к изготовлению коронок из VITA Enamic не только для групп передних зубов (эстетические коронки), но и для боковых зубов, испытывающих большие знакопеременные функциональные нагрузки.

Выводы

1. В сравнении с образцами из стоматологических композитов (Filtek Ultimate и Esthet-X) образцы из гибридного материала VITA Enamic в 3 раза и более превышают значения их модуля упругости; на 59 и 51% превышают значение предела прочности при трехточечном изгибе и незначительно превосходят значение прочности при диаметральном разрыве.

2. Показатели образцов из гибридной керамики VITA Enamic незначительно превосходят по прочности при диаметральном разрыве и при трехточечном изгибе и вдвое уступают по модулю упругости прочности керамических образцов (Mark II и IPS Empress CAD).

3. Полученные значения основных прочностных показателей образцов гибридной керамики VITA Enamic свидетельствуют о том, что этот материал можно применять для изготовления зубных коронок, включая моляры.

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Klim J. Chairside CAD/CAM aesthetic restorations. *Australas. Dent. Pract.* 2009; 5: 146–56.
2. Fasbinder D.J. Chairside CAD/CAM An overview of restorative material options. *Compend. Contin. Educ. Dent.* 2012; 33 (1): 52–8.
3. Мельник А.С., Горяинова К.Э., Лебедеко И.Ю. Обзор современных материалов для изготовления керамических коронок у кресла пациента методом компьютерного фрезерования. *Рос. стоматол. журн.* 2014; (6): 24–8.
4. Gerwin A. CAD/CAM: is a variety of materials a blessing or a curse. *Dent. Vision.* 2014; 1: 4–6.
5. McLaren Ed., Puri S. CEREC materials overview. Different selections for milling restorations. *CERECdoctors.* 2013; 1: 52–5.
6. Coldea A., Swain M.V., Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent. Mater.* 2013; 29: 419–26.
7. Swain M.V., Coldea A., Bilkhair A., Guess P.C. Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. *Dent. Mater.* 2016; 32 (1): 34–42.

REFERENCES

1. Klim J. Chairside CAD/CAM aesthetic restorations. *Australas. Dent. Pract.* 2009; 5: 146–56.
2. Fasbinder D.J. Chairside CAD/CAM An overview of restorative material options. *Compend. Contin. Educ. Dent.* 2012; 33 (1): 52–8.
3. Mel'nik A.S., Goryainova K.E., Lebedenko I.Yu. Review of modern materials for the manufacture of ceramic crowns have a seat using computer technology. *Ros. stomatol. zhurn.* 2014; (6): 24–8. (in Russian)
4. Gerwin A. CAD/CAM: is a variety of materials a blessing or a curse. *Dent. Vision.* 2014; 1: 4–6.
5. McLaren Ed., Puri S. CEREC materials overview. Different selections for milling restorations. *CERECdoctors.* 2013; 1: 52–5.
6. Coldea A., Swain M.V., Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent. Mater.* 2013; 29: 419–26.
7. Swain M.V., Coldea A., Bilkhair A., Guess P.C. Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. *Dent. Mater.* 2016; 32 (1): 34–42.

Поступила 26.03.16

Принята в печать 04.04.16