

DOI: 10.37988/1811-153X_2023_4_64

[Е.А. Чижмаков](#)¹,ассистент кафедры пропедевтики
и технологий протезирования
в стоматологии[Т.В. Царева](#)¹,к.м.н., доцент кафедры микробиологии,
вирусологии, иммунологии[М.С. Подпорин](#)¹,к.м.н., научный сотрудник лаборатории
молекулярно-биологических исследований
НИМСИ[Е.В. Ипполитов](#)¹,д.м.н., профессор кафедры микробиологии,
вирусологии, иммунологии[И.В. Тлупов](#)²,ассистент института стоматологии
и челюстно-лицевой хирургии[З.Э. Балагова](#)²,ассистент института стоматологии
и челюстно-лицевой хирургии[М.В. Тимошенко](#)¹,к.м.н., ассистент кафедры цифровой
стоматологии[А.С. Арутюнов](#)¹,д.м.н., доцент, профессор кафедры
пропедевтики и технологий
протезирования в стоматологии¹ МГМСУ им. А.И. Евдокимова,
127473, Москва, Россия² КБГУ, 360004, Нальчик, Россия

Микробная адгезия к образцам композиции полиметилметакрилат- полиэтилентерефталат полных съемных пластиночных протезов

Реферат. Процессы первичной адгезии к конструкционным материалам определяют начальный этап формирования агрессивных микробных биопленок, которые, в свою очередь, играют крайне важную роль в развитии инфекционных осложнений. **Цель исследования** заключается в оценке адгезивной активности различных представителей оральной микробиоты к образцам стоматологических материалов из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) и полиметилметакрилата (ПММА) с учетом их гидрофобных свойств, а также оценка взаимосвязи пар бактерия—субстрат при комбинации ПЭТФ и ПММА. **Материалы и методы.** Исходя из уровня значимости 0,05 и мощности 0,8 исследования изготовили по 16 образцов каждого материала ($n=80$): ПЭТФ; ПММА (базисный); ПММА (гарнитурный); комбинация материалов ПЭТФ и ПММА (базисный); комбинация материалов ПЭТФ и ПММА (гарнитурный). Вычисляли и сравнивали индекс первичной адгезии (ИА) к образцам тест-штаммов *S. sanguinis*, *A. naeslundii*, *N. sicca*, *P. micra*, *P. gingivalis*, *F. periodonticum*, *C. albicans* и *C. krusei*, выделенных из пародонтальных карманов больных хроническим пародонтитом, а также вычисляли степень гидрофобности данных микробов. **Результаты.** Адгезия представителей нормобиоты с гидрофобными свойствами (*A. naeslundii*) к ПЭТФ была минимальна (ИА=0,27±0,03, $p<0,05$). Наименьшие значения ИА определены для штаммов с амфифильными и гидрофильными свойствами к ПММА ($p<0,05$). Оптимальный ИА (0,52±0,03, $p<0,05$) выявлен у сочетания ПЭТФ и ПММА (гарнитурного). **Выводы.** Полученные в представленном исследовании результаты позволяют сделать заключение о роли гидрофобности представителей орального микробиома, а также химической природы конструкционных материалов и их комбинаций как факторов влияния первичной адгезии микроорганизмов.

Ключевые слова: базис зубного протеза, искусственные зубы, полиметилметакрилат, полиэтилентерефталат, имедиат-протез, полный съемный зубной протез

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

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 пластиночных протезов. — *Клиническая стоматология*. — 2023; 26 (4): 64—70. DOI: 10.37988/1811-153X_2023_4_64

[Е.А. Chizhnikov](#)¹,assistant at the Propaedeutics and
prosthodontics technology Department[T.V. Tsareva](#)¹,PhD in Medical Sciences, associate professor
of the Microbiology, virology, immunology
Department[M.S. Podporin](#)¹,PhD in Medical Sciences, researcher
at the Molecular biology research Laboratory
of the Medico-dental research Institute[E.V. Ippolitov](#)¹,PhD in Medical Sciences, professor
of the Microbiology, virology, immunology
Department[I.V. Tlupov](#)²,assistant at the Institute of Dentistry and
maxillofacial surgery

Microbial adhesion to samples of complete removable dentures of polymethylmethacrylate- polyethyleneterephthalate composition

Abstract. The processes of primary adhesion to structural materials determine the initial stage of formation of aggressive microbial biofilms, which, in turn, play an extremely important role in the development of infectious complications. **The aim of the study** is to evaluate the adhesive activity of various representatives of oral microbiota to samples of dental materials made of polyethylene terephthalate (PET) and polymethyl methacrylate (PMMA) taking into account their hydrophobic properties, as well as to assess the relationship between bacteria-substrate pairs in the combination of PET and PMMA. **Materials and methods.** Based on a significance level of 0.05 and power of 0.8 the study produced 16 samples of each material ($n=80$): PET; PMMA (baseline); PMMA (garnished); combination of PET and PMMA materials (baseline); combination of PET and PMMA materials (garnished). The primary adhesion index (AI) was calculated and compared to samples of test strains of *S. sanguinis*, *A. naeslundii*, *N. sicca*, *P. micra*, *P. gingivalis*, *F. periodonticum*,

Z.E. Balagova²,

assistant at the Institute of Dentistry and maxillofacial surgery

M.V. Timoshchenko¹,

PhD in Medical Sciences, assistant professor of the Digital dentistry Department

A.S. Arutyunov¹,

PhD in Medical Sciences, full professor of the Propaedeutics and prosthodontics technology Department

¹ Moscow State University of Medicine and Dentistry, 127473, Moscow, Russia

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

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы проводятся интенсивные разработки конструкционных материалов с заданными свойствами для стоматологических цифровых технологий производства полных съемных пластиночных протезов [1–3]. В частности, появились первые исследования, направленные на создание биоматериалов и технологий, препятствующих или снижающих микробную колонизацию, прежде всего первичную адгезию бактерий и микроскопических грибов [4–6].

В основополагающих работах данного направления было доказано, что именно процессы первичной адгезии к конструкционным материалам определяют начальный этап формирования агрессивных микробных биопленок [7, 8]. В свою очередь, и микробиом, и виром полости сопряжен с высоким риском развития системных осложнений, в том числе инфекционных, что особо значимо в ситуациях дентальной имплантации, реконструктивных операций, сложного челюстно-лицевого протезирования и т.п. [9, 10].

Среди важнейших характеристик, которые, по мнению исследователей, подлежат детальному изучению, определяющее значение отводится степени гидрофобности при адгезии бактерий к биоматериалам, используемым в клинической практике [11–13]. Оказалось, что бактерии также различаются по своим гидрофобным и гидрофильным свойствам, что, в частности, определяет их сродство к тем или иным полимерам [14, 15]. Известно, что бактериальные клетки, как и поверхность твердых диэлектриков, имеют отрицательный заряд. Поверхностные заряды синтетических полимеров, погруженных в водную среду, уравниваются ионами двойного слоя, проявляя значительную электрическую неоднородность [16]. Однако в этом случае можно не учитывать влияние электростатических сил на процесс адгезии бактерий к полимерам, так как значения

C. albicans и *C. krusei* isolated from periodontal pockets of patients with chronic periodontitis, and the degree of hydrophobicity of these microbes was calculated. **Results.** Adhesion of representatives of normobiota with hydrophobic properties (*A. naeslundii*) to PET was minimal ($AI=0.27\pm 0.03$, $p<0.05$). The lowest AI values were determined for strains with amphiphilic and hydrophilic properties to PMMA ($p<0.05$). Optimal AI (0.52 ± 0.03 , $p<0.05$) was found for the combination of PET and PMMA (garnished). **Conclusions.** The results obtained in the presented study allow us to conclude about the role of hydrophobicity of representatives of the oral microbiome, as well as the chemical nature of structural materials and their combinations as factors influencing the primary adhesion of microorganisms.

Key words: denture bases, denture, complete, immediate, polyethylene terephthalates, polymethyl methacrylate, tooth, artificial

FOR CITATION:

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; 26 (4): 64–70 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2023_4_64

дзета-потенциала для взятых в эксперимент бактерий статистически достоверно не различались.

Высокие гидрофобные и, соответственно, адгезивные свойства подтверждены у эукариотических представителей микромира — грибов *Candida* [17].

Наряду с гидрофобностью другим ключевым фактором, влияющим на адгезию микробов и формирование биопленки, является шероховатость поверхности, увеличение которой ведет к повышению степени микробной колонизации. Характер рельефа поверхности субстрата может способствовать бактериальной адгезии или, наоборот, препятствовать ей. Шероховатость и пористость поверхности увеличивают площадь контакта бактерий, по сравнению с гладким рельефом создавая большую основу для прикрепления клеток к субстрату, а также обеспечивая дополнительную защиту от сил сдвига. Если неровности поверхности меньше линейных размеров бактериальной клетки, может наблюдаться обратный эффект уменьшения интенсивности бактериальной адгезии [18, 19].

В исследовании А.И. Салимон и соавт. предложена конструкция полного съемного пластиночного протеза с базисом из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) и напечатанного зубного ряда из полиметилметакрилата (ПММА) [20, 21], но данных об особенностях микробной адгезии к такой композиции конструкционных материалов в доступной литературе мы не нашли. Взаимное влияние полимеров при их совместном использовании при изготовлении базисной и гарнитурной части протезных конструкций представляет, на наш взгляд, прикладной научный интерес.

Цель исследования — оценка адгезивной активности различных представителей оральной микробиоты к образцам стоматологических материалов из ПЭТФ и ПММА с учетом их гидрофобных свойств, а также оценка взаимосвязи пар бактерия—субстрат при комбинации ПЭТФ и ПММА.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования изготовили по 16 образцов для каждого материала (5 видов), включая оригинальные двоянные диски, которые использовали для изучения адгезии *in vitro* микроорганизмов по стандартной методике [21]:

- 1) ПЭТФ Splint Materials 080 (Keystone, США);
- 2) ПММА базисный (розовый), Нолатек 3D LCD/DLP (ВладМиВа», Россия);
- 3) ПММА гарнитурный (белый), Нолатек 3D LCD/DLP (ВладМиВа);
- 4) комбинация материалов ПЭТФ и базисного ПММА;
- 5) комбинация материалов ПЭТФ и гарнитурного ПММА.

В работе использовали тест-штаммы клинических изолятов микроорганизмов, выделенных из пародонтальных карманов у больных с хроническим пародонтитом, которые были сгруппированы с учетом их возможной роли в развитии патологии [22]. В группу нормобиоты вошли *Streptococcus sanguis*, *Actinomyces naeslundii*, *Neisseria sicca*. Группу патобиоты составили 3 вида пародонтопатогенных бактерий: *Parvimonas micra*, *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium periodonticum*. Микобиоту представляли два наиболее часто встречающихся представителя дрожжевых грибов рода *Candida* — *C. albicans* и *C. krusei*. Помимо потенциальной патогенной роли, данный подбор штаммов был обусловлен также тем, что они различались по своим гидрофильным/гидрофобным характеристикам — в каждую из трех групп были включены организмы с выраженным гидрофильными, гидрофобными или амфифильными (промежуточными) свойствами.

Для определения индекса первичной адгезии микробов использовали стандартную методику [23]. Изготовленные образцы выдерживали 40 мин в пробирках с взвесью 10^8 КОЕ/мл микробных клеток исследуемых видов в стерильном изотоническом растворе хлорида натрия при 37°C (для анаэробов — в условиях анаэробности). Затем их в течение 5 мин отмывали в ультразвуковой ванне с физраствором для удаления механически осевших микробных клеток, которые не вступили в процесс адгезии. После этого образцы прикладывали

к поверхности питательной среды по 6 раз с каждой стороны, полученные отпечатки микроорганизмов культивировали в течение 24 ч при температуре 37°C, по завершении подсчитывали микробные колонии.

Индекс первичной адгезии I_{ad} вычисляли по формуле: $I_{ad} = \lg X / \lg Y$, где X — число адсорбированных микроорганизмов, Y — количество микроорганизмов в исходной бактериальной взвеси, в которой находился образец в течение 40 мин [22, 23].

Определение степени гидрофобности бактерий проводили с помощью МАТН-теста (Microbial Adhesion to Hydrocarbons) с *n*-гексадеканом в 0,2 М фосфатно-мочевинно-магниевом буфере (phosphate-urea-magnesium buffer) при $pH=7,1$ [24]. Штаммы, показавшие частоту удаленных клеток по МАТН-тесту до 20%, квалифицировали как гидрофильные, от 21 до 75% — как амфифильные, от 76 до 100% — как гидрофобные.

При статистической обработке результатов достоверность межгрупповых различий оценивали методом дисперсионного анализа для независимых выборок. С учетом принятого уровня значимости (0,05) и мощности (0,8) исследования, а также высокого коэффициента эффекта размера, минимальный объем выборки составил 80 образцов, по 16 образцов в группе.

В работе была использована инфраструктура уникальной научной установки «Трансгенбанк» ИБГ РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Подбор штаммов в нашем исследовании позволил дать качественную оценку гидрофобности поверхности клеток исследуемых бактерий и дрожжевых грибов, а также оценить их влияние на показатели адгезии к образцам материалов и их сочетаний, которые существенно различались. Из 8 тест-штаммов 3 были квалифицированы как гидрофобные, 2 — как гидрофильные и 3 — как амфифильные (табл. 1).

Гидрофильность, как правило, соответствовала грамотрицательным бактериям. Грамположительные были либо гидрофобны, либо в разной степени амфифильны.

Оказалось, что среди представителей нормобиоты у штаммов, обладавших гидрофобными свойствами

Таблица 1. Гидрофобность исследуемых штаммов бактерий и грибов в МАТН-тесте

Table 1. Hydrophobicity of bacteria and fungi studied strains in MATN-test

Микроорганизм	Тип строения клеточной стенки	Частота в тесте, %	Гидрофобность
<i>Actinomyces naeslundii</i>	Грам (+)	86	Гидрофобный
<i>Candida albicans</i>	Грам (+)	57	Амфифильный
<i>Candida krusei</i>	Грам (+)	72	Гидрофобный
<i>Fusobacterium periodonticum</i>	Грам (-)	12	Гидрофильный
<i>Neisseria sicca</i>	Грам (-)	13	Гидрофильный
<i>Parvimonas micra</i>	Грам (+)	52	Амфифильный
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	Грам (-)	81	Гидрофобный
<i>Streptococcus sanguinis</i>	Грам (+)	54	Амфифильный

Таблица 2. Индекс первичной адгезии оральной микробиоты к ПЭТФ, ПММА и их комбинации

Table 2. Primary adhesion indices of oral microbiota to PET, PMMA, and their combination

Вид	ПЭТФ	ПММА (базисный)	ПММА (гарнитурный)	ПЭТФ и ПММА (базисный)	ПЭТФ и ПММА (гарнитурный)
Нормобиота					
<i>Streptococcus sanguinis</i> (АФ)	0,58±0,03	0,70±0,03*	0,69±0,03*	0,55±0,02#	0,53±0,02#
<i>Actinomyces naeslundii</i> (ФБ)	0,27±0,03	0,73±0,04*	0,71±0,02*	0,53±0,02#	0,54±0,02#
<i>Neisseria sicca</i> (ФЛ)	0,63±0,04	0,48±0,03*	0,46±0,03*	0,56±0,03*	0,57±0,03*
Патобиота					
<i>Parvimonas micra</i> (АФ)	0,54±0,03	0,68±0,03*	0,67±0,02*	0,55±0,02#	0,52±0,03#
<i>Porphyromonas gingivalis</i> (ФБ)	0,34±0,03	0,54±0,04	0,54±0,25	0,43±0,25	0,45±0,02
<i>Fusobacterium periodonticum</i> (ФЛ)	0,61±0,02	0,28±0,03*	0,33±0,01*	0,45±0,03#	0,47±0,02#
Микобиота					
<i>Candida albicans</i> (АФ)	0,59±0,01	0,75±0,02*	0,74±0,01*	0,57±0,25#	0,56±0,01#
<i>Candida krusei</i> (ФБ)	0,21±0,02	0,51±0,03*	0,51±0,03*	0,50±0,01*	0,49±0,02*

Примечание. АФ — амфифильный, ФБ — гидрофобный, ФЛ — гидрофильный микроорганизм. Различия статистически достоверно значимы: * — по сравнению с ПЭТФ, # — по сравнению с ПММА ($p < 0,05$).

(*A. naeslundii*), наблюдали минимальные индексы адгезии к ПЭТФ и максимальные — к ПММА. В то же время штаммы, обладающие амфифильными и гидрофильными свойствами — *S. sanguinis* и *N. sicca*, давали максимальные индексы адгезии к ПЭТФ и, напротив, минимальные к ПММА. Однако при сопряжении ПЭТФ и ПММА наблюдали достоверное снижение индексов адгезии с *A. naeslundii*, *S. sanguinis* по сравнению с полиакрилатом, но не с *N. sicca*, который обладал более выраженными гидрофильными свойствами (табл. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время накоплено достаточно большое количество данных об адгезивной способности пародонтопатогенной микробиоты и грибов рода *Candida* к ПММА, которые отличаются, по данным разных исследователей, в зависимости от партии материала и использованных методик [4, 5, 18, 25]. В частности, полученные нами данные расходятся с исследованием J. Fang и соавт. (2016) *S. sanguinis* и *S. mutans*, которые показали достоверно более высокий уровень сцепления с ПЭТФ по сравнению с ПММА при использовании очищенных образцов, однако отмечали статистически достоверное снижение показателей для обоих материалов при использовании покрытия слюной. Данный факт можно объяснить особенностями методического подхода [26].

При анализе результатов, полученных с пародонтопатогенной микробиотой (патобиотой), подтверждено, что вид с гидрофобными свойствами — *P. gingivalis* — дал умеренно выраженную адгезию к гидрофобному ПЭТФ и максимальную к гидрофильному ПММА. В то же время вид *P. gingivalis* после добавления к образцам ПЭТФ в комбинации с ПММА не давал статистически достоверного изменения индексов адгезии. Напротив, штамм *P. micra* дал высокие показатели адгезии с ПММА и достоверное снижение при совмещении с ПЭТФ. Штамм

F. periodonticum показал достоверное снижение (в 2 раза) индекса адгезии к ПЭТФ по сравнению с ПММА, а после сопряжения ПММА с ПЭТФ наблюдали достоверное снижение адгезии по сравнению с чистым ПЭТФ.

Следовательно, комбинация ПЭТФ с ПММА для преимущественно гидрофильных штаммов бактерий (*Neisseria sicca*, *Fusobacterium periodonticum*) давала эффект снижения адгезии по сравнению с ПММА.

Для подтверждения концепции в исследование были включены два штамма дрожжевых грибов с разными гидрофобными свойствами — относительно амфифильный *C. albicans*, который дал высокий индекс адгезии как с лавсаном, так и — еще выше! — с полиакрилатом, и более гидрофобный — *C. krusei*, который давал достоверно низкий индекс адгезии с ПЭТФ как с гидрофобным субстратом. При сопряжении ПЭТФ и ПММА наблюдали статистически достоверное снижение индекса адгезии *C. albicans*, а *C. krusei* не проявлял подобных свойств.

В нашем исследовании степень гидрофобности бактериальной поверхности определяли по распределению бактериальных клеток между фазами вода/гексадекан. При этом полученные результаты показали, что в большинстве случаев сродство в паре гидрофильный микроб — гидрофобный материал, и наоборот, как правило, выражается в увеличении индекса адгезии. В результате можно сделать важный практический вывод о том, что использование гидрофобного ПЭТФ в комбинации с гидрофильными ПММА позволяет снизить показатели микробной адгезии и формирование микробных биопленок на конструкциях полных съемных протезов из ПЭТФ и ПММА.

Наряду с этим необходимо отметить, что некоторые штаммы (*N. sicca* из представителей нормобиоты и *P. gingivalis* — из представителей пародонтопатогенов) не показали выраженного статистически достоверного снижения индексов адгезии. Это можно объяснить другими преобладающими факторами влияния, например

структурными особенностями клеточной поверхности грамотрицательных бактерий, имеющих на наружной мембране многочисленные пили (фимбрии или ворсинки) и варианты высокоспецифичных S-полисахаридных цепочек. По данным Д.В. Ерошенко и соавт. (2017), сродство бактерий разных таксономических групп к полимерным поверхностям не может быть одинаковым как между представителями разных групп бактерий, так и в зависимости от типа поверхности [27].

Учитывая, что гидрофобизация или гидрофилизация поверхности субстрата может препятствовать бактериальной адгезии, можно сделать заключение о том, что при тестировании адгезивных свойств конструкционных материалов целесообразно использовать несколько штаммов тест-бактерий с отличающимися характеристиками клеточной поверхности, а не ограничиваться штаммами, рекомендованными в стандартных методиках, так как устойчивость конструкционного полимерного материала к адгезии одной группы патогенов не может обеспечить отсутствие сродства к патогенам других групп.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволяют сделать вывод о влиянии свойств представителей орального микробиома (степень гидрофобности и гидрофильности) и конструкционных материалов (химическая природа, разнородная комбинация материалов) на показатели первичной адгезии микроорганизмов.

Сочетание конструкционных материалов ПЭТФ и ПММА (гарнитурного) является оптимальной комбинацией с точки зрения противодействия образованию микробных биопленок именно на конструкциях полных съемных пластиночных протезов.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 14.08.2023 **Принята в печать:** 02.11.2023

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.
Received: 14.08.2023 **Accepted:** 02.11.2023

ЛИТЕРАТУРА :

1. Цимбалистов А.В., Соболева А.В., Царев В.Н., Золотницкий И.В., Дубова Л.В., Мальгинов Н.Н., Добровольский П.В., Чуев В.П., Арутюнов С.Д. Клиническая эффективность съемных зубных протезов из светоотверждаемого базисного материала Нолатек. — *Клиническая стоматология*. — 2020; 2 (94): 121—125. [eLibrary ID: 43125616](#)
2. Арутюнов А.С., Царев В.Н., Кравцов Д.В., Комов Е.В. Сравнительный анализ адгезии микробной флоры рта к базисным материалам челюстных протезов на основе полиуретана и акриловых пластмасс. — *Российский стоматологический журнал*. — 2011; 1: 19—23. [eLibrary ID: 16209620](#)
3. 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](#)
4. 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](#)
5. Рыжова И.П., Чуев 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](#)
6. 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](#)
7. Арутюнов С.Д., Ибрагимов Т.И., Царев В.Н., Лебеденко И.Ю., Савкина Н.И., Трефилов А.Г., Арутюнов А.С., Климашин Ю.И. Микробиологическое обоснование выбора базисной пластмассы съемных зубных протезов. — *Стоматология*. — 2002; 3: 4—8. [eLibrary ID: 46305479](#)

REFERENCES :

1. Tsimbalistov A.V., Soboleva A.V., Tsarev V.N., Zolotnitsky I.V., Dubova L.V., Malginov N.N., Dobrovolsky P.V., Chuev V.P., Arutyunov S.D. Clinical efficacy of removable dentures made of Nolatic photopolymeric base substance. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2020; 2 (94): 121—125 (In Russian). [eLibrary ID: 43125616](#)
2. Arutyunov A.S., Tsarev V.N., Kravtsov D.V., Komov E.V. Comparative analysis of adhesion of microbial flora from the oral cavity to the base materials for polyurethane and acryl-based jaw prostheses. *Russian Journal of Dentistry*. 2011; 1: 19—23 (In Russian). [eLibrary ID: 16209620](#)
3. 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](#)
4. 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](#)
5. Ryzhova I.P., Chuev V.V., Tsimbalistov A.V., Shtana V.S., Dzhannashia 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](#)
6. 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](#)
7. Arutyunov S.D., Ibragimov T.I., Tsarev V.N., Lebedenko I.Yu., Savkina N.I., Trefilov A.G., Arutyunov A.S., Klimashin Yu.I. Microbiological validation of the choice of basic plastic for removable dentures. *Stomatology*. 2002; 3: 4—8 (In Russian). [eLibrary ID: 46305479](#)

8. Ибрагимов Т.И., Арутюнов С.Д., Царев В.Н., Лебеденко И.Ю., КраВЕишвили С.Е., Трефилов А.Г., Арутюнов Д.С., Ломакина Н.А. Выбор конструкционного материала для изготовления временных зубных протезов лицам с болезнями пародонта на основании данных клинических и лабораторных исследований бактериальной адгезии. — *Стоматология*. — 2002; 2: 40—44. [eLibrary ID: 46288437](#)
9. Балмасова И.П., Царев В.Н., Гветадзе Р.Ш., Мустафаев М.Ш., Царева Т.В., Малова Е.С., Арутюнов Д.С., Тимощенко М.В., Харах Я.Н., Арутюнов С.Д. Виром полости рта: начало пути (обзор литературы). — *Клиническая стоматология*. — 2023; 3: 115—124. [eLibrary ID: 54509016](#)
10. Yumoto H., Hirota K., Hirao K., Ninomiya M., Murakami K., Fujii H., Miyake Y. The pathogenic factors from oral Streptococci for systemic diseases. — *Int J Mol Sci*. — 2019; 20 (18): 4571. [PMID: 31540175](#)
11. Андрияков 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](#)
12. 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](#)
13. An S., Evans J.L., Hamlet S., Love R.M. Incorporation of antimicrobial agents in denture base resin: A systematic review. — *J Prosthet Dent*. — 2021; 126 (2): 188—195. [PMID: 32800329](#)
14. Paraszkiwicz K., Moryl M., Płaza G., Bhagat D., K Satpute S., Bernat P. Surfactants of microbial origin as antibiofilm agents. — *Int J Environ Health Res*. — 2021; 31 (4): 401—420. [PMID: 31509014](#)
15. 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](#)
16. de Lima Burgo T.A., Rezende C.A., Bertazzo S., Galembeck A., Galembeck F. Electric potential decay on polyethylene: Role of atmospheric water on electric charge build-up and dissipation. — *Journal of electrostatics*. — 2011; 69 (4): 401—409. [DOI: 10.1016/j.elstat.2011.05.005](#)
17. 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](#)
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. [eLibrary ID: 23492909](#)
19. 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](#)
8. Ibragimov T.I., Arutyunov S.D., Tsarev V.N., Lebedenko I.Yu., Kraveishvili S.E. Clinical and laboratory studies of bacterial adhesion to validate the choice of material for making provisional dentures for patients with periodontal diseases. *Stomatology*. 2002; 2: 40—44 (In Russian). [eLibrary ID: 46288437](#)
9. Balmasova I.P., Tsarev V.N., Gvetadze R.S., Mustafaev M.S., Tsareva T.V., Malova E.S., Arutyunov D.S., Timoshchenko M.V., Khara-kh Ya.N., Arutyunov S.D. Oral virome: the beginning of the path (review). *Clinical Dentistry (Russia)*. 2023; 3: 115—124 (In Russian). [eLibrary ID: 54509016](#)
10. Yumoto H., Hirota K., Hirao K., Ninomiya M., Murakami K., Fujii H., Miyake Y. The pathogenic factors from oral Streptococci for systemic diseases. *Int J Mol Sci*. 2019; 20 (18): 4571. [PMID: 31540175](#)
11. Andryukov B.G., Romashko R.V., Efimov T.A., Lyapun I.N., Bynina M.P., Matosova E.V. Mechanisms of adhesive-coadhesive interaction of bacteria in the formation of a biofilm. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2020; 4: 155—161 (In Russian). [eLibrary ID: 44312344](#)
12. 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](#)
13. An S., Evans J.L., Hamlet S., Love R.M. Incorporation of antimicrobial agents in denture base resin: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 2021; 126 (2): 188—195. [PMID: 32800329](#)
14. Paraszkiwicz K., Moryl M., Płaza G., Bhagat D., K Satpute S., Bernat P. Surfactants of microbial origin as antibiofilm agents. *Int J Environ Health Res*. 2021; 31 (4): 401—420. [PMID: 31509014](#)
15. 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](#)
16. de Lima Burgo T.A., Rezende C.A., Bertazzo S., Galembeck A., Galembeck F. Electric potential decay on polyethylene: Role of atmospheric water on electric charge build-up and dissipation. *Journal of electrostatics*. 2011; 69 (4): 401—409. [DOI: 10.1016/j.elstat.2011.05.005](#)
17. 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](#)
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). [eLibrary ID: 23492909](#)
19. 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](#)

20. Чижмаков Е.А., Жеребцов Е.Г., Галанкина М.А., Арутюнов А.С. Имmediат-протез с напечатанным зубным рядом из полиметилметакрилата и базисом из полиэтилентерефталата: клинический случай. — *Клиническая стоматология*. — 2023; 3: 100—109. [eLibrary ID: 54509014](#)
21. Salimon A.I., Statnik E.S., Kan Yu., Yanushevich O.O., Tsarev V.N., Podporin M.S., Arutyunov S.D., Skripnichenko P.Yu., Galstyan M.S., Korsunsky A.M. Comparative study of biomaterial surface modification due to subcritical CO₂ and autoclave disinfection treatment. — *The Journal of Supercritical Fluids*. — 2022; 191 (105789). [DOI: 10.1016/j.supflu.2022.105789](#)
22. Царев В.Н., Давыдова М.М., Николаева Е.Н., Плахтий Л.Я. Экспериментальные методы изучения адгезии микробов к стоматологическим материалам. — В кн.: Царев В.Н. (ред.) Микробиология, вирусология, иммунология полости рта: учебник. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. — С. 370—375. [eLibrary ID: 41602372](#)
23. 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](#)
24. Rosenberg M., Gutnick D., Rosenberg E. Adherence of bacteria to hydrocarbons: A simple method for measuring cell-surface hydrophobicity. — *FEMS Microbiology Letters*. — 1980; 9 (1): 29—33. [DOI: 10.1111/j.1574-6968.1980.tb05599.x](#)
25. Дубова Л.В., Царев В.Н., Золкина Ю.С., Малик М.В., Никитин И.С., Чувев В.П. Сравнительная оценка фрезеруемых материалов для временных несъемных ортопедических конструкций на имплантатах по данным изучения их напряженно-деформированных состояний и микробной адгезии в эксперименте. — *Клиническая стоматология*. — 2018; 3 (87): 74—78. [eLibrary ID: 35670902](#)
26. Fang J., Wang C., Li Y., Zhao Z., Mei L. Comparison of bacterial adhesion to dental materials of polyethylene terephthalate (PET) and polymethyl methacrylate (PMMA) using atomic force microscopy and scanning electron microscopy. — *Scanning*. — 2016; 38 (6): 665—670. [PMID: 26991988](#)
27. Ерошенко Д.В., Коробов В.П. Адгезия стафилококков: первый шаг к образованию биопленок. — *Успехи современной биологии*. — 2017; 1: 100—112. [eLibrary ID: 28856482](#)
20. Chizhnikov E.A., Zherebtsov E.G., Galankina M.A., Arutyunov A.S. Immediate denture with printed polymethylmethacrylate dentition and polyethylene terephthalate denture base: a clinical case. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2023; 3: 100—109 (In Russian). [eLibrary ID: 54509014](#)
21. Salimon A.I., Statnik E.S., Kan Yu., Yanushevich O.O., Tsarev V.N., Podporin M.S., Arutyunov S.D., Skripnichenko P.Yu., Galstyan M.S., Korsunsky A.M. Comparative study of biomaterial surface modification due to subcritical CO₂ and autoclave disinfection treatment. *The Journal of Supercritical Fluids*. 2022; 191 (105789). [DOI: 10.1016/j.supflu.2022.105789](#)
22. Tsarev V.N., Davydova M.M., Nikolaeva E.N., Plakhty L.Ya. Experimental methods for studying microbial adhesion to dental materials. — In: Tsarev V.N. (ed.) Microbiology, virology, immunology of oral cavity. Moscow: GEOTAR-Media, 2019. Pp. 370—375 (In Russian). [eLibrary ID: 41602372](#)
23. 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](#)
24. Rosenberg M., Gutnick D., Rosenberg E. Adherence of bacteria to hydrocarbons: A simple method for measuring cell-surface hydrophobicity. *FEMS Microbiology Letters*. 1980; 9 (1): 29—33. [DOI: 10.1111/j.1574-6968.1980.tb05599.x](#)
25. Dubova L.V., Tsarev V.N., Zolkina Yu.S., Malik M.V., Nikitin I.S., Chuev V.P. Comparative assessment of milled materials for temporary unremovable dentures supported by the isoelastic implants according to the experimental study of their stress-strain states and microbial adhesion. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2018; 3 (87): 74—78 (In Russian). [eLibrary ID: 35670902](#)
26. Fang J., Wang C., Li Y., Zhao Z., Mei L. Comparison of bacterial adhesion to dental materials of polyethylene terephthalate (PET) and polymethyl methacrylate (PMMA) using atomic force microscopy and scanning electron microscopy. *Scanning*. 2016; 38 (6): 665—670. [PMID: 26991988](#)
27. Eroshenko D.V., Korobov V.P. Adhesion of Staphylococci: the first step to biofilm formation. *Uspekhi sovremennoi biologii*. 2017; 1: 100—112 (In Russian). [eLibrary ID: 28856482](#)