



СТОМАТОЛОГИЯ STOMATOLOGY

УДК 616.314-74

DOI 10.52575/2687-0940-2025-48-2-194-203

EDN JJVASR

Оригинальное исследование

Сравнительная характеристика свойств полимерных материалов, применяемых для изготовления временных зубных протезов

Вокулова Ю.А. ¹ , Жулев Е.Н. ² , Николаева Е.Ю. ² ,
Вельмакина И.В. ² , Янова Н.А. ¹ , Брагина О.М. ¹

¹) Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского,

Россия, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23;

²) Приволжский исследовательский медицинский университет,
Россия, 603005, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1

E-mail: vokulova.yulya@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – провести сравнительную характеристику свойств полимерных материалов, применяемых для изготовления временных несъемных зубных протезов традиционным и цифровым методом. Для проведения исследования изготовили экспериментальные образцы из самотвердеющей пластмассы на основе полиметилметакрилата Re-Fine Bright, бисакрилового композитного материала Protemp 4, композитных блоков для CAD/CAM систем Vita CAD-Temp и фотополимерной смолы для 3D-принтера NextDent C&B MFH. Исследование проводили в соответствии с ГОСТом 56924-2016. Мы пришли к выводу, что группы исследуемых материалов неразличимы по признаку «Растворимость» и различимы по признаку «Водопоглощение» ($p < 0,01$). Статистических различий по критерию «Водопоглощение» между материалом Vita CAD-Temp, пластмассой Re-Fine Bright и материалом Protemp 4 выявлено не было. Показатели водопоглощения для Protemp 4 оказались существенно ниже в сравнении с пластмассой ReFine Bright. Наибольшим значением водопоглощения обладали образцы, изготовленные из фотополимерной смолы NextDent C&B MFH.

Ключевые слова: водопоглощение, растворимость, временные несъемные зубные протезы, 3D-принтер, ReFine Bright, Protemp4, Vita CAD-Temp, Next Dent C&B MFH

Для цитирования: Вокулова Ю.А., Жулев Е.Н., Николаева Е.Ю., Вельмакина И.В., Янова Н.А., Брагина О.М. 2025. Сравнительная характеристика свойств полимерных материалов, применяемых для изготовления временных зубных протезов. *Актуальные проблемы медицины*, 48(2): 194–203. DOI: 10.52575/2687-0940-2025-48-2-194-203. EDN: JJVASR

Финансирование: работа выполнена без внешних источников финансирования.

Comparative Characteristics of the Properties of Polymer Materials Used for Manufacturing Temporary Dentures

Yuliya A. Vokulova ¹ , Evgenij N. Zhulev ² , Elena Yu. Nikolaeva ² ,
Irina V. Velmakina ² , Nina A. Yanova ¹ , Olga M. Bragina ¹

¹National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,
23 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod 603022, Russia;

²Privolzhsky Research Medical University,
10/1 Minin and Pozharsky Sq., Nizhny Novgorod 603005, Russia

E-mail: vokulova.yulya@yandex.ru

Abstract. The study was aimed at providing a comparative characterization of the properties of polymer materials used for manufacturing provisional fixed dentures applying traditional and digital methods. Water absorption and solubility of the materials were assessed. The experimental samples for the study were made of self-hardening cold-polymerized plastic based on polymethylmethacrylate Re-Fine Bright, a chemical-cured bisacrylic composite material Protemp 4, composite blocks made of acrylate polymer for Vita CAD-Temp CAD/CAM systems, and photopolymer resin for the NextDent C&B MFH 3D printer. The study was conducted in accordance with GOST 56924-2016 "Polymer reducing materials". Statistical analysis was performed using the Kraskel-Wallis and Mann-Whitney H-test. It was found that for the Re-Fine Bright material, the average water absorption was 14.94 ± 0.2748 micrograms/mm³, and solubility equaled 0.56 ± 0.1949 micrograms/mm³, for Protemp 4, the average water absorption was 9.259 ± 0.1719 micrograms/mm³, solubility was 0.46 ± 0.1673 micrograms/mm³, for Vita CAD-Temp, the average the value of water absorption equaled 9.649 ± 0.2305 micrograms/mm³, solubility was 0.36 ± 0.1517 micrograms/mm³, for NextDent C&B MFH, the average value of water absorption was 21.69 ± 0.1259 micrograms/mm³, solubility was 0.4 ± 0.2121 micrograms/mm³. The study allows us to conclude that the groups of materials studied are indistinguishable on the basis of the "Solubility" criterion and distinguishable on the basis of the "Water absorption" criterion with a significance level of $p < 0.01$. There were no statistical differences in the criterion of "Water absorption" between Vita CAD-Temp material, Re-Fine Bright plastic and Protemp 4 material. The water absorption rates for Protemp 4 were significantly lower compared to the ReFine Bright plastic (the median samples differ by 37,4 %, $p < 0,0083$). The samples made of photopolymer resin for the NextDent C&B MFH 3D printer had the highest water absorption value (the median of the sample was greater than the median of the groups "Protemp 4" by 61.1 %, that of "ReFine Bright" by 37.7 %, and that of "Vita CAD-Temp" by 51.8 %, $p < 0.0083$).

Keywords: water absorption, reconstruction, provisional fixed dentures, 3D printer, ReFine Bright, Protemp 4, Vita CAD-Temp, Next Dent C&B MFH

For citation: Vokulova J.A., Zhulev E.N., Nikolaeva E.Yu., Velmakina I.V., Yanova N.A., Bragina O.M. 2025. Comparative Characteristics of the Properties of Polymer Materials Used for Manufacturing Temporary Dentures. *Challenges in Modern Medicine*, 48(2): 194–203 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0940-2025-48-2-194-203. EDN: JJVASR

Funding: The work was carried out without external sources of funding.

Введение

На сегодняшний день наряду с традиционными методами изготовления временных зубных протезов (лабораторным с применением пластмассы холодной полимеризации и клинического способа с использованием силиконового ключа и композитного материала) [Лебеденко и др., 2022] широкое применение в клинической практике получили цифровые методы изготовления протезов с помощью 3D-принтеров и фрезерно-шлифовальных станков [Ряховский, 2010; Стоматов и др., 2020; Firlej et al., 2021; Alam et al., 2022; Marŧu et al., 2022; Ellakany et al., 2023; Sayed et al., 2024].

Важными характеристиками материалов для изготовления временных ортопедических конструкций являются водопоглощение и растворимость, которые обуславливают изменение



свойств материала при его контакте со слюной (твердость и сопротивление изгибу). Полимерная матрица способна к абсорбции воды, причем степень водопоглощения определяется качеством связи между полимером и наполнителем. При поглощении влаги постепенно происходит набухание материала, увеличение его объема, потеря механических и диэлектрических свойств вследствие разрушения межмолекулярных и химических связей [Васильева и др., 2022; Imirzaliogly et al., 2010; Labban et al., 2021; Jain et al., 2022; Pantea et al., 2022; Shishehian et al., 2023; Öztürk, Harorli, 2024; Imai et al., 2024].

В настоящее время научных публикаций, посвященных изучению водопоглощения и растворимости полимерных материалов, применяемых для изготовления временных несъемных зубных протезов традиционным и цифровым методом, недостаточно [Rayuan et al., 2015; Shin et al., 2020], что обуславливает необходимость дальнейших исследований в этом направлении.

Цель исследования – провести сравнительную характеристику свойств полимерных материалов (водопоглощение и растворимость), применяемых для изготовления временных несъемных зубных протезов традиционным и цифровым методом.

Объекты и методы исследования

Для проведения исследования изготовили экспериментальные образцы из самотвердеющей пластмассы холодной полимеризации на основе полиметилметакрилата Re-Fine Bright (Yamahachi Dental, Япония), бисакрилового композитного материала химического отверждения Protemp 4 (3M ESPE, США), композитных блоков из акрилатполимера для фрезерных станков CAD/CAM систем Vita CAD-Temp (VITA, Германия) и фотополимерной смолы для изготовления провизорных конструкций с помощью 3D-принтера NextDent C&B MFH (NextDent, Голландия) в количестве 5 экземпляров для каждого материала. Каждый образец имел диаметр 20 ± 1 мм и толщину $0,5 \pm 0,1$ мм с плоскими верхней и нижней торцевыми поверхностями.

Исследование проводили в соответствии с ГОСТом 56924-2016 «Материалы полимерные восстановительные» [ГОСТ 56924-2016, 2016]. Первым этапом помещали образцы пластмассы на 22 часа в специальный стеклянный сосуд с постоянной температурой 37 ± 2 °C и нулевой влажностью воздуха (эксикатор). Затем образцы помещали в другой эксикатор с температурой 23 ± 1 °C на 2 часа, после чего взвешивали их (точность взвешивания до 0,1 мг). Цикл медленного высушивания при комнатной температуре повторялся до тех пор, пока не была достигнута постоянная масса образцов материалов M_1 с уменьшением массы не более, чем на 0,1 мг за сутки. Затем дважды измеряли диаметры образцов под прямым углом друг к другу (точность измерений составляла 0,01 мм) и вычисляли средний диаметр каждого изучаемого образца пластмассы. После этого проводили измерение толщины опытных образцов материалов в центре и в четырех точках, равноудаленных от центра по окружности, и рассчитывали площадь, исходя из средних значений диаметра и толщины. Для оценки свойств образцов также рассчитывали их объем V , мм³.

На втором этапе погружали образцы в воду при температуре (37 ± 1) °C на 7 суток, располагая их вертикально и отделяя друг от друга на расстояние не менее 3 мм. Через 7 дней доставали образцы, промывали водой, промокали поверхности образцов от воды, чтобы поверхность была без видимой влаги, в течение 15 сек. встряхивали на воздухе и затем взвешивали через 1 мин. после удаления из воды. Обозначали эту массу как M_2 . После взвешивания проводили вторичное высушивание образцов в эксикаторе до постоянной массы и обозначали полученные данные M_3 .

Для каждого образца значение водопоглощения W_B (мкг/мм³) определяли по следующей формуле:

$$WB = \frac{M2 - M3}{V}$$

где M_2 – масса образца после нахождения в воде в течение 7 суток, мкг;

M_3 – постоянная масса образца после повторного высушивания, мкг;

V – объем образца, мм³.

Водопоглощение конструкционных материалов для стоматологии в соответствии ГОСТом не должно превышать 40 мкг/мм³ [ГОСТ 56924-2016, 2016].

Затем для каждого образца определяли массу растворимого вещества на единицу объема W_p , мкг/мм³ по формуле:

$$W_p = \frac{M_1 - M_3}{V}$$

где M_1 – постоянная масса перед погружением в воду, мкг.

Растворимость стоматологических восстановительных материалов по ГОСТу не должна превышать 7,5 мкг/мм³ [ГОСТ 56924-2016, 2016].

Полученные в ходе эксперимента данные заносили в таблицы и проводили статистический анализ в программной среде R с помощью критериев Н-критерия Краскела – Уоллиса и Манна – Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенного исследования по изучению водопоглощения и растворимости полимерных материалов, которые используются для изготовления временных несъемных зубных протезов аналоговым и цифровым методами, представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

Table 1

Описательные статистики распределения значений величин водопоглощения и растворимости полимерных материалов, применяемых для изготовления временных несъемных зубных протезов (n – количество образцов)

Descriptive statistics on the distribution of water absorption and solubility values of polymer materials used for the manufacture of provisional fixed dentures (n is the number of samples)

Элементы описательной статистики	Растворимость			
	Next Dent C&B MFH	Vita CAD-Temp	Protemp 4	ReFine Bright
n	5	5	5	5
Среднее ± стандартное отклонение	0,4 ± 0,2121	0,36 ± 0,1517	0,46 ± 0,1673	0,56 ± 0,1949
Медиана	0,4	0,3	0,5	0,5
Минимум	0,1	0,2	0,2	0,4
Максимум	0,7	0,6	0,6	0,9
25-й процентиль	0,4	0,3	0,4	0,5
75-й процентиль	0,4	0,4	0,6	0,5
Стандартная ошибка среднего	0,09487	0,06782	0,07483	0,08718
Элементы описательной статистики	Водопоглощение			
	Next Dent C&B MFH	Vita CAD-Temp	Protemp 4	ReFine Bright
n	5	5	5	5
Среднее ± стандартное отклонение	21,69 ± 0,1259	9,649 ± 0,2305	9,259 ± 0,1719	14,94 ± 0,2748
Элементы описательной статистики	Растворимость			
	Next Dent C&B MFH	Vita CAD-Temp	Protemp 4	ReFine Bright
Медиана	21,6	10,42	8,411	13,45
Минимум	19,99	7,238	7,466	12,55
Максимум	23,34	12,55	11,14	19,08
25-й процентиль	21,15	7,338	8,215	13,21
75-й процентиль	22,35	10,71	11,06	16,4
Стандартная ошибка среднего	0,05631	0,1031	0,07686	0,1229

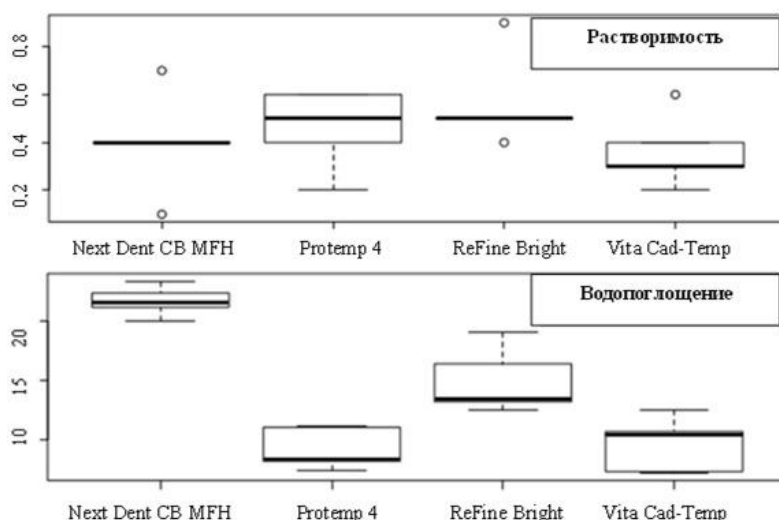


Рис. 1. Коробчатые графики распределения значений водопоглощения и растворимости полимерных материалов, применяемых для изготовления временных несъемных зубных протезов
Fig. 1. Box-shaped graphs of the distribution of water absorption and solubility values of polymer materials used for the manufacture of provisional fixed dentures

На основании полученных данных можно сделать заключение о том, что для самотвердеющей пластмассы холодной полимеризации на основе полиметилметакрилата Re-Fine Bright среднее значение водопоглощения составляет $14,94 \pm 0,2748$ мкг/мм³, а растворимости – $0,56 \pm 0,1949$ мкг/мм³. Для бисакрилового композитного материала химического отверждения Prottemp 4 среднее значение водопоглощения составляет $9,259 \pm 0,1719$ мкг/мм³, растворимости – $0,46 \pm 0,1673$ мкг/мм³. Для композитных блоков из акрилатполимера для CAD/CAM систем Vita CAD-Temp среднее значение водопоглощения составляет $9,649 \pm 0,2305$ мкг/мм³, растворимости – $0,36 \pm 0,1517$ мкг/мм³. Для фотополимерной смолы для изготовления провизорных конструкций с помощью 3D-принтера NextDent C&B MFH среднее значение водопоглощения составляет $21,69 \pm 0,1259$ мкг/мм³, растворимости – $0,4 \pm 0,2121$ мкг/мм³. Эти данные свидетельствуют о том, что у всех материалов для изготовления провизорных конструкций, из которых были изготовлены образцы, показатели водопоглощения и растворимости находятся в пределах допустимой ГОСТом нормы.

В таблице 2 приведены значения критерия Н-критерия Краскела – Уоллиса и соответствующие ему уровни значимости p для каждого признака для попарного сравнения групп.

Таблица 2
Table 2

Результаты сравнения полимерных материалов, применяемых для изготовления временных несъемных зубных протезов, по критериям водопоглощения и растворимости
The results of the comparison of polymer materials used for the manufacture of provisional fixed dentures according to criteria of water absorption and solubility

Критерий	Н-критерий Краскела – Уоллиса	p
Водопоглощение	15,889	0,001*
Растворимость	3,5504	0,314

Примечание: * – наличие статистически значимого различия на уровне значимости $p < 0,01$.

Из данных, приведенных в таблице 2, видно, что по признаку «Растворимость» группы исследуемых материалов неразличимы, а по признаку «Водопоглощение» – различимы с уровнем значимости $p < 0,01$.

Для определения уровней различия материалов по критерию «Водопоглощение» было проведено попарное сравнение всех групп с помощью статистического анализа с применением критерия Манна – Уитни. При расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,0083 = 0,05 / 6$, где 0,05 – общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 6 – количество сравнений. Таким образом, в данном исследовании нулевая гипотеза была отвергнута на уровне статистической значимости $p < 0,0083$. В таблице 3 приведены значения критерия Манна – Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для попарного сравнения групп.

Таблица 3

Table 3

Результаты попарного сравнения полимерных материалов, применяемых для изготовления временных несъемных зубных протезов, по критерию «Водопоглощение»

The results of a pairwise comparison of polymer materials used for the manufacture of provisional fixed dentures according to the criterion of «Water absorption»

Попарно сравниваемые группы	W	p
Next Dent C&B MFH и Protemp 4	25	0,008*
Next Dent C&B MFH и ReFine Bright	25	0,008*
Next Dent C&B MFH и Vita CAD-Temp	25	0,008*
Protemp 4 и ReFine Bright	0	0,008*
Protemp 4 и Vita CAD-Temp	14	0,84
ReFine Bright и Vita CAD-Temp	24,5	0,016

Примечание: * – наличие статистически значимого различия на уровне значимости $p < 0,0083$.

Из таблиц 1 и 3 видно, что наибольшим значением водопоглощения обладали образцы, изготовленные из фотополимерной смолы для изготовления провизорных конструкций с помощью 3D-принтера NextDent C&B MFH (медиана выборки больше медианы групп «Protemp 4» на 61,1 %, «ReFine Bright» – на 37,7 %, «Vita CAD-Temp» – на 51,8 %). Статистических различий по критерию «Водопоглощение» между композитным акрилатполимером для CAD/CAM систем Vita CAD-Temp и самоотвердеющей пластмассой холодной полимеризации на основе полиметилметакрилата Re-Fine Bright и композитным материалом химического отверждения Protemp 4 выявлено не было (данные группы неразличимы с уровнем значимости $p < 0,0083$). Показатели водопоглощения для композитного материала Protemp 4 оказались существенно ниже в сравнении с пластмассой холодной полимеризацией ReFine Bright (медианы выборок отличаются на 37,4 %).

В плане полученных результатов представляют интерес исследования других авторов, занимающихся изучением данной проблемы. В частности, Шин [Shin et al., 2020] в своем исследовании по изучению физико-химических свойств трех видов CAD/CAM блоков и двух видов смол для 3D-печати, применяемых для изготовления временных зубных протезов, пришли к выводу, что материалы для фрезерно-шлифовальных станков обладают лучшими показателями водопоглощения и растворимости в сравнении с фотополимерными смолами для 3D-принтеров, что согласуется с полученными нами данными.

Заключение

Мы пришли к выводу, что группы исследуемых материалов неразличимы по признаку «Растворимость» и различимы по признаку «Водопоглощение» с уровнем значимости $p < 0,01$. Статистических различий по критерию «Водопоглощение» между материалом Vita CAD-Temp, пластмассой Re-Fine Bright и материалом Protemp 4 выявлено не было. Показатели водопоглощения для Protemp 4 оказались существенно ниже в сравнении с пластмассой ReFine



Bright (медианы выборок отличаются на 37,4 %, $p < 0,0083$). Наибольшим значением водопоглощения обладали образцы, изготовленные из фотополимерной смолы для 3D-принтера NextDent C&B MFH (медиана выборки больше медианы групп «Protemp 4» на 61,1 %, «ReFine Bright» на 37,7 %, «Vita CAD-Temp» на 51,8 %, $p < 0,0083$).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что степень водопоглощения и растворимости композитного акрилатполимерного материала Vita CAD-Temp, применяемого для цифрового способа изготовления временных реставраций, сопоставима со степенью водопоглощения и растворимости материалов, используемых для традиционных способов изготовления (лабораторного и клинического). Следовательно, временные несъемные конструкции (одиночные коронки и мостовидные протезы), полученные цифровым методом фрезерования, обладают стабильными свойствами и могут использоваться в клинической практике наряду с полимерными материалами для традиционных методов изготовления долгосрочных временных реставраций.

Фотополимерная смола для 3D-принтера NextDent C&B MFH обладает худшими показателями водопоглощения в сравнении с материалами для изготовления провизорных протезов традиционными способами и цифровым методом с применением фрезерно-шлифовального станка. Следовательно, данный материал обладает меньшей прочностью и износостойкостью.

Список литературы

- Васильева Е.Д., Васильева А.А., Кычкин А.К. 2022. К вопросу о методах исследования воздействия влаги на полимерные композиционные материалы. Материаловедение. Энергетика. (28)1: 21–31. doi: 10.18721/JEST.28102
- ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009). Материалы полимерные восстановительные. Дата введения 01.06.2017.
- Лебеденко И.Ю., Арутюнов С.Д., Ряховский А.Н. 2022. Ортопедическая стоматология: национальное руководство. Том 2, 2-е изд. перераб. и доп. М., ГЭОТАР-Медиа, 416.
- Ряховский А.Н. 2010. Цифровая стоматология. М., ООО «Авантис», 282.
- Стоматов А.В., Стоматов Д.В., Иванов П.В., Марченко В.В., Пицкий Е.В., Умаратаев С.У. 2020. Сравнительная характеристика провизорных коронок, изготовленных по методу CAD/CAM фрезерования и 3D-печати. Стоматология для всех, 2: 45–49. doi: 10.35556/idr-2020-2(91)45-49
- Alam M., Chugh A., Kumar A., Rathee M., Jain P. 2022. Comparative Evaluation of Fracture Resistance of Anterior Provisional Restorations Fabricated Using Conventional and Digital Techniques – An in vitro Study. Journal of Indian Prosthodontic Society. 22(4): 361–367. doi: 10.4103/jips.jips_547_21
- Ellakany P., Fouda S.M., AlGhamdi M.A., Aly N.M. 2023. Comparison of the Color Stability and Surface Roughness of 3-Unit Provisional Fixed Partial Dentures Fabricated by Milling, Conventional and Different 3D Printing Fabrication Techniques. Journal of Dentistry 131: 104458. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300571223000453?via%3Dihub> (accessed 10 February 2025). doi: 10.1016/j.jdent.2023.104458
- Firlej M., Pieniak D., Niewczas A.M., Walczak A., Domagała I., Borucka A., Przystupa K., Igielska-Kalwat J., Jarosz W., Biedziak B. 2021. Effect of Artificial Aging on Mechanical and Tribological Properties of CAD/CAM Composite Materials Used in Dentistry. Materials (Basel). 14(16): 4678. <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/16/4678> (accessed 10 February 2025). doi: 10.3390/ma14164678
- Imai H., Koizumi H., Hiraba H., Kiuchi K., Matsumura H., Yoneyama T. 2024. Depth of Cure, Water Absorption, and Solubility of Indirect Composites Polymerized by Light-Emitting Diode Laboratory Units. Dental Materials Journal. 43(4): 559–564. doi: 10.4012/dmj.2023-260
- Imirzalioglu P., Karacaer O., Yilmaz B., Msc I.O. 2010. Color Stability of Denture Acrylic Resins and a Soft Lining Material Against Tea, Coffee, and Nicotine. Journal of Prosthodontics. 19(2): 118–124. doi: 10.1111/j.1532-849X.2009.00535.x
- Jain S., Sayed M.E., Shetty M., Alqahtani S.M., Al Wadei M.H.D., Gupta S.G., Othman A.A.A., Alshehri A.H., Alqarni H., Mobarki A.H., Motlaq K., Bakmani H.F., Zain A.A., Hakami A.J., Sheayria M.F. 2022. Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed

- Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers (Basel)*. 14(13): 2691. doi: 10.3390/polym14132691
- Labban N., AlSheikh R., Lund M., Matis B.A., Moore B.K., Cochran M.A., Platt J.A. 2021. Evaluation of the Water Sorption and Solubility Behavior of Different Polymeric Luting Materials. *Polymers (Basel)*. (13)17: 28–51. doi: 10.3390/polym13172851
- Mârţu I., Murariu A., Baciuc E.R., Savin C.N., Foia I., Tatarciuc M., Diaconu-Popa D. 2022. An Interdisciplinary Study Regarding the Characteristics of Dental Resins Used for Temporary Bridges. *Medicina (Kaunas)*. 58(6): 811. <https://www.mdpi.com/1648-9144/58/6/811> (accessed 10 February 2025). doi: 10.3390/medicina58060811
- Öztürk A.N.S., Harorli O.T. 2024. Bulk-Fill Composite in Challenging Cavities: Conversion Rate, Solubility, and Water Absorption Analysis. *Odontology*. 12(3): 718–728. doi: 10.1007/s10266-023-00873-2
- Pantea M., Ciocoiu R.C., Greabu M., Ripszky Totan A., Imre M., Țâncu A.M.C., Sfeatu R., Spînu T.C., Ilinca R., Petre A.E. 2022. Compressive and Flexural Strength of 3D-Printed and Conventional Resins Designated for Interim Fixed Dental Prostheses: An In Vitro Comparison. *Materials (Basel)*. 15(9): 3075. <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/9/3075> (accessed 10 February 2025). doi: 10.3390/ma15093075
- Rayyan M.M., Aboushelib M., Sayed N.M., Ibrahim A., Jimbo R. 2015. Comparison of Interim Restorations Fabricated by CAD/CAM with those Fabricated Manually. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 114(3): 414–419. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.03.007
- Sayed M.E., Jain S., Jokhadar H.F., Alshahrani A.A., AlResayes S.S., Alqahtani S.M., Alqarni H., Anab N.A., Alsubeai N.H., Alsubaie S.H., Khalid A., Franco R., Minervini G. 2024. Effect of Smokeless Tobacco on Color Stability and Surface Roughness of CAD/CAM Milled, 3D Printed, and Conventional Provisional Crown and Fixed Dental Prosthesis Materials: An in vitro Study. *Technology and Health Care*. 32(3): 1697–1711. doi: 10.3233/THC-230723
- Shin J.W., Kim J.E., Choi Y.J., Shin S.H., Nam N.E., Shim J.S., Lee K.W. 2020. Evaluation of the Color Stability of 3D-Printed Crown and Bridge Materials against Various Sources of Discoloration: An in vitro Study. *Materials (Basel)*. 13(23): 53–59. doi: 10.3390/ma13235359
- Shishehian A., Firouz F., Khazaei S., Rajabi H., Farhadian M., Niaghiha F. 2023. Evaluating the Color Stability of 3D-Printed Resins against Various Solutions. *European Journal of Translational Myology*. 33(3): 11493. https://www.researchgate.net/publication/372145660_Evaluating_the_color_stability_of_3D-printed_resins_against_various_solutions. (accessed 10 February 2025). doi: 10.4081/ejtm.2023.11493
- Zafar M.S. 2020. Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers (Basel)*. 12(10): 2299. <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/10/2299> (accessed 10 February 2025). doi: 10.3390/polym12102299

References

- Vasilyeva E.D., Vasilyeva A.A., Kychkin A.A. 2022. On the Methods of Studying the Impact of Moisture on Polymeric Composite Materials. *Materialovedenie. Energetika*. (28)1: 21–31. doi: 10.18721/JEST.28102 (in Russian).
- GOST R 56924-2016 (ISO 4049:2009). *Dentistry. Polymer-Based Restorative Materials. Date of Introduction 01.06.2017* (in Russian).
- Lebedenko I.Yu., Arutyunov S.D., Ryaxovskij A.N. 2022. *Ortopedicheskaya stomatologiya: nacional'noe rukovodstvo [Prosthodontics: National Guidelines]*. Tom 2, 2-e izd. pererab. i dop. M., GE'OTAR-Media, 416.
- Ryaxovskij A.N. 2010. *Cifrovaya stomatologiya [Digital Dentistry]*. M., OOO «Avantis», 282.
- Stomatov A.V., Stomatov D.V., Ivanov P.V., Marchenko V.V., Piitsky E.V., Umarataev S.U. 2020. Comparative Characteristics of Provisional Crowns Made by CAD/CAM Milling and 3D Printing. *Stomatology for All*, 2: 45–49. doi: 10.35556/idr-2020-2(91)45-49 (in Russian).
- Alam M., Chugh A., Kumar A., Rathee M., Jain P. 2022. Comparative Evaluation of Fracture Resistance of Anterior Provisional Restorations Fabricated Using Conventional and Digital Techniques – An in vitro Study. *Journal of Indian Prosthodontic Society*. 22(4): 361–367. doi: 10.4103/jips.jips_547_21
- Ellakany P., Fouda S.M., AlGhamdi M.A., Aly N.M. 2023. Comparison of the Color Stability and Surface Roughness of 3-Unit Provisional Fixed Partial Dentures Fabricated by Milling, Conventional and Different 3D Printing Fabrication Techniques. *Journal of Dentistry* 131: 104458. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300571223000453?via%3Dihub> (accessed 10 February 2025). doi: 10.1016/j.jdent.2023.104458



- Firlej M., Pieniak D., Niewczas A.M., Walczak A., Domagała I., Borucka A., Przystupa K., Igielska-Kalwat J., Jarosz W., Biedziak B. 2021. Effect of Artificial Aging on Mechanical and Tribological Properties of CAD/CAM Composite Materials Used in Dentistry. *Materials* (Basel). 14(16): 4678. <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/16/4678> (accessed 10 February 2025). doi: 10.3390/ma14164678
- Imai H., Koizumi H., Hiraba H., Kiuchi K., Matsumura H., Yoneyama T. 2024. Depth of Cure, Water Absorption, and Solubility of Indirect Composites Polymerized by Light-Emitting Diode Laboratory Units. *Dental Materials Journal*. 43(4): 559–564. doi: 10.4012/dmj.2023-260
- Imirzalioglu P., Karacaer O., Yilmaz B., Msc I.O. 2010. Color Stability of Denture Acrylic Resins and a Soft Lining Material Against Tea, Coffee, and Nicotine. *Journal of Prosthodontics*. 19(2): 118–124. doi: 10.1111/j.1532-849X.2009.00535.x
- Jain S., Sayed M.E., Shetty M., Alqahtani S.M., Al Wadei M.H.D., Gupta S.G., Othman A.A.A., Alshehri A.H., Alqarni H., Mobarki A.H., Motlaq K., Bakmani H.F., Zain A.A., Hakami A.J., Sheayria M.F. 2022. Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers* (Basel). 14(13): 2691. doi: 10.3390/polym14132691
- Labban N., AlSheikh R., Lund M., Matis B.A., Moore B.K., Cochran M.A., Platt J.A. 2021. Evaluation of the Water Sorption and Solubility Behavior of Different Polymeric Luting Materials. *Polymers* (Basel). 13(17): 28–51. doi: 10.3390/polym13172851
- Mârțu I., Murariu A., Baciuc E.R., Savin C.N., Foia I., Tatarciuc M., Diaconu-Popa D. 2022. An Interdisciplinary Study Regarding the Characteristics of Dental Resins Used for Temporary Bridges. *Medicina* (Kaunas). 58(6): 811. <https://www.mdpi.com/1648-9144/58/6/811> (accessed 10 February 2025). doi: 10.3390/medicina58060811
- Öztürk A.N.S., Harorli O.T. 2024. Bulk-Fill Composite in Challenging Cavities: Conversion Rate, Solubility, and Water Absorption Analysis. *Odontology*. 12(3): 718–728. doi: 10.1007/s10266-023-00873-2
- Pantea M., Ciocoiu R.C., Greabu M., Ripszky Totan A., Imre M., Țâncu A.M.C., Sfeatcu R., Spînu T.C., Ilinca R., Petre A.E. 2022. Compressive and Flexural Strength of 3D-Printed and Conventional Resins Designated for Interim Fixed Dental Prostheses: An In Vitro Comparison. *Materials* (Basel). 15(9): 3075. <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/9/3075> (accessed 10 February 2025). doi: 10.3390/ma15093075
- Rayyan M.M., Aboushelib M., Sayed N.M., Ibrahim A., Jimbo R. 2015. Comparison of Interim Restorations Fabricated by CAD/CAM with those Fabricated Manually. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 114(3): 414–419. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.03.007
- Sayed M.E., Jain S., Jokhadar H.F., Alshahrani A.A., AlResayes S.S., Alqahtani S.M., Alqarni H., Anab N.A., Alsubeai N.H., Alsubaie S.H., Khalid A., Franco R., Minervini G. 2024. Effect of Smokeless Tobacco on Color Stability and Surface Roughness of CAD/CAM Milled, 3D Printed, and Conventional Provisional Crown and Fixed Dental Prosthesis Materials: An in vitro Study. *Technology and Health Care*. 32(3): 1697–1711. doi: 10.3233/THC-230723
- Shin J.W., Kim J.E., Choi Y.J., Shin S.H., Nam N.E., Shim J.S., Lee K.W. 2020. Evaluation of the Color Stability of 3D-Printed Crown and Bridge Materials against Various Sources of Discoloration: An in vitro Study. *Materials* (Basel). 13(23): 53–59. doi: 10.3390/ma13235359
- Shishehian A., Firouz F., Khazaei S., Rajabi H., Farhadian M., Niaghiha F. 2023. Evaluating the Color Stability of 3D-Printed Resins against Various Solutions. *European Journal of Translational Myology*. 33(3): 11493. https://www.researchgate.net/publication/372145660_Evaluating_the_color_stability_of_3D-printed_resins_against_various_solutions. (accessed 10 February 2025). doi: 10.4081/ejtm.2023.11493
- Zafar M.S. 2020. Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers* (Basel). 12(10): 2299. <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/10/2299> (accessed 10 February 2025). doi: 10.3390/polym12102299

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 10.02.2025

Поступила после рецензирования 17.03.2025

Принята к публикации 19.04.2025

Received February 10, 2025

Revised March 17, 2025

Accepted April 19, 2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Вокулова Юлия Андреевна, доктор медицинских наук, старший преподаватель кафедры Клинической стоматологии Института клинической медицины, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия

 [ORCID: 0000-0001-5220-2032](https://orcid.org/0000-0001-5220-2032)

Жулев Евгений Николаевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры Ортопедической стоматологии и ортодонтии, Приволжский исследовательский медицинский университет, г. Нижний Новгород, Россия

 [ORCID: 0000-0001-9539-3350](https://orcid.org/0000-0001-9539-3350)

Николаева Елена Юрьевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры Ортопедической стоматологии и ортодонтии, Приволжский исследовательский медицинский университет, г. Нижний Новгород, Россия

 [ORCID: 0000-0002-2248-5446](https://orcid.org/0000-0002-2248-5446)

Вельмакина Ирина Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры Ортопедической стоматологии и ортодонтии, Приволжский исследовательский медицинский университет, г. Нижний Новгород, Россия

 [ORCID: 0000-0002-0198-9928](https://orcid.org/0000-0002-0198-9928)

Янова Нина Александровна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры Клинической стоматологии Института клинической медицины, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия

 [ORCID: 0000-0002-3436-5150](https://orcid.org/0000-0002-3436-5150)

Брагина Ольга Михайловна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры Клинической стоматологии Института клинической медицины, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия

 [ORCID: 0000-0002-8867-2885](https://orcid.org/0000-0002-8867-2885)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuliya A. Vokulova, Doctor of Sciences in Medicine, Senior Lecturer of the Department of Clinical Dentistry, Institute of Clinical Medicine, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Evgenij N. Zhulev, Doctor of Sciences in Medicine, Professor of Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Elena Yu. Nikolaeva, Candidate of Sciences in Medicine, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Irina V. Velmakina, Candidate of Sciences in Medicine, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Nina A. Yanova, Candidate of Sciences in Medicine, Associate Professor of the Department of Clinical Dentistry, Institute of Clinical Medicine, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Olga M. Bragina, Candidate of Sciences in Medicine, Associate Professor of the Department of Clinical Dentistry, Institute of Clinical Medicine, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia