

DOI: 10.37988/1811-153X_2025_4_174

[К.Г. Ахмедов](#)¹,ассистент кафедры хирургической
стоматологии[В.Н. Царев](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой микробио-
логии, вирусологии, иммунологии[Д.С. Арутюнов](#)¹,к.м.н., доцент кафедры пропедевтики и тех-
нологий протезирования в стоматологии[М.В. Ломакин](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой
хирургической стоматологии[С.М. Мустафаева](#)²,к.м.н., ассистент Института стоматологии
и челюстно-лицевой хирургии[Д.В. Шортанова](#)²,ассистент Института стоматологии
и челюстно-лицевой хирургии[Д.И. Поляков](#)¹,к.м.н., ассистент кафедры ортопедической
стоматологии и цифровых технологий[А.А. Пивоваров](#)¹,к.м.н., ассистент кафедры ортопедической
стоматологии и цифровых технологий[Е.В. Кравчук](#)³,к.м.н., ассистент кафедры управления
в здравоохранении¹ Российский университет медицины,
127006, Москва, Россия² КБГУ, 360004, Нальчик, Россия³ ВГМУ им. Н.Н. Бурденко,
394036, Воронеж, Россия

Адгезия представителей оральной микробиоты к образцам из полиметилметакрилата с полиэфирэфиркетоновым каркасом: исследование in vitro

Реферат. Поломка базиса полного съемного зубного протеза (ПСЗП) является распространенной в практике современной ортопедической стоматологии. Армирующие сетки из высокопрочных полимеров, в частности из полиэфирэфиркетона (ПЭЭК), могут быть альтернативой, так как они способны соединяться с ПММА химически, увеличивая долговечность конструкции. Кроме того, состав базиса может оказывать влияние на адгезию микроорганизмов, что является важным фактором в профилактике биодеструкции и инфекционных осложнений. **Цель** — оценить влияние интеграции каркаса из ПЭЭК в структуру базиса полимерных образцов на процессы адгезии маркерных микроорганизмов оральной микробиоты с учетом их специфических взаимодействий с композиционными материалами. **Материалы и методы.** Сравнивали монолитные образцы из ПММА (горячей и холодной полимеризации), ПЭЭК, и комбинированные — из ПММА с кольцевым каркасом из ПЭЭК со стопорами различной высоты (0,5 мм с двух сторон и 1,0 мм с одной стороны). В качестве модельных микроорганизмов использовали клинические изоляты *Streptococcus sanguinis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans*. Индекс адгезии (I_a) определяли как долю клеток, сохранившихся после стандартизированного инокулирования и отмывки. **Результаты.** Для монолитного ПММА индекс адгезии бактерий был на существенном уровне ($I_a=0,54-0,70$), для *C. albicans* — на высоком ($I_a=0,74-0,75$). Монолитный ПЭЭК показал снижение индекса адгезии по сравнению с ПММА ($p<0,05$): 0,55 против 0,69–0,70 для *S. sanguinis*; 0,34 против 0,54 — для *P. gingivalis* и 0,59 против 0,74–0,75 — для *C. albicans*. Для *S. aureus* различий не выявлено (0,66 против 0,67–0,69). Композиции ПММА+ПЭЭК характеризовались меньшим индексом адгезии в сравнении с ПММА для *S. sanguinis* (0,55–0,58 против 0,69–0,70), *P. gingivalis* (0,47–0,49 против 0,54) и *C. albicans* (0,65–0,68 против 0,74–0,75). Для *S. aureus* значения составляли 0,49–0,56 против 0,67–0,69. **Заключение.** Исследование показало, что интеграция каркаса из ПЭЭК в базис ПММА снижает адгезию *Str. sanguinis*, *P. gingivalis* и *C. albicans*, что свидетельствует о биоинертности материала и его потенциале в снижении микробной контаминации протезов. Полученные данные подтверждают перспективность применения ПЭЭК для повышения устойчивости протезных конструкций к микробной колонизации.

Ключевые слова: съемные зубные протезы, полиметилметакрилат, полиэфирэфиркетон, микробная адгезия, оральная микробиота, поломка протеза, поверхностные свойства

[K.G. Akhmedov](#)¹,assistant at the Surgical dentistry Department
[V.N. Tsarev](#)¹,Doctor of Science in Medicine, full professor
of the Microbiology, virology, immunology
Department[D.S. Arutyunov](#)¹,PhD in Medical Sciences, associate professor
of the Propaedeutics and prosthodontics
technology Department[M.V. Lomakin](#)¹,Doctor of Science in Medicine, full professor
of the Surgical dentistry Department[S.M. Mustafaeva](#)²,PhD in Medical Sciences, assistant professor
of the Institute of dentistry and maxillofacial
surgery[D.V. Shortanova](#)²,assistant at the Institute of dentistry and
maxillofacial surgery

Adhesion of oral microbiota representatives to polymethylmethacrylate samples with a polyetheretherketone framework: an in vitro study

Abstract. Fracture of complete removable denture (CRD) bases is common in contemporary prosthodontic practice. High-strength polymer reinforcing meshes, particularly polyether-etherketone (PEEK), may serve as an alternative because they can chemically bond to PMMA and increase structural durability. In addition, the base composition can influence microbial adhesion—an important factor for preventing biodeterioration and infectious complications. **Objectives** — evaluate the effect of integrating a PEEK framework into the denture-base structure on adhesion of marker oral microorganisms, taking into account their specific interactions with composite materials. **Materials and methods.** Compared monolithic PMMA specimens (heat- and cold-cured), monolithic PEEK, and two PMMA+PEEK composites with a perforated ring-type framework and stoppers of different heights (0.5 mm on both sides; 1.0 mm on one side) ($n=5$ per group). Test strains: *Streptococcus sanguinis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*. The adhesion index (I_a) was defined as the fraction of cells retained after standardized inoculation and washing. Significance threshold: $\alpha=0.05$. **Results.** On PMMA, bacterial I_a values were 0.54–0.70 (“substantial”), while *C. albicans* reached 0.74–0.75 (“high”). Relative to PMMA, PEEK showed lower I_a for *Str. sanguinis* (0.55 vs 0.69–0.70), *P. gingivalis* (0.34 vs 0.54), and *C. albicans* (0.59 vs 0.74–0.75) (all $p<0.05$); for *S. aureus* no difference was detected (0.66 vs 0.67–0.69;

D.I. Polyakov¹,

PhD in Medical Sciences, assistant professor of the Prosthodontics and digital technologies Department

A.A. Pivovarov¹,

PhD in Medical Sciences, assistant professor of the Prosthodontics and digital technologies Department

E.V. Kravchuk³,

PhD in Medical Sciences, assistant professor of the Healthcare management Department

¹ Russian University of Medicine, 127006, Moscow, Russia

² Kabardino-Balkarian State University, 360004, Nalchik, Russia

³ Voronezh State Medical University, 394036, Voronezh, Russia

ВВЕДЕНИЕ

По мере старения общества растут распространенность полной адентии и потребность в стоматологической ортопедической и медико-социальной помощи [1, 2]. Утрата всех зубов сопровождается нарушением жевательной функции, она связана со снижением показателей качества жизни, что подтверждено клиническими наблюдениями с использованием опросника OHIP-20 DG и согласуется с глобальными оценками бремени стоматологических заболеваний [3, 4].

В большинстве своем проблема решается изготовлением/производством полных съемных зубных протезов (ПСЗП) из полиметилметакрилата (ПММА), гарантийный срок эксплуатации которых 1–5 лет [5]. Прежде всего это ограничено нередкой (28% случаев) поломкой базиса протезной конструкции в процессе эксплуатации [6] и является распространенной в практике современной ортопедической стоматологии. Причины поломки надлежащим образом изготовленных конструкций ПСЗП – сочетанная усталостная и ударная нагрузка в процессе статических и циклических окклюзионных нагрузок (функционирования зубочелюстного аппарата), баланс конструкции протеза вследствие атрофии гребня альвеолярного отростка/части челюсти или невыверенной окклюзии зубных рядов [7, 8]. Кроме того, физико-механические свойства ПММА далеко не самые высокие [9, 10], что также связано с частыми поломками базиса протеза, особенно верхней челюсти.

В связи с этим продолжают исследования, направленные на создание новых базисных полимеров и на модификацию ПММА путем упрочнения матрицы нанонаполнителями, в частности добавками диоксида кремния и наноалмаза, что ассоциировано с повышением изгибной/ударной прочности и контролем параметров поверхности [11, 12].

Кроме того, предлагается использовать армирующие базис протеза каркасы – это сетки: металлические, стекловолоконные, нейлоновые и полиэтиленовые [13]. Однако, несмотря на высокие прочностные свойства армирующей металлической сетки, последняя соединяется с ПММА лишь механически, но не химически. Полученная композиция слоистого соединения с различными модулями упругости под воздействием циклических нагрузок, обусловленных функционированием

$p > 0.05$). PMMA+PEEK composites showed lower I_a than PMMA for *P. gingivalis* (0.47–0.49 vs 0.54; $p < 0.05$) and numerically lower values for *Str. sanguinis* (0.55–0.58 vs 0.69–0.70) and *C. albicans* (0.65–0.68 vs 0.74–0.75); for *S. aureus* differences were not significant (0.65–0.66 vs 0.67–0.69). **Conclusions.** Embedding a perforated PEEK framework in PMMA reduces adhesion of *P. gingivalis* and tends to reduce adhesion of *Str. sanguinis* and *C. albicans*, without affecting *S. aureus*. These findings support the bioinert properties of PEEK and its potential to limit microbial contamination of denture bases.

Key words: dental prosthesis, removable, polymethyl methacrylate, polyetheretherketone, microbial adhesion, oral microbiota, prosthesis failure, surface properties

зубочелюстного аппарата уязвима. В армированном сеткой базисе возникают микротрещины, со временем трансформируемые в магистральную, которая в большинстве своем ведет к срединной поломке базиса. Кроме того, металлическая сетка утяжеляет ПСЗП.

Армирующие сетки из высокопрочных полимеров могут быть альтернативой применению металлических сеток [13], так как соединяются с ПММА химически [14], таким образом увеличиваются жесткость, прочность и долговечность конструкции ПСЗП.

Для оптимизации издержек изготовления ПСЗП все шире применяются цифровые технологии (CAD/CAM-фрезерование и аддитивная печать), что позволяет стандартизировать этапы, сократить объем ручных операций и уменьшить сроки производства; величина экономического эффекта зависит от парка оборудования и требуемого постпроцессинга.

Группой исследователей предложен перестроенный полимерный армирующий каркас в виде сетки из полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) аддитивного производства, она обладает более высокими прочностными характеристиками по сравнению с традиционными базисными ПММА различной модификации [15]. Конструкция каркаса-сетки включает стопы, позволяющие располагать сетку в толще базиса протеза на заданном уровне, что важно для усиления его физико-механических свойств. Стопы выполнены в виде усеченных обратных конусов высотой 0,5 мм с сечением основания 2 мм и усеченной вершиной сечением 1 мм. Стопы расположены по периметру каркаса-сетки, отступая от внешних границ сетки на 2 мм, на расстоянии 10 мм друг от друга и вдоль срединной линии твердого неба, отступая от нее на 5 мм слева и справа. По всей поверхности сетки имеются перфорации диаметром 2 мм в промежутках между стопами и вдоль вершины альвеолярного отростка верхней челюсти [15, 16] (рис. 1).

Для прогнозирования образования и роста микробных ассоциаций, а также для понижения интенсивности процесса биодеградации полимера выбор базисного полимера как традиционного, так и цифрового производства необходимо соотносить с особенностями микробиоценоза полости рта пациента [17–19].

Известно, что ПММА, используемый в ортопедической стоматологии для изготовления различных протетических конструкций, является хорошим субстратом,



Рис. 1. Перфорированный каркас со стопорами (указаны стрелками)
Fig. 1. Perforated framework with stoppers (indicated by arrows)

к которому активно прилипают жизнеспособные микробные клетки, что характеризуется как процесс микробной адгезии, являющийся, в свою очередь, этапом формирования биопленки [20–22]. В экспериментальных исследованиях, проведенных за последние годы, установлено, что адгезионная активность микробов зависит от разных факторов, определяющих специфичность этого процесса, поэтому она существенно различается у разных таксономических групп микробов и даже у отдельных видов одной и той же группы [23, 24].

Формирование микробных биопленок на этих конструкциях неизбежно приводит к сокращению срока их службы в связи с ферментативными процессами разрушения структуры полимера, высвобождением остаточного мономера [25, 26] и отдельных химических радикалов [27], а как следствие, токсико-резорбтивным действием на слизистую оболочку рта и организм пациента в целом [28]. Показано, что не только бактерии



Рис. 2. Образцы из ПЭЭК диаметром 5 мм и высотой 2 мм
Fig. 2. PEEK specimens, 5 mm in diameter and 2 mm in height

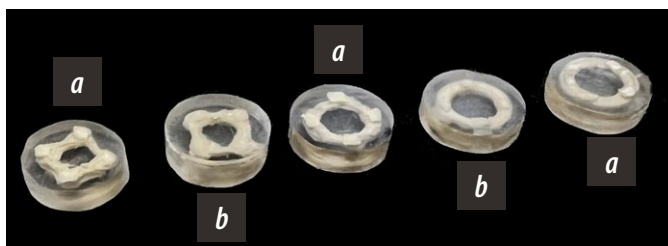


Рис. 3. Комбинированные полимерные образцы — диски с установленными в них каркасами из ПЭЭК: а) высотой 0,5 мм; б) высотой 1,0 мм
Fig. 3. Combined polymer specimens—discs with embedded PEEK frameworks: a) stopper height 0.5 mm; b) stopper height 1.0 mm

анаэробной группы, но и дрожжевые грибы активно размножаются в толще базиса стоматологических протезов, что способствует их деструкции и поломкам [18–20].

В исследованиях [29] было показано, что ПЭЭК отличается значительно более низкими показателями микробной адгезии по сравнению с традиционными ПММА, по-видимому, это касается и базисного полимера отечественного производства «Белакрил-М ГО» («ВладМиВа», Россия), свойства которого в отношении оценки параметров микробной адгезии достаточно хорошо изучены [30]. В связи с этим мы выдвинули гипотезу о том, что введение в толщу базиса конструкции перфорированного каркаса из ПЭЭК с опорными структурами-стопорами, выходящими на поверхность ПММА, снизит интенсивность микробной адгезии и позволит увеличить срок службы протезной конструкции.

Цель исследования — оценка влияния интеграции каркаса из полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) в структуру базиса полимерных образцов на процессы адгезии маркерных микроорганизмов оральной микробиоты с учетом их специфических взаимодействий с композиционными материалами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования использовали образцы, изготовленные в виде дисков диаметром 5 и высотой 2 мм [18, 21]. Общий размер выборки составил 25 испытательных образцов 5 видов — 3 монолитных и 2 — составных, по 5 изделий в каждой группе:

- I — монолитные, из базисного ПММА горячей полимеризации розового цвета «Белакрил-М ГО» («ВладМиВа», Россия);
- II — монолитные, из базисного ПММА холодной полимеризации белого цвета «Белакрил-М ХО» («ВладМиВа», Россия);
- III — монолитные, из ПЭЭК, изготовленные из порошка Victrex PEEK 450PF (Великобритания) методом компрессионного спекания (рис. 2);
- IV — комбинированные, с перфорированным кольцом из ПЭЭК со стопорами высотой 0,5 мм на каждой стороне, запрессованные в ПММА (рис. 3а);
- V — комбинированные, с перфорированным кольцом из ПЭЭК со стопорами высотой 1,0 мм на одной стороне, запрессованные в ПММА (рис. 3б).

Изготовленные образцы полировали до зеркального блеска в соответствии с протоколом полировки полимерных лечебно-профилактических аппаратов и зубных протезов.

Исследование микробной адгезии *in vitro* проводили в соответствии с существующими рекомендациями для оценки стоматологических материалов в экспериментах *in vitro* с определением индекса адгезии (I_a), отражающего количественную характеристику процесса адгезии микробов от изначально нанесенного стандартного количества на каждый исследуемый образец [21]. Выбор бактерий и грибов соответствовал критериям, используемым в научной литературе последних лет для изучения микробной адгезии в ортопедической стоматологии [22, 24].

В качестве маркерных видов бактерий и грибов в настоящем исследовании использовали клинические изоляты:

- 1) *Streptococcus sanguinis* — представитель стабилизирующей нормобиоты;
- 2) *Porphyromonas gingivalis* и *Staphylococcus aureus* — представители агрессивной бактериальной патобиоты облигатно-анаэробной и факультативно-анаэробной групп соответственно;
- 3) *Candida albicans* — представитель агрессивной грибковой микобиоты.

Каждый эксперимент *in vitro* для статистической достоверности повторяли трехкратно.

Статистическую обработку результатов проводили с применением критерия достоверности по Манну—Уитни в соответствии с аналогичными данными по изучению микробной адгезии, опубликованными в научной литературе последних лет [31]. Различия считали статистически достоверно значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно существующим критериям оценки микробной адгезии показатели прилипания представителей нормо- и патобиоты к обоим вариантам изделий из ПММА находились в пределах от 0,54 до 0,70 и расценивались как существенные, а микобиоты — как высокие ($I_a = 0,74–0,75$; табл. 1, 2).

Обращает на себя внимание, что однородный образец III группы (из ПЭЭК) отличался от изделий I и II группы (из ПММА) более низкими показателями индекса адгезии. Данные были достоверны для *Str. sanguinis*, *P. gingivalis* (уменьшение I_a с 0,54 для ПММА до 0,34 для ПЭЭК) и *C. albicans* (значительное снижение I_a с 0,74–0,75 для ПММА до 0,59 для ПЭЭК). Только с *S. aureus* различий между образцами из ПММА и ПЭЭК не выявлено, а индекс адгезии находился на уровне существенного (значения составляли от 0,67–0,69 до 0,66, соответственно). Ассоциация микроорганизмов отражает современное понимание этапности колонизации: от ранних колонизаторов (*S. sanguinis*) до анаэробных патогенов (*P. gingivalis*) и грибковой микобиоты (*C. albicans*), что соответствует данным литературы о формировании биопленок на стоматологических материалах [27, 32, 33].

Полученные данные позволили нам подойти к решению основного вопроса исследования: насколько возможно влияние стопоров из ПЭЭК в дисках из ПММА. Установлено, что

у образцов IV и V группы индекс адгезии *S. sanguinis* был достоверно ниже, чем у образцов I и II группы из ПММА, аналогично монолитному образцу III группы из ПЭЭК. В то же время для *P. gingivalis* различия были менее выражены, хотя разница была достоверна. С *S. aureus*, напротив, различий не выявлено. Грибы *C. albicans* продемонстрировали четкую тенденцию в сторону снижения индекса от высокого до существенного. Обращает на себя внимание, что для *C. albicans*, как и в случае *P. gingivalis* наблюдался более высокий индекс адгезии для образца с двусторонним стопором (IV группа), следовательно, можно предположить некоторую зависимость от площади, структур из ПЭЭК на поверхности экспериментальных образцов.

Для стафилококка такой зависимости не выявлено ни в отношении самого ПЭЭК, ни его комбинаций с ПММА. Возможно, объяснение этому явлению связано с различиями в адгезионных свойствах разных групп микробов и в механизмах адгезии самих материалов. Дело в том, что, помимо непосредственной связи с шероховатостью поверхности как ведущим фактором адгезии микробных клеток [22], в литературе последних лет появились указания на значение гидрофильных/гидрофобных взаимодействий в этих процессах [31, 34]. В частности, известно, что ПЭЭК, в отличие от гидрофильного ПММА, является гидрофобным материалом, что может приводить к отталкиванию частиц бактерий и грибов, ориентированных на адгезию к преимущественно гидрофильным поверхностям [29, 35]. Немаловажным фактором в понимании этих механизмов может быть также выявленный факт, что сами микробы могут

Таблица 1. Различия индекса адгезии в зависимости от материала

Table 1. Adhesion index differences by material

Микроорганизм	Однородные образцы			Комбинированные образцы	
	I группа (ПММА ГО)	II группа (ПММА ХО)	III группа (ПЭЭК)	IV группа (стопоры с двух сторон)	V группа (стопоры с одной стороны)
<i>Str. sanguinis</i>	0,69±0,03	0,70±0,03	0,58±0,03*	0,58±0,05	0,57±0,03
<i>P. gingivalis</i>	0,54±0,03	0,54±0,04	0,34±0,03*	0,48±0,04 [#]	0,51±0,03 [#]
<i>S. aureus</i>	0,67±0,04	0,69±0,04	0,66±0,04	0,72±0,05	0,66±0,05
<i>C. albicans</i>	0,74±0,02	0,75±0,02	0,59±0,02*	0,52±0,04 [#]	0,65±0,03 [#]

Статистически достоверно значимое отличие: * — от значений I и II группы; # — от значений III группы ($p < 0,05$).

Таблица 2. Различия индекса адгезии в зависимости от микроорганизма

Table 2. Adhesion index differences by microorganism

Образцы	Микроорганизм			
	<i>Str. sanguinis</i>	<i>P. gingivalis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>C. albicans</i>
I группа (ПММА ГО)	0,69±0,03 ^{bd}	0,54±0,03 ^{acd}	0,67±0,04 ^{bd}	0,74±0,02 ^{abc}
II группа (ПММА ХО)	0,70±0,03 ^{bd}	0,54±0,04 ^{acd}	0,69±0,04 ^{bd}	0,75±0,02 ^{abc}
III группа (ПЭЭК)	0,58±0,03 ^{bcd}	0,34±0,03 ^{acd}	0,66±0,04 ^{abd}	0,59±0,02 ^{abc}
IV группа (стопоры с двух сторон)	0,58±0,05 ^{bcd}	0,48±0,04 ^{acd}	0,72±0,05 ^{abd}	0,52±0,04 ^{abc}
V группа (стопоры с одной стороны)	0,57±0,03 ^{bcd}	0,51±0,03 ^{acd}	0,66±0,05 ^{abd}	0,65±0,03 ^{abc}

Статистически достоверно значимое отличие: a — от значений *Str. sanguinis*; b — от значений *P. gingivalis*; c — от значений *S. aureus*; d — от значений *C. albicans* ($p < 0,05$).

иметь более гидрофобную поверхность (*Actinomyces spp.*, *Mycobacterium spp.*, *P. gingivalis*, *C. krusei*) или нет (*Staphylococcus spp.*) [31, 34].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование показало, что интеграция каркаса из ПЭЭК в базис ПММА снижает адгезию *Str. sanguinis*, *P. gingivalis* и *C. albicans*, что свидетельствует

о биоинертности материала и его потенциале в снижении микробной контаминации протезов. Полученные данные подтверждают перспективность применения ПЭЭК для повышения устойчивости протезных конструкций к микробной колонизации и продления срока пользования ими.

Поступила/Received: 03.03.2025

Принята в печать/Accepted: 30.09.2025

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арутюнов С.Д., Грачев Д.И., Мартыненко А.В. Медико-социальная работа с лицами пожилого и старческого возраста с полной утратой зубов. — *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. — 2021; 3: 509—513. [eLibrary ID: 46230510](#)
2. Ito K., Aida J., Yamamoto T., Ohtsuka R., Nakade M., Suzuki K., Kondo K., Osaka K., JAGES Group Individual- and community-level social gradients of edentulousness. — *BMC Oral Health*. — 2015; 15: 34. [PMID: 25884467](#)
3. Арутюнов С.Д., Муслов С.А., Рузуддинов Н.С., Чижмаков Е.А., Грачев Д.И., Харах Я.Н., Нерсесов Г.С. Качество жизни пациентов с полной утратой зубов и психометрические свойства опросника OHIP-20 DG. Часть 2. Мониторинг на этапах стоматологического ортопедического лечения. — *Российский стоматологический журнал*. — 2021; 5: 399—408. [eLibrary ID: 48846045](#)
4. Dye B.A. The global burden of oral disease: Research and public health significance. — *J Dent Res*. — 2017; 96 (4): 361—363. [PMID: 28318392](#)
5. Porfiriev B.N., Shirov A.A., Yanushevich O.O., Grachev D.I., Polzikov D.A., Zolotnitskii I.V., Arutyunov S.D. Development of subsidized prosthodontic care: Socio-economic problems and opportunities. — *Studies on Russian Economic Development*. — 2023; 1: 68—76. [DOI: 10.1134/S1075700723010161](#)
6. Kumari R., Bala S. Assessment of cases of complete denture fracture. — *J Pharm Bioallied Sci*. — 2021; 13 (Suppl 2): S1558-S1560. [PMID: 35018028](#)
7. Афанасьева В.В., Лебеденко И.Ю., Грачев Д.И., Арутюнов С.Д. Повышение эффективности реставрации съемных пластиночных зубных протезов после поломки. — *Российский стоматологический журнал*. — 2014; 5: 4—6. [eLibrary ID: 22512487](#)
8. Бажин А.А. Клинико-экспериментальное обоснование применения комбинированного базиса съемного протеза у пациентов с полным отсутствием зубов: дис. ... к.м.н. — Пермь, 2022. — 174 с.
9. Chizhnikov E.A., Arutyunov A.S., Muslov S.A., Bochkareva S.A., Panov I.L., Akhmedov G.D., Buslovich D.G., Panin S.V., Arutyunov S.D. Application of polyethylene terephthalate as a denture base material for manufacturing temporary removable complete dentures. — *Mechanics of Composite Materials*. — 2024; 2: 227—242. [DOI: 10.1007/s11029-024-10186-2](#)
10. Dhiman R.K., Chowdhury S.R. Midline fractures in single maxillary complete acrylic vs flexible dentures. — *Med J Armed Forces India*. — 2009; 65 (2): 141—5. [PMID: 27408221](#)
11. Al-Thobity A.M., Gad M.M. Effect of silicon dioxide nanoparticles on the flexural strength of heat-polymerized acrylic denture base material: A systematic review and meta-analysis. — *Saudi Dent J*. — 2021; 33 (8): 775—783. [PMID: 34938017](#)

REFERENCES:

1. Arutyunov S.D., Grachev D.I., Martynenko A.V. The medical social work with individuals of elderly and senile age with total loss of teeth. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2021; 3: 509—513 (In Russian). [eLibrary ID: 46230510](#)
2. Ito K., Aida J., Yamamoto T., Ohtsuka R., Nakade M., Suzuki K., Kondo K., Osaka K., JAGES Group Individual- and community-level social gradients of edentulousness. *BMC Oral Health*. 2015; 15: 34. [PMID: 25884467](#)
3. Arutyunov S.D., Muslov S.A., Ruzuddinov N.S., Chizhnikov E.A., Grachev D.I., Kharakh Y.N., Nersesov G.S. Quality of life of patients with total loss of teeth and psychometric properties of the OHIP-20 DG enquirer. Part 2. Monitoring stages of dental orthopedic treatment. *Russian Journal of Dentistry*. 2021; 5: 399—408 (In Russian). [eLibrary ID: 48846045](#)
4. Dye B.A. The global burden of oral disease: Research and public health significance. *J Dent Res*. 2017; 96 (4): 361—363. [PMID: 28318392](#)
5. Porfiriev B.N., Shirov A.A., Yanushevich O.O., Grachev D.I., Polzikov D.A., Zolotnitskii I.V., Arutyunov S.D. Development of subsidized prosthodontic care: Socio-economic problems and opportunities. *Studies on Russian Economic Development*. 2023; 1: 68—76. [DOI: 10.1134/S1075700723010161](#)
6. Kumari R., Bala S. Assessment of cases of complete denture fracture. *J Pharm Bioallied Sci*. 2021; 13 (Suppl 2): S1558-S1560. [PMID: 35018028](#)
7. Afanas'eva V.V., Lebedenko I.Y., Grachev D.I., Arutyunov S.D. Improving the efficiency of restoration removable plate dentures after the failure. *Russian Journal of Dentistry*. 2014; 5: 4—6 (In Russian). [eLibrary ID: 22512487](#)
8. Bazhin A.A. Clinical and experimental substantiation of the use of a combined base of a removable prosthesis in patients with complete absence of teeth: master's thesis. Perm, 2022. 174 p. (In Russian).
9. Chizhnikov E.A., Arutyunov A.S., Muslov S.A., Bochkareva S.A., Panov I.L., Akhmedov G.D., Buslovich D.G., Panin S.V., Arutyunov S.D. Application of polyethylene terephthalate as a denture base material for manufacturing temporary removable complete dentures. *Mechanics of Composite Materials*. 2024; 2: 227—242. [DOI: 10.1007/s11029-024-10186-2](#)
10. Dhiman R.K., Chowdhury S.R. Midline fractures in single maxillary complete acrylic vs flexible dentures. *Med J Armed Forces India*. 2009; 65 (2): 141—5. [PMID: 27408221](#)
11. Al-Thobity A.M., Gad M.M. Effect of silicon dioxide nanoparticles on the flexural strength of heat-polymerized acrylic denture base material: A systematic review and meta-analysis. *Saudi Dent J*. 2021; 33 (8): 775—783. [PMID: 34938017](#)

12. Al-Harbi F.A., Abdel-Halim M.S., Gad M.M., Fouda S.M., Baba N.Z., Al-Rumaih H.S., Akhtar S. Effect of nanodiamond addition on flexural strength, impact strength, and surface roughness of PMMA denture base. — *J Prosthodont.* — 2019; 28 (1): e417—e425. [PMID: 30353608](#)
13. Somani M.V., Khandelwal M., Punia V., Sharma V. The effect of incorporating various reinforcement materials on flexural strength and impact strength of polymethylmethacrylate: A meta-analysis. — *J Indian Prosthodont Soc.* — 2019; 19 (2): 101—112. [PMID: 31040543](#)
14. Mayinger F., Fiebig M., Roos M., Eichberger M., Lümekemann N., Stawarczyk B. Bonding behavior between polyetheretherketone and polymethylmethacrylate acrylic denture polymer. — *J Adhes Dent.* — 2021; 23 (2): 145—158. [PMID: 33825428](#)
15. Арутюнов С.Д., Дибиров Т.М., Нерсесов Г.С., Степанов А.Г., Багдасарян Г.Г., Ордян Г.А., Грачев Д.И. Съёмный пластинчатый зубной протез с армированным базисом. — Патент RU 2791989, действ. с 15.03.2023.
16. Арутюнов С.Д., Дибиров Т.М., Нерсесов Г.С., Арутюнов А.С., Степанов А.Г., Багдасарян Г.Г., Грачев Д.И. Способ изготовления съёмного пластинчатого зубного протеза с полимерной сеткой для армирования базисов съёмных зубных протезов верхней челюсти. — Патент RU №2791086, действ. с 02.03.2023.
17. Арутюнов С.Д., Ипполитов Е.В., Пивоваров А.А., Царев В.Н. Взаимосвязь шероховатости и рельефа поверхности базисного стоматологического полиметилметакрилатного полимера и формирования микробной биопленки при разных способах полировки образцов. — *Казанский медицинский журнал.* — 2014; 2: 224—231. [eLibrary ID: 21701499](#)
18. Царев В.Н., Ипполитов Е.В., Трефилов А.Г., Арутюнов С.Д., Пивоваров А.А. Особенности адгезии анаэробных пародонтопатогенных бактерий и грибов *Candida albicans* к экспериментальным образцам базисной стоматологической пластмассы в зависимости от шероховатости поверхности и способа полировки. — *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии.* — 2014; 6: 21—27. <https://tinyurl.com/4edtk77n>
19. Автандилов Г.А. Биодеструкция зубных протезов из полимерных материалов (экспериментальное исследование): дис... к.м.н. — М., 2013. — 87 с.
20. Olms C., Yahiaoui-Doktor M., Remmerbach T.W., Stingu C.S. Bacterial Colonization and Tissue Compatibility of Denture Base Resins. — *Dent J (Basel).* — 2018; 6 (2): 20. [PMID: 29914101](#)
21. Арутюнов А.С., Царева Т.В., Киракосян Л.Г., Левченко И.М. Особенности и значение адгезии бактерий и грибов полости рта как этапа формирования микробной биопленки на стоматологических полимерных материалах. — *Стоматология.* — 2020; 2: 79—84. [eLibrary ID: 42851810](#)
22. Monteiro D.R., de Souza Batista V.E., Caldeirão A.C.M., Jacinto R.C., Pessan J.P. Oral prosthetic microbiology: aspects related to the oral microbiome, surface properties, and strategies for controlling biofilms. — *Biofouling.* — 2021; 37 (4): 353—371. [PMID: 34139899](#)
23. Schubert A., Wassmann T., Holtappels M., Kurbad O., Krohn S., Bürgers R. Predictability of microbial adhesion to dental materials by roughness parameters. — *Coatings.* — 2019; 9 (7): 456. [DOI: 10.3390/coatings9070456](#)
12. Al-Harbi F.A., Abdel-Halim M.S., Gad M.M., Fouda S.M., Baba N.Z., Al-Rumaih H.S., Akhtar S. Effect of nanodiamond addition on flexural strength, impact strength, and surface roughness of PMMA denture base. *J Prosthodont.* 2019; 28 (1): e417—e425. [PMID: 30353608](#)
13. Somani M.V., Khandelwal M., Punia V., Sharma V. The effect of incorporating various reinforcement materials on flexural strength and impact strength of polymethylmethacrylate: A meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc.* 2019; 19 (2): 101—112. [PMID: 31040543](#)
14. Mayinger F., Fiebig M., Roos M., Eichberger M., Lümekemann N., Stawarczyk B. Bonding behavior between polyetheretherketone and polymethylmethacrylate acrylic denture polymer. *J Adhes Dent.* 2021; 23 (2): 145—158. [PMID: 33825428](#)
15. Arutyunov S.D., Dibirov T.M., Nersesov G.S., Stepanov A.G., Bagdasaryan G.G., Ordyan G.A., Grachev D.I. Removable lamellar dental prosthesis with reinforced base. Patent RU #2791989, effective from 15.03.2023 (In Russian).
16. Arutyunov S.D., Dibirov T.M., Nersesov G.S., Arutyunov A.S., Stepanov A.G., Bagdasaryan G.G., Grachev D.I. Method of manufacturing a removable lamellar dental prosthesis with a polymer mesh for reinforcing the bases of removable dental prostheses of the upper jaw. Patent RU #2791086, effective from 02.03.2023 (In Russian).
17. Arutyunov S.D., Ippolitov E.V., Pivovarov A.A., Tsarev V.N. Relationship between basic dental polymethyl methacrylate polymer roughness and surface topography and microbial biofilm formation using different polishing techniques. *Kazan Medical Journal.* 2014; 2: 224—231 (In Russian). [eLibrary ID: 21701499](#)
18. Tsarev V.N., Ippolitov E.V., Trefilov A.G., Arutyunov S.D., Pivovarov A.A. Features of adhesion of anaerobic periodontopathogenic bacteria and *Candida albicans* fungi to experimental samples of basis dental plastic depending on surface roughness and polishing method. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology.* 2014; 6: 21—27 (In Russian). <https://tinyurl.com/4edtk77n>
19. Avtandilov G.A. Biodestruction of dentures made of polymer materials (experimental study): master's thesis. Moscow, 2013. 87 p. (In Russian).
20. Olms C., Yahiaoui-Doktor M., Remmerbach T.W., Stingu C.S. Bacterial Colonization and Tissue Compatibility of Denture Base Resins. *Dent J (Basel).* 2018; 6 (2): 20. [PMID: 29914101](#)
21. Arutyunov A.S., Tsareva T.V., Kirakosyan L.G., Levchenko I.M. Features and significance of adhesion of bacteria and fungi of the oral cavity as the initial stage of the formation of a microbial biofilm on dental polymer materials. *Stomatology.* 2020; 2: 79—84 (In Russian). [eLibrary ID: 42851810](#)
22. Monteiro D.R., de Souza Batista V.E., Caldeirão A.C.M., Jacinto R.C., Pessan J.P. Oral prosthetic microbiology: aspects related to the oral microbiome, surface properties, and strategies for controlling biofilms. *Biofouling.* 2021; 37 (4): 353—371. [PMID: 34139899](#)
23. Schubert A., Wassmann T., Holtappels M., Kurbad O., Krohn S., Bürgers R. Predictability of microbial adhesion to dental materials by roughness parameters. *Coatings.* 2019; 9 (7): 456. [DOI: 10.3390/coatings9070456](#)

24. Arutyunov S., Kirakosyan L., Dubova L., Kharakh Y., Malginov N., Akhmedov G., Tsarev V. Microbial adhesion to dental polymers for conventional, computer-aided subtractive and additive manufacturing: A comparative in vitro study. — *J Funct Biomater.* — 2022; 13 (2): 42. [PMID: 35466224](#)
25. Bural C., Aktaş E., Deniz G., Ünlüçerçi Y., Bayraktar G. Effect of leaching residual methyl methacrylate concentrations on in vitro cytotoxicity of heat polymerized denture base acrylic resin processed with different polymerization cycles. — *J Appl Oral Sci.* — 2011; 19 (4): 306—12. [PMID: 21956586](#)
26. Wei X., Pan Y., Wang M., Wang Y., Lin H., Jiang L., Lin D., Cheng H. Comparative analysis of leaching residual monomer and biological effects of four types of conventional and CAD/CAM dental polymers: an in vitro study. — *Clin Oral Investig.* — 2022; 26 (3): 2887—2898. [PMID: 35083585](#)
27. Al-Dulaijan Y.A., Balhaddad A.A. Prospects on tuning bioactive and antimicrobial denture base resin materials: A narrative review. — *Polymers (Basel).* — 2022; 15 (1): 54. [PMID: 36616404](#)
28. Манин О.И., Дубова Л.В., Ромодановский П.О. Сравнительная оценка индивидуальной чувствительности к конструкционным материалам съемных зубных протезов у пациентов с явлениями непереносимости. — *Российская стоматология.* — 2022; 3: 51—52. [eLibrary ID: 49387855](#)
29. Schmutzler A., Stingu C.S., Günther E., Lang R., Fuchs F., Koenig A., Rauch A., Hahnel S. Attachment of respiratory pathogens and Candida to denture base materials — A pilot study. — *J Clin Med.* — 2023; 12 (19): 6127. [PMID: 37834772](#)
30. Рыжова И.П., Чув В.В., Цимбалистов А.В., Штана В.С., Джанашия В.Т. Изучение микробиологических свойств нового базисного полимера «Белакрил-Э ГО». — *Клиническая стоматология.* — 2019; 3 (91): 62—64. [eLibrary ID: 41188362](#)
31. Чижмаков Е.А., Царева Т.В., Подпорин М.С., Ипполитов Е.В., Тлупов И.В., Балагова З.Э., Тимошенко М.В., Арутюнов А.С. Микробная адгезия к образцам композиции полиметилметакрилат-полиэтилентерефталат полных съемных пластинчатых протезов. — *Клиническая стоматология.* — 2023; 4: 64—70. [eLibrary ID: 59397992](#)
32. Андрюков Б.Г., Ромашко Р.В., Ефимов Т.А., Ляпун И.Н., Бынина М.П., Матосова Е.В. Механизмы адгезивно-коадгезивного взаимодействия бактерий при формировании биопленки. — *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология.* — 2020; 4: 155—161. [eLibrary ID: 44312344](#)
33. Alqutaibi A.Y., Baik A., Almuzaini S.A., Farghal A.E., Alnazawi A.A., Borzangy S., Aboalrejal A.N., AbdElaziz M.H., Mahmoud I.I., Zafar M.S. Polymeric denture base materials: A review. — *Polymers (Basel).* — 2023; 15 (15): 3258. [PMID: 37571151](#)
34. Gad M.M., Abualsaud R., Khan S.Q. Hydrophobicity of denture base resins: A systematic review and meta-analysis. — *J Int Soc Prev Community Dent.* — 2022; 12 (2): 139—159. [PMID: 35462737](#)
35. Silva-Dias A., Miranda I.M., Branco J., Monteiro-Soares M., Pina-Vaz C., Rodrigues A.G. Adhesion, biofilm formation, cell surface hydrophobicity, and antifungal planktonic susceptibility: relationship among Candida spp. — *Front Microbiol.* — 2015; 6: 205. [PMID: 25814989](#)
24. Arutyunov S., Kirakosyan L., Dubova L., Kharakh Y., Malginov N., Akhmedov G., Tsarev V. Microbial adhesion to dental polymers for conventional, computer-aided subtractive and additive manufacturing: A comparative in vitro study. *J Funct Biomater.* 2022; 13 (2): 42. [PMID: 35466224](#)
25. Bural C., Aktaş E., Deniz G., Ünlüçerçi Y., Bayraktar G. Effect of leaching residual methyl methacrylate concentrations on in vitro cytotoxicity of heat polymerized denture base acrylic resin processed with different polymerization cycles. *J Appl Oral Sci.* 2011; 19 (4): 306—12. [PMID: 21956586](#)
26. Wei X., Pan Y., Wang M., Wang Y., Lin H., Jiang L., Lin D., Cheng H. Comparative analysis of leaching residual monomer and biological effects of four types of conventional and CAD/CAM dental polymers: an in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2022; 26 (3): 2887—2898. [PMID: 35083585](#)
27. Al-Dulaijan Y.A., Balhaddad A.A. Prospects on tuning bioactive and antimicrobial denture base resin materials: A narrative review. *Polymers (Basel).* 2022; 15 (1): 54. [PMID: 36616404](#)
28. Manin O.I., Dubova L.V., Romodanovsky P.O. Comparative assessment of individual sensitivity to structural materials of removable dentures in patients with intolerance phenomena. *Russian Stomatology.* 2022; 3: 51—52 (In Russian). [eLibrary ID: 49387855](#)
29. Schmutzler A., Stingu C.S., Günther E., Lang R., Fuchs F., Koenig A., Rauch A., Hahnel S. Attachment of respiratory pathogens and Candida to denture base materials A pilot study. *J Clin Med.* 2023; 12 (19): 6127. [PMID: 37834772](#)
30. Ryzhova I.P., Chuev V.V., Tsimbalistov A.V., Shtana V.S., Dzhanashia V.T. Comparative analysis of microbial adhesion to traditional and new basic materials used in prosthetic dentistry. *Clinical Dentistry (Russia).* 2019; 3 (91): 62—64 (In Russian). [eLibrary ID: 41188362](#)
31. Chizhnikov E.A., Tsareva T.V., Podporin M.S., Ippolitov E.V., Tlupov I.V., Balagova Z.E., Timoshchenko M.V., Arutyunov A.S. Microbial adhesion to samples of complete removable dentures of polymethylmethacrylate-polyethyleneterephthalate composition. *Clinical Dentistry (Russia).* 2023; 4: 64—70 (In Russian). [eLibrary ID: 59397992](#)
32. Andryukov B.G., Romashko R.V., Efimov T.A., Lyapun I.N., Byнина M.P., Matosova E.V. Mechanisms of adhesive-cohesive interaction of bacteria in the formation of a biofilm. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology.* 2020; 4: 155—161 (In Russian). [eLibrary ID: 44312344](#)
33. Alqutaibi A.Y., Baik A., Almuzaini S.A., Farghal A.E., Alnazawi A.A., Borzangy S., Aboalrejal A.N., AbdElaziz M.H., Mahmoud I.I., Zafar M.S. Polymeric denture base materials: A review. *Polymers (Basel).* 2023; 15 (15): 3258. [PMID: 37571151](#)
34. Gad M.M., Abualsaud R., Khan S.Q. Hydrophobicity of denture base resins: A systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2022; 12 (2): 139—159. [PMID: 35462737](#)
35. Silva-Dias A., Miranda I.M., Branco J., Monteiro-Soares M., Pina-Vaz C., Rodrigues A.G. Adhesion, biofilm formation, cell surface hydrophobicity, and antifungal planktonic susceptibility: relationship among Candida spp. *Front Microbiol.* 2015; 6: 205. [PMID: 25814989](#)