

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-4-192-196

УДК 616.31

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ CAD/CAM-КОМПОЗИТНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОНОК

Вахобов А. С., Вафин С. М.

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия

Аннотация

Настоящее исследование посвящено сравнительному анализу микротвердости трех композитных CAD/CAM-блоков, широко применяемых в современной ортопедической стоматологии для изготовления постоянных коронок. В качестве объектов исследования были выбраны российский материал Nolatek, а также два зарубежных аналога — Tetric CAD и композитный блок производства компании 3M ESPE. Актуальность работы обусловлена необходимостью объективной и доказательной оценки механических характеристик композитных материалов, используемых в условиях цифрового протезирования и современных реставрационных технологий. Показатель микротвердости рассматривается как один из наиболее информативных параметров, отражающих устойчивость материала к локальным механическим нагрузкам, поверхностной деформации, абразивному износу и повреждениям в процессе клинической эксплуатации. Определение микротвердости проводилось методом Виккерса на предварительно стандартизованных образцах, что обеспечило высокую воспроизводимость полученных данных и корректность межгруппового статистического сравнения. В ходе исследования установлено, что все анализируемые материалы демонстрируют сходный диапазон значений микротвердости, однако Tetric CAD характеризуется умеренно более высокими показателями. Российский композит Nolatek показал микротвердость, сопоставимую с зарубежными образцами, что свидетельствует о его высоком технологическом уровне и клинической конкурентоспособности. Полученные результаты подтверждают, что исследованные CAD/CAM-блоки обладают достаточной устойчивостью к механическим воздействиям и могут быть рекомендованы для использования в цифровых ортопедических протоколах. Однако следует учитывать, что помимо микротвердости на успех ортопедического лечения существенное влияние оказывают и другие физико-механические параметры материалов, включая прочность на изгиб, модуль упругости и другие параметры при длительной функциональной нагрузке. Комплексная оценка совокупности этих характеристик позволяет более объективно прогнозировать клиническое поведение реставраций, оптимизировать выбор материала и повысить долговечность ортопедических конструкций в практике цифровой стоматологии, а также обосновывает необходимость проведения дальнейших экспериментальных и клинических исследований, направленных на углубленное изучение композитных CAD/CAM материалов.

Ключевые слова: CAD/CAM-материалы, композитные коронки, микротвердость, сравнительное исследование, стоматологические материалы, российский композит, метод Виккерса

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

Акмаджон Саломович ВАХОБОВ ORCID ID 0009-0002-8711-6825

аспирант, кафедра ортопедической стоматологии, Медицинский институт Российской университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия

johnny.vakhobov@mail.ru

Станислав Мансурович ВАФИН ORCID ID 0000-0001-9495-7038

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии, Медицинский институт Российской университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия

stanislav_yafin@mail.ru

Адрес для переписки: Акмаджон Саломович ВАХОБОВ

117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 10к2

+7 (929) 609-40-44

johnny.vakhobov@mail.ru

Образец цитирования:

Вахобов А. С., Вафин С. М.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ CAD/CAM-КОМПОЗИТНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОНОК. Проблемы стоматологии. 2025; 4: 192-196.

© Вахобов А. С. и др., 2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-4-192-196

Поступила 05.12.2025. Принята к печати 15.01.2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-4-192-196

COMPARATIVE STUDY OF THE MICROHARDNESS OF RUSSIAN AND FOREIGN CAD/CAM COMPOSITE BLOCKS FOR THE MANUFACTURE OF CROWNS

Vakhobov A.S., Vafin S.M.

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

Abstract

This study provides a comparative analysis of the microhardness of three composite CAD/CAM blocks widely used in modern orthopaedic dentistry for the fabrication of permanent crowns. The Russian material Nolatek, along with two foreign analogues — Tetric CAD and a composite block manufactured by 3M ESPE — were selected as the objects of study. The relevance of this study stems from the need for an objective and evidence-based assessment of the mechanical properties of composite materials used in digital prosthetics and modern restorative technologies. Microhardness is considered one of the most informative parameters reflecting a material's resistance to localized mechanical loads, surface deformation, abrasive wear, and damage during clinical use. Microhardness was determined using the Vickers method on pre-standardized samples, ensuring high reproducibility of the obtained data and the validity of intergroup statistical comparisons. The study found that all analyzed materials exhibit a similar range of microhardness values, although Tetric CAD is characterized by moderately higher values. The Russian Nolatek composite demonstrated microhardness comparable to foreign models, demonstrating its high technological level and clinical competitiveness. The obtained results confirm that the studied CAD/CAM blocks possess sufficient resistance to mechanical stress and can be recommended for use in digital orthopaedic protocols. However, it should be noted that, in addition to microhardness, other physical and mechanical parameters of materials, including flexural strength, elastic modulus, and other parameters under long-term functional loading, significantly influence the success of orthopaedic treatment. A comprehensive assessment of these characteristics allows for a more objective prediction of the clinical performance of restorations, optimizes material selection, and increases the durability of orthopaedic structures in digital dentistry. This also substantiates the need for further experimental and clinical studies aimed at an in-depth study of composite CAD/CAM materials.

Keywords: *CAD/CAM materials, composite crowns, microhardness, comparative study, dental materials, Russian composite, Vickers method*

The authors declare no conflict of interest

Akmaldzhon S. VAKHOBOV ORCID ID 0009-0002-8711-6825

*Postgraduate student, Department of Orthopaedic Dentistry, Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia
johnny.vakhobov@mail.ru*

Stanislav M. VAFIN ORCID ID 0000-0001-9495-7038

*PhD in Medical Sciences, Associate Professor, Department of Orthopaedic Dentistry, Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia
stanislav_vafin@mail.ru*

Correspondence address: Akmaldzhon S. VAKHOBOV

*10k2 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russia
+7 (929) 609-40-44
johnny.vakhobov@mail.ru*

For citation:

Vakhobov A.S., Vafin S.M.

COMPARATIVE STUDY OF THE MICROHARDNESS OF RUSSIAN AND FOREIGN CAD/CAM COMPOSITE BLOCKS FOR THE MANUFACTURE OF CROWNS. Actual problems in dentistry. 2025; 43: 192-196. (In Russ.)

© Vakhobov A.S. et al., 2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-4-192-196

Received 05.12.2025. Accepted 15.01.2026

Введение

Стремительное развитие цифровых технологий в стоматологии в последние годы существенно изменило подход к протезированию и реставрации зубов. Одним из ключевых направлений стала система CAD/CAM, обеспечивающая высокую точность изготовления конструкций и возможность их производства в максимально короткие сроки. Особый интерес представляют технологии типа *chairside*, которые позволяют врачу создавать постоянные реставрации непосредственно у кресла пациента без участия зуботехнической лаборатории. Такой формат работы повышает эффективность лечения, улучшает взаимодействие с пациентом и обеспечивает предсказуемое качество готовой конструкции. С точки зрения стоматологического материаловедения, все большее значение приобретают композитные блоки для CAD/CAM-технологий, объединяющие высокие эстетические показатели с удовлетворительными механическими характеристиками и более щадящей обработкой по сравнению с керамикой. Наиболее известными зарубежными материалами являются 3M (3M ESPE, США), Tetric CAD (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн), Brilliant Crios (Coltene, Швейцария), Cerasmart (GC, Япония) и др. В последние годы на российском рынке появились отечественные аналоги, что создает предпосылки для их сравнительной оценки и анализа эксплуатационных свойств. На практике выбор CAD/CAM-материала для *chairside*-реставраций чаще всего основывается на информации, предоставленной производителем. Однако, несмотря на различия в химическом составе и степени наполнения, рекомендации по применению нередко совпадают, что затрудняет объективную оценку и выбор оптимального материала для конкретной клинической ситуации. Поскольку реставрации, изготавливаемые у кресла пациента, подвергаются постоянным жевательным нагрузкам, решающую роль при выборе материала играют его механические свойства, определяющие долговечность и устойчивость к износу. Одним из ключевых показателей, позволяющих оценить поведение материала при воздействии локальных нагрузок, является микротвердость. Этот параметр характеризует сопротивляемость композита пластической деформации и разрушению на уровне структуры, а также отражает качество взаимодействия между органической матрицей и неорганической фазой наполнителя. Измерение микротвердости позволяет не только судить о прочностных характеристиках поверхностного слоя, но и прогнозировать износостойкость и клиническую надежность CAD/CAM- реставраций. В связи с этим представляет интерес сравнительное исследование микротвердости композитных блоков отечественного и зарубежного производства, применяемых для изготовления коронок по технологиям *chairside*.

Цель настоящего исследования — провести сравнительное изучение микротвердости нового отечественного композитного материала и его зарубежных аналогов, используемых в CAD/CAM-системах для клинического изготовления коронок

Материалы и методы

Испытание микротвердости является одним из ключевых методов оценки механических свойств стоматологических материалов. В целом различают три основных подхода к определению микротвердости: испытание по методу отпечатка, динамическое испытание и метод «царапины». Среди них наиболее распространенным и практически применимым считается метод отпечатка, основанный на создании остаточной деформации на поверхности материала с помощью индентора, твердость которого близка к твердости алмаза. Принцип метода заключается в измерении параметров отпечатка, полученного после приложения известной нагрузки к поверхности исследуемого образца. Величина микротвердости вычисляется в зависимости от приложенной силы и размеров полученной деформации. Данный подход реализован в таких стандартизованных методиках, как Виккерса, Кнутса, Роквелла и Бринелля. В частности, при испытании по Виккерсу (рис. 5) используется четырехгранный алмазный индентор в форме пирамиды с углом 135° между противоположными гранями, что обеспечивает высокую точность и воспроизводимость результатов. В рамках настоящего исследования испытание микротвердости проводилось на микротвердомере Duramin-20 (Struers, Дания) (рис. 1) в соответствии с требованиями ГОСТ 9450-76.

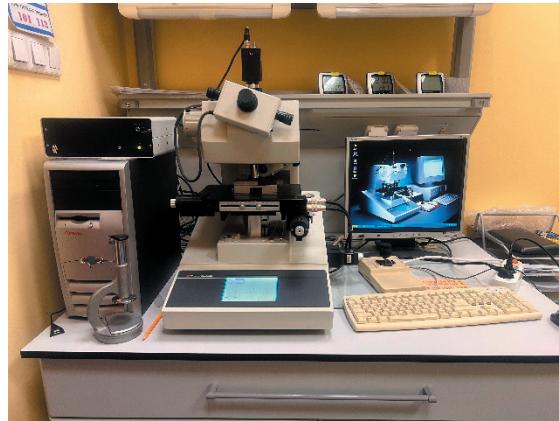


Рис. 1. Микротвердомер Duramin-20 (Struers, Дания)
Fig. 1. Duramin-20 microhardness tester (Struers, Denmark)

Измерения выполнялись в лаборатории разработки и физико-химических испытаний стоматологических материалов ФГБУ ЦНИИС и ЧЛХ Минздрава России. Для анализа были использованы композитные CAD/CAM-коронки трех типов: российский материал Nolatek, а также зарубежные аналоги — Tetric CAD (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн) и 3M ESPE (США). Испытания позволили оценить и сопоставить микротвердость данных материалов, что имеет практическое значение при выборе композитов для *chairside*-реставраций и индивидуального подбора CAD/CAM-блоков по механическим характеристикам.

Образцы всех материалов были изготовлены с помощью CAD/CAM технологии и ручным способом,

при помощи зуботехнических фрез и сепарационных дисков, под контролем штангенциркуля, размерами $(25 \pm 2) \times (5 \pm 0,1) \times (2 \pm 0,1)$ мм по типу «балочка» (рис. 2).

Испытание на микротвердость вдавливанием заключалось в нанесении на испытуемую поверхность образца отпечатка четырехгранной пирамидой под действием статической нагрузки в 50 граммов, приложенной к алмазному наконечнику в течение 10 секунд (рис. 3).

После удаления нагрузки производилось измерение параметров полученного отпечатка. Для измерения отпечатка индентора использовался встроенный микроскоп. Общее увеличение для измерительного микроскопа, встроенного в Duramin-20, составляет 400 \times и предназначено для высокоточных измерений ровных маленьких отпечатков. Для проведения измерения отпечатка на мониторе компьютера подводили 2 измерительные линии таким образом, чтобы они коснулись краев отпечатка индентора (рис. 4).

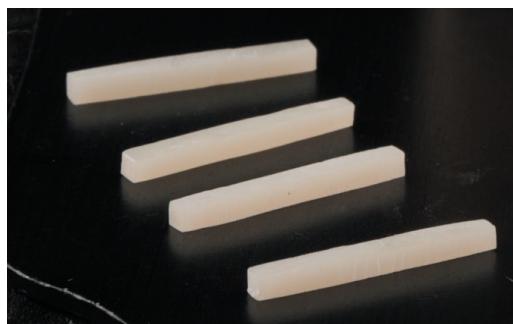


Рис. 2. Вид образцов из материала Nolatek для исследования микротвердости

Fig. 2. View of samples made of Nolatek material for microhardness testing



Рис. 3. Проведение исследования микротвердости

Fig. 3. Conducting microhardness testing

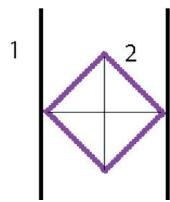


Рис. 4. Измерение отпечатка:
1 — измерительные линии, 2 — отпечаток индентора

Fig. 4. Impression measurement:
1 — measuring lines, 2 — indenter impression

После измерения размера отпечатка в автоматическом режиме рассчитывается значение микротвердости образца. Параметры микротвердости определяют делением приложенной к алмазному наконечнику нормальной нагрузки на условную площадь боковой поверхности полученного отпечатка. Микротвердость по Виккерсу, учитывая нагрузку, приложенную на испытуемый образец, время приложения нагрузки, форму поверхности испытуемого образца и среднюю длину диагонали полученного отпечатка, рассчитывается по формуле: где HV — микротвердость по Виккерсу, F — нагрузка на испытуемый образец (Н), d — средняя длина диагонали отпечатка индентора (мм). (3) Микротвердость определяли в 3 участках 10 образцов из каждого материала. Учитывали среднее арифметическое значение.

$$HV = 0,1891 \frac{F}{d^2}$$

где HV — микротвердость по Виккерсу,

F — нагрузка на испытуемый образец (Н),

d — средняя длина диагонали отпечатка индентора (мм).

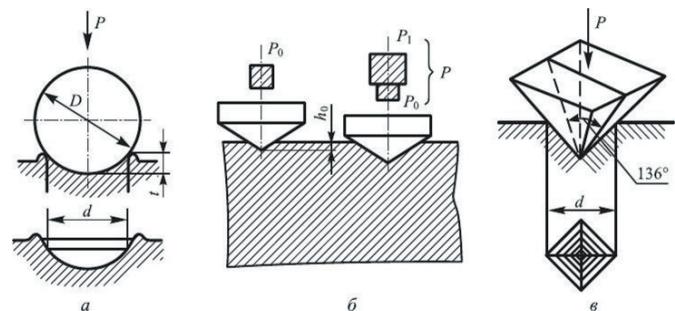


Рис. 5. Схема исследования микротвердости коронок методом Виккерса

Fig. 5. Diagram of microhardness testing of crowns using the Vickers method

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных испытаний на микротвердость вдавливанием отпечатка четырехгранной пирамидой на аппарате Duramin-20 (Struers, Дания) под действием статической нагрузки в 50 грамм, приложенной к алмазному наконечнику в течение 10 секунд (рис. 6).

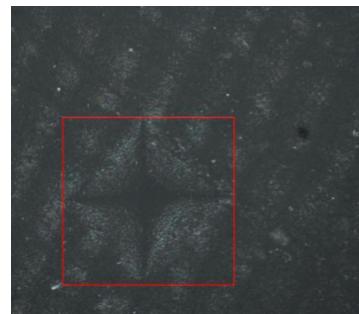


Рис. 6. Характер полученного отпечатка четырехгранной пирамиды на поверхности образца (масштаб 1:400) материала из Nolatek

Fig. 6. Characteristic of the imprint of a four-sided pyramid on the surface of a sample (scale 1:400) of material from Nolatek

Учитывая нагрузку на испытываемый образец и среднюю длину диагонали полученного отпечатка была рассчитана микротвердость по Виккерсу стоматологических CAD/CAM материалов (табл. 1).

Составлена диаграмма результатов исследования микротвердости исследуемых материалов (рис. 7).

Таблица 1

Исследование микротвердости CAD/CAM материалов, М±м
Table 1. Microhardness testing of CAD/CAM materials, M±m

Показатели	Nolatek	3M ESPE	Tetric CAD
Микротвердость по Виккерсу HV	25,2 ±3,17	24,1 ±3,53	27,2 ±4,05

Выводы

По данным проведенных измерений микротвердости по Виккерсу установлено, что среди исследованных композитных коронок наибольшие значения микротвердости продемонстрировали образцы Tetric CAD ($27,2 \pm 4,05$ HV). Несколько меньшие показатели отмечены у материала Nolatek ($25,2 \pm 3,17$ HV). Наименьшую микротвердость среди изученных материалов показали коронки 3M ESPE



Рис. 7. Диаграмма исследования микротвердости CAD/CAM материалов из композита

Fig. 7. Microhardness test diagram for CAD/CAM composite materials

($24,1 \pm 3,53$ HV). Таким образом, можно отметить, что все исследованные композитные материалы характеризуются сравнительно близкими по величине значениями микротвердости, однако Tetric CAD демонстрирует относительно более высокие эксплуатационные свойства в сравнении с образцами Nolatek и 3M ESPE.

Литература/References

1. Grzebieluch W., Mikulewicz M., Kaczmarek U. Resin Composite Materials for Chairside CAD/CAM Restorations: A Comparison of Selected Mechanical Properties. Journal of Healthcare Engineering. 2021;2021:8828954. <https://doi.org/10.1155/2021/8828954>
2. Goujat A., Abouelleil H., Colon P., Jeannin C., Pradelle N., Seux D. et al. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. Journal of Prosthetic Dentistry. 2018;119(3):384–389. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.03.001>
3. Fouquet V., Lachard F., Abdel-Gawad S., Dursun E., Attal J.-P., François P. Shear Bond Strength of a Direct Resin Composite to CAD-CAM Composite Blocks: Relative Contribution of Micromechanical and Chemical Block Surface Treatment. Materials. 2022;15(14):5018. <https://doi.org/10.3390/ma15145018>
4. El-Askary F., Hassanein A., Aboalazm E., Al-Haj Husain N., Özcan M. A Comparison of Microtensile Bond Strength, Film Thickness, and Microhardness of Photo-Polymerized Luting Composites. Materials. 2022;15(9):3050. <https://doi.org/10.3390/ma150930>
5. Maximov J., Dikova T., Duncheva G., Georgiev G. Influence of Factors in the Photopolymerization Process on Dental Composites Microhardness. Materials. 2022;15(18):6459. <https://doi.org/10.3390/ma15186459>
6. Munusamy S. M., Helen-Ng L. C., Farook M. S. Degradation effects of dietary solvents on microhardness and inorganic elements of computer-aided design/computer-aided manufacturing dental composites. BMC Oral Health. 2024;24(1):162. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03905-7>
7. Вальта В. М., Герасимов А. М., Шашкова Н. М. Обзор материалов для зубных коронок, изготовленных CAD/CAM методом у кресла пациента. В: ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России. Молодежь и медицинская наука. Материалы VII Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием; Тверь: 05 декабря 2019 года. Тверь: Редакционно-издательский центр Тверского государственного медицинского университета; 2020. С. 96–100. [Valta V. M., Gerasimov A. M., Shashkova N. M. Review of materials for dental crowns manufactured chairside using the CAD/CAM method. In: Tver State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. Youth and medical science. Proceedings of the VII All-Russian Interuniversity Scientific and Practical Conference of Young Scientists with international participation; Tver; December 05, 2019. Tver: Editorial and Publishing Center of Tver State Medical University; 2020. pp. 96–100. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/tgwqpj?ysclid=mj6uy6hol81831987944>
8. Вокулова Ю. А., Жулев Е. Н., Николаева Е. Ю., Вельмакина И. В., Янова Н. А., Брагина О. М. Сравнительная характеристика свойств полимерных материалов, применяемых для изготовления временных зубных протезов. Аспирантский вестник Поволжья. 2025;25(1):58–62. [Vokulova Y.A., Zhulev E.N., Nikolaeva E. Y., Velmakina I. V., Yanova N. A., Plishkina A. A. Comparative characteristics of the properties of polymer materials used for the manufacture of removable denture bases. Aspirantskiy Vestnik Povolzhya. 2025;25(1):58–62. (In Russ.).] <https://doi.org/10.35693/AVP655547>