



## РЕЗУЛЬТАТЫ АДГЕЗИИ МИКРООРГАНИЗМОВ К ПОВЕРХНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПРОТЕЗА-ОБТУРАТОРА

Н.А. Панахов<sup>1</sup>, Р.М. Джафаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Азербайджанский Медицинский Университет, ул. Бакиханова, д. 23, г. Баку, Азербайджан

<sup>2</sup>Нахичеванский государственный университет, Университетский городок, г. Нахичеван, Азербайджан

**Резюме.** Протезы-обтураторы могут быть заселены микроорганизмами и функционировать как резервуар инфекции. После резекции верхней челюсти обтураторы также подвергаются воздействию микроорганизмов, обитающих в носу и придаточных пазухах. *Цель* – оценить in vitro образование биопленки различными видами бактерий полости рта на образцах из титана и полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) экспериментальных групп. *Материал и методы.* Всего было приготовлено 115 образцов, которые, в зависимости от обработки, были разделены на 6 групп: 1 группа (контроль) включала 15 образцов гладкообработанного титанового сплава – Т-с; 2 группа – 20 образцов титана, обработанного лазером – Т-л; 3 группа – 20 образцов гладкообработанного ПЭЭК; 4 группа – 20 образцов ПЭЭК, модифицированного лазером – ПЭЭК-л; 5 группа – 20 образцов ПЭЭК, обработанного плазмой – ПЭЭК-п; 6 группа – 20 образцов ПЭЭК, обработанного лазером и плазмой – ПЭЭК-лп. Титановые диски были отфрезерованы из титанового сплава, диски ПЭЭК готовили из стержней ПЭЭК и впоследствии подвергали лазерному текстурированию с микроканавками. Использованы эталонные штаммы *Streptococcus mutans*, *Streptococcus oralis*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*. *Результаты.* Наименьшее количество всех видов микроорганизмов наблюдалось на поверхности образцов ПЭЭК, обработанных плазмой, а также лазером и плазмой, т.е. в 5 и 6 группах. Наиболее высокие прикрепленные КОЭ были *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus mutans* и *Streptococcus oralis*. Образцы из ПЭЭК во многих аспектах сопоставимы с титановым сплавом и в некоторых конкретных ситуациях лечения могут быть лучшим выбором, что подтвердило нулевую гипотезу. Наши наблюдения позволили получить ценную информацию о влиянии различных видов обработки поверхности на её топографию, что может послужить основой для разработки улучшенных свойств поверхности материалов. Использование ПЭЭК в качестве альтернативы металлу является превосходным. Следовательно, постоянные обтураторы верхней челюсти с фиксацией из ПЭЭК можно рассматривать как перспективный метод лечения пациентов с приобретенными дефектами верхней челюсти.

**Ключевые слова:** протез-обтуратор, in vitro, титан, полиэфирэфиркетон, биопленка, микроорганизмы.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

**Соответствие нормам этики.** Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая обязательное получение информированного согласия.

**Для цитирования:** Панахов Н.А., Джафаров Р.М. Результаты адгезии микроорганизмов к поверхности модифицированного протеза-обтуратора. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2024;14(6):171-175. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.6.DENT.1>



## THE RESULTS OF THE ADHESION OF MICROORGANISMS TO THE SURFACE OF THE MODIFIED PROSTHETIC OBTURATOR

Nazim A. Panahov<sup>1</sup>, Rauf M. Jafarov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Azerbaijan Medical University, Bakikhanov str., 23, Baku, Azerbaijan

<sup>2</sup>Nakhchivan State University, University Campus, Nakhchivan, Azerbaijan

**Abstract** Obturator prostheses can be populated by microorganisms and function as a reservoir of infection. After resection of the upper jaw, the obturators are also exposed to microorganisms living in the nose and paranasal sinuses. The aim is to evaluate in vitro biofilm formation by various types of oral bacteria on titanium and polyesteretherketone (PEEK) samples from experimental groups. *Materials and methods.* A total of 115 samples were prepared, which, depending on the treatment, were divided into 6 groups: group 1 (control) included 15 samples of smooth-treated titanium alloy - T-a; group 2 - 20 samples of titanium treated with laser - T-l; group 3 - 20 samples of smooth-processed PEEK; group 4 - 20 samples of PEEK modified with a laser - PEEK-l, group 5 - 20 samples of PEEK treated with PEEK-p; group 6 - 20 samples of PEEK treated with a laser and plasma - PEEK-lp. Titanium discs were milled from titanium alloy, PEEK discs were prepared from PEEK rods and subsequently subjected to laser texturing with micro grooves. Reference strains of *Streptococcus mutans*, *Streptococcus oralis*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Porphyromonas gingivalis*, and *Fusobacterium nucleatum* were used. Results. The smallest number of all types of microorganisms was observed on the surface of PEEK samples treated with plasma, as well as laser+plasma, i.e. in groups 5 and 6. The highest attached CoES were *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus mutans*, and *Streptococcus oralis*. Samples from PEEK are comparable to titanium alloy in many aspects and may be the best choice in some specific treatment situations, which confirmed the null hypothesis. Our observations allowed us to obtain valuable information about the influence of various types of surface treatment on its topography, which can serve as a basis for the development of improved surface properties of materials. The use of PEEK as an alternative to metal is excellent. Therefore, permanent upper jaw obturator with PEEK fixation can be considered as a promising method of treating patients with acquired maxillary defects.

**Keywords:** obturator prosthesis, in vitro, titanium, polyesteretherketone, biofilm, microorganisms

**Competing interests.** The authors declare no competing interests.

**Funding.** This research received no external funding.

**Compliance with ethical principles.** The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary.

**Cite as:** Panahov N.A., Jafarov R.M. The results of the adhesion of microorganisms to the surface of the modified prosthetic obturator. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2024;14(6):171-175. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.6.DENT.1>

Ортопедическое восстановление функций и формы лица с помощью obturatorных протезов является отличным методом замены отсутствующих частей и восстановления контура. Хирургические и временные obturаторы изготавливаются из акриловых смол, что ускоряет заживление в период восстановления и сокращает сроки реабилитации. По истечении трёх-четырёх месяцев после операции, тщательной оценки заживления и прогноза опухоли может быть установлено окончательное протезирование obturатора [1].

Наиболее часто используемым материалом для изготовления базисов зубных протезов и obturаторов является полиметилметакрилатная смола (ПММА), но, несмотря на свою популярность, смола ПММА далека от идеала. Основными недостатками материала являются усадка при полимеризации и снятие термических напряжений [2, 3].

Смолы на основе ПММА являются наиболее широко используемыми в стоматологии, особенно при изготовлении зубных протезов и ортодонтических приспособлений. Они считаются цитотоксичными из-за выщелачивания различных потенциально токсичных веществ, наиболее распространёнными из которых являются остаточные мономеры. Различные эксперименты in vitro и in vivo, а также исследования на клетках, проведённые с использованием акриловых смол или их выщелоченных компонентов, показали, что они обладают цитотоксическим

действием и могут вызывать раздражение слизистых оболочек и сенсибилизацию тканей [4]. Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК) – это высокоэффективный полимер, который обладает универсальной обрабатываемостью и обеспечивает такие преимущества, как малый вес, комфорт и улучшенная эстетика в стоматологии. Фрезерованные каркасы из ПЭЭК успешно применялись в протезах obturаторов верхней челюсти, но сообщения о ПЭЭК, напечатанных на 3D-принтере, немногочисленны [5].

Протезы-obturаторы могут быть заселены микроорганизмами и функционировать как резервуар инфекции. Подсчитано, что по меньшей мере 65 % всех случаев инфицирования человека связаны с микробными биопленками [2]. Мягкие накладки для зубных протезов и другие силиконовые материалы, используемые в челюстно-лицевых и голосовых протезах, подвержены колонизации *C. albicans* и другими микроорганизмами, что сокращает срок службы этих протезов. Ороназальные связи, которые развиваются после операции по удалению опухоли, предрасполагают к тому, что микрофлора obturatorного протеза будет отличаться от микрофлоры тех, кто носит обычные частичные и полные зубные протезы. До операции стрептококки являются наиболее распространёнными бактериями, обнаруживаемыми в полости рта. После резекции верхней челюсти obturаторы также подвергаются воздействию микроорганизмов, обитающих в носу и

придаточных пазухах. К ним относятся *Staphylococcus* spp., а также коринебактерии, *Haemophilus* spp. и Нейссерии [2].

Эти исследования важны не только для оценки долгосрочного клинического эффекта этих материалов, но и помогают в дальнейшей разработке альтернативных смол.

**Цель настоящего исследования** – оценить *in vitro* образование биопленки различными видами бактерий полости рта на образцах из титана и полиэфирэфиркетона экспериментальных групп.

### Материал и методы

Всего было приготовлено 115 образцов, которые, в зависимости от обработки, были разделены на 6 групп: 1 группа (контроль) включала 15 образцов гладкообработанного титанового сплава, обозначенного как Т-с – титановый сплав; 2 группа – 20 образцов титана, обработанного лазером – Т-л; 3 группа – 20 образцов гладкообработанного полиэфирэфиркетона – ПЭЭК; 4 группа – 20 образцов ПЭЭК, модифицированного лазером – ПЭЭК-л; 5 группа – 20 образцов ПЭЭК, обработанного плазмой ПЭЭК-п; 6 группа – 20 образцов ПЭЭК, обработанного лазером и плазмой – ПЭЭК-лп.

Титановые диски были отфрезерованы из титанового сплава Ti-6Al-4V ELI (со сверхнизким содержанием междоузлия). На титан, модифицированный лазером, были нанесены канавки диаметром 8 мкм (Laser-Lok; BioHorizons Inc.). Группа Т-с, подвергшаяся механической обработке, рассматривалась как контрольная группа. Диски ПЭЭК готовили из стержней ПЭЭК и впоследствии подвергали лазерному текстурированию с микроканавками. Для двух групп ПЭЭК были произведены модификации плазмой: 5 группа – ПЭЭК, обработанный плазмой (ПЭЭК-п); 6 группа – ПЭЭК, модифицированный лазером и обработанный плазмой (ПЭЭК-лп). Перед микробиологическим анализом образцы подвергались очистке, которую проводили в ультразвуковой ванне в 70%-м этаноле в течение 5 мин и дистиллированной воде в течение 5 мин. Затем образцы были аккуратно высушены и подвергнуты воздействию ультрафиолетового излучения при комнатной тем-

пературе в течение 30 мин с каждой стороны. Подготовленные образцы хранили в стерильных микроцентрифужных пробирках до проведения анализа. В исследовании использовали эталонные штаммы шести микроорганизмов: *Streptococcus mutans*, *Streptococcus oralis*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*. После процесса активации штамма по 3 колонии каждого вида были перенесены на специальные среды. Количество колоний на мл (КОЕ/мл) подсчитывали для каждой группы. Для удаления несвязанных бактериальных/грибковых клеток образцы промывали в стерильном растворе, затем переносили в стерильные микроцентрифужные пробирки. Разведённую среду из пробирок посеяли на питательные среды. Затем чашки инкубировали при температуре 37 °C в анаэробных (для бактерий) или аэробных условиях (для *C. albicans*) в течение 24 ч (для *Streptococcus mutans*, *Strep. oralis* и *C. albicans*) или 5 дней (для *F. nucleatum* и *P. gingivalis*). После инкубации определяли количество биопленки и выражали в КОЕ/мл. Для сканирования образовавшейся на поверхности образцов биопленки использовали сканирующий электронный микроскоп JEOL серии JSM-7800F (Япония) по протоколу подготовки [6].

Статистический анализ выполнен с использованием программы Statistica for Windows, v.16 (StatSoft, США). Рассчитывали среднее значение показателя (М), стандартного отклонения (SD). Для сравнения экспериментальных групп рассчитывали критерий Стьюдента (t) с определением достоверности различий (p). Значение  $p < 0,05$  считалось статистически значимым.

### Результаты и их обсуждение

Нулевая гипотеза заключалась в том, что на адгезию бактерий и образование биопленки будут влиять состав материала и модифицированная поверхность.

Результаты оценки величины адгезии *Streptococcus mutans*, *Streptococcus oralis*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Porphyromonas gingivalis* и *Fusobacterium nucleatum* к поверхности экспериментальных образцов представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Результаты анализа колониеобразующих единиц (мл $\times$ 10<sup>4</sup>) прилипших микроорганизмов  
**Table 1.** The results of the analysis of colony-forming units (ml x 10<sup>4</sup>) of adhering microorganisms

| Экспериментальные группы | №  | <i>Strepto coccus mutans</i> | <i>Strepto coccus oralis</i> | <i>Candida albicans</i> | <i>Staphylo coccus aureus</i> | <i>Porphyro monas gingivalis</i> | <i>Fusobacterium nucleatum</i> |
|--------------------------|----|------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 1 группа                 | 15 | 186,5 $\pm$ 18,44            | 136,6 $\pm$ 17,72            | 135,6 $\pm$ 15,66       | 59,4 $\pm$ 12,92              | 137,8 $\pm$ 14,14                | 190,4 $\pm$ 17,22              |
| 2 группа                 | 20 | 147,8 $\pm$ 20,7             | 112,5 $\pm$ 16,90            | 110,2 $\pm$ 14,87       | 51,1 $\pm$ 14,22              | 97,4 $\pm$ 13,54                 | 140,1 $\pm$ 14,42.             |
| 3 группа                 | 20 | 174,2 $\pm$ 19,54            | 140,2 $\pm$ 17,33            | 134,2 $\pm$ 16,13       | 58,2 $\pm$ 15,12              | 133,1 $\pm$ 19,27                | 192,1 $\pm$ 15,43              |
| 4 группа                 | 20 | 140,3 $\pm$ 18,4             | 116,8 $\pm$ 19,65            | 110,4 $\pm$ 15,42       | 50,8 $\pm$ 14,48              | 98,0 $\pm$ 11,88                 | 142,7 $\pm$ 16,46              |
| 5 группа                 | 20 | 102,9 $\pm$ 18,0             | 90,5 $\pm$ 19,11             | 88,7 $\pm$ 14,87        | 49,9 $\pm$ 15,11              | 87,1 $\pm$ 15,63                 | 132,9 $\pm$ 16,62              |
| 6 группа                 | 20 | 88,9 $\pm$ 19,23             | 77,8 $\pm$ 18,23             | 82,6 $\pm$ 6,0          | 47,5 $\pm$ 16,18              | 80,6 $\pm$ 15,58                 | 100,7 $\pm$ 18,84              |

По данным подсчёта колониеобразующих единиц (КОЕ), результаты исследования *Streptococcus mutans* КОЕ/мл показали более высокое среднее значение для биопленки, выращенной на гладкообработанных титановых образцах, по сравнению с другими образцами. Различие с образцами 2 группы составило 20,7 % ( $t = 1,40$ ,  $p = 0,172$ ), с образцами 3 группы - 6,6 % ( $t = 0,46$ ,  $p = 0,650$ ), с образцами 4 группы - 24,8 % ( $t = 1,77$ ,  $p = 0,086$ ), с образцами 5 группы - 44,8 % ( $t = 3,24$ ,  $p = 0,008$ ), с образцами 6 группы - 52,3 % ( $t = 3,66$ ,  $p = 0,001$ ).

Количество прикреплённых колоний *Streptococcus oralis* на образцах 1 группы по сравнению с образцами 6 группы было значительно выше на 43,0 % ( $t = 2,31$ ,  $p = 0,027$ ) и не существенно выше с образцами 2 группы - на 17,6 % ( $t = 0,98$ ,  $p = 0,332$ ), 4 группы - на 14,5 % ( $t = 0,75$ ,  $p = 0,460$ ), с образцами 5 группы - на 33,7 % ( $t = 1,77$ ,  $p = 0,086$ ). В тоже время количество прикреплённых колоний *Streptococcus oralis* на образцах 3 группы в сравнении с образцами 1 группы было незначительно выше на 2,6 % ( $t = 0,15$ ,  $p = 0,885$ ).

Результаты по *Candida albicans* показали сходные значения для 1 группы и 3 группы между которыми практически не было разницы ( $t = 0,06$ ,  $p = 0,951$ ). Не наблюдалось существенной разницы между 1 и 2 группами ( $t = 1,18$ ,  $p = 0,248$ ), а также между 1 и 4 группами ( $t = 1,15$ ,  $p = 0,260$ ). Существенное различие выявлено между 1 и 5 группами ( $t = 2,17$ ,  $p = 0,037$ ) и между 1 и 6 группами ( $t = 2,37$ ,  $p = 0,024$ ).

Количество прикреплённых колоний *Staphylococcus aureus* на образцах 1 и 3 групп практически не различалось ( $t = 0,06$ ,  $p = 0,952$ ). Между 1 и 2 группой не было отмечено значительной разницы, хотя число прикреплённых колоний *Staphylococcus aureus* в 1 группе было выше ( $t = 0,43$ ,  $p = 0,669$ ). Аналогичное наблюдалось между 1 и 4 группой ( $t = 0,44$ ,  $p = 0,661$ ) и 1 и 5 группами ( $t = 0,48$ ,  $p = 0,636$ ) и между 1 и 6 группами ( $t = 0,57$ ,  $p = 0,569$ ).

Согласно полученным результатам по *Porphyromonas gingivalis* в 1 группе выявлялся более высокий КОЕ, что по сравнению со 2 группой было выше на 29,3 % ( $t = 2,06$ ,  $p = 0,047$ ), с 4 группой - на 28,9 % ( $t = 2,16$ ,  $p = 0,039$ ), с 5 группой - на 36,8 % ( $t = 2,41$ ,  $p = 0,022$ ) и с 6 группой - на 41,5 % ( $t = 2,72$ ,  $p = 0,010$ ), но с 3 группой различий практически не было ( $t = 0,20$ ,  $p = 0,845$ ).

Значительные различия в значениях КОЕ/мл для *Fusobacterium nucleatum* были выявлены между 1 и 2 группами ( $t = 2,83$ ,  $p = 0,008$ ), 1 и 4 группами ( $t = 2,00$ ,  $p = 0,054$ ), 1 и 5 группами ( $t = 2,40$ ,  $p = 0,022$ ), 1 и 6 группами ( $t = 3,51$ ,  $p = 0,001$ ). Анализ показал, что в 3 группе КОЕ незначительно превышал аналогичный показатель в 1 группе, но разница была незначительной ( $t = 0,07$ ,  $p = 0,942$ ).

Из таблицы 1 очевидно, что наименьшее количество всех видов микроорганизмов наблюдалось на поверхности образцов ПЭЭК, обработанных плазмой, а также лазером и плазмой, т.е. в 5 и 6 группах. Кроме того, наиболее высокие прикреплённые КОЕ были *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus mutans* и *Streptococcus oralis*, т.е. патогены, связанные с ортопедическими инфекциями.

Биоматериалы в полости рта могут служить субстратами для бактериальной колонизации, что приводит к образованию биопленки. Биопленки представляют собой сообщества микроорганизмов, заключённых в матрицу внеклеточных полимерных веществ. Эти биопленки могут содержать патогенные бактерии, способствующие возникновению различных заболеваний полости рта, таких как кариес зубов, заболевания пародонта и инфекции, связанные с имплантатами. Поэтому крайне важно оценить склонность биоматериалов поддерживать рост бактерий и образование биопленки.

Известно, что на развитие и рост бактериальной биопленки на поверхности влияют несколько факторов, включая рельеф поверхности, гидрофобность, поверхностную энергию и заряд. Наличие более глубоких и широких углублений увеличивает площадь контакта, усиливая защиту бактерий от внешнего удаления. Это создает более благоприятную поверхность для колонизации и роста биопленки. В нашем исследовании, несмотря на то, что на поверхности образцов из ПЭЭК наблюдалась значительная шероховатость, у титановых образцов объём биопленки на поверхности был больше.

Смачиваемость поверхности также влияет на адгезию бактерий, где степень прикрепления зависит от вида бактерий, т.е. гидрофобные бактерии предпочитают гидрофобные поверхности, в то время как гидрофильные бактерии предпочитают гидрофильные поверхности [7]. Хотя в полости рта циркулирует более 500 видов бактерий, основной причиной хронического пародонтита является *Porphyromonas gingivalis* [8]. *P. gingivalis* обладает гидрофобными свойствами, и поэтому его прикрепление к гидрофильной поверхности не допускается [8, 9]. Следовательно, ожидается, что модификация поверхности для повышения гидрофильности поверхности будет способствовать остеоинтеграции и подавлению адгезии *P. gingivalis* (и других гидрофобных бактерий полости рта). Тем не менее, важно отметить, что взаимодействие между бактериями и поверхностью является довольно сложным явлением и зависит от нескольких факторов, включая внешнее напряжение сдвига, другие микроорганизмы, слюнную пленку, рельеф поверхности и т.д.

Результаты исследования согласуются с данными S. Vulovic и соавт. [10], которые описали *Strep. oralis* и *C. albicans* как гидрофобные штаммы микроорга-

низмов, преимущественно прилипающие к более гидрофобным поверхностям. Другое предположение состоит в том, что более высокая гидрофильность поверхности полимерных материалов приводит к усиленной бактериальной колонизации их поверхностей.

Измерения бактериальной адгезии показали, что наибольшая степень адгезии отмечалась на гладко-обработанной поверхности как титанового, так и ПЭЭК образцов.

Таким образом, результаты настоящего исследования показали, что образцы из ПЭЭК во многих аспектах сопоставимы с титановым сплавом и в не-

которых конкретных ситуациях лечения могут быть лучшим выбором, что подтвердило нулевую гипотезу. Наши наблюдения позволили получить информацию о влиянии различных видов обработки поверхности на её топографию, что может послужить основой для разработки улучшенных свойств поверхности материалов. Использование ПЭЭК в качестве альтернативы металлу является превосходным. Следовательно, постоянные obturatory верхней челюсти с фиксацией из ПЭЭК можно рассматривать как перспективный метод лечения пациентов с приобретёнными дефектами верхней челюсти.

#### Литература [References]

- 1 Пустовая И.В., Енгибарян М.А., Светицкий П.В., Аединова И.В., Волкова В.Л., Чертова Н.А. и др. Ортопедическое лечение у онкологических больных с челюстно-лицевой патологией. *Южно-Российский онкологический журнал*. 2021;2(2):22-33. Pustovaya I.V., Engibaryan M.A., Svetitskiy P.V., Aedinova I.V., Volkova V.L., Chertova N.A., Ulianova Yu.V., Bauzhadze M.V. Orthopedic treatment in cancer patients with maxillofacial pathology. *South Russian Journal of Cancer*. 2021;2(2):22-33. <https://doi.org/10.37748/2686-9039-2021-2-2-3>. (In Russ).
- 2 Elkhatab M.A., Mostafa M.H., AlSourori A.A. Microbial evaluation of heat cured silicone versus heat cured acrylic resin in maxillary obturator. *Bull Natl Res Cent* 2022;46:120. <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00805-0>
- 3 Kumar A., Seenivasan M., Inbarajan A. A Literature Review on Biofilm Formation on Silicone and Polymethyl Methacrylate Used for Maxillofacial Prostheses. *Cureus*. 2021;13(11):e20029, 1-5. <https://doi.org/10.7759/cureus.20029>
- 4 Gautam R., Singh R.D., Sharma V.P., Siddhartha R., Chand P., Kumar R. Biocompatibility of polymethylmethacrylate resins used in dentistry. *J Biomed Mater Res Part B* 2012;100B:1444-1450. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.32673>
- 5 Ding L., Chen X., Zhang J., Wang R., Wu G. Digital fabrication of a maxillary obturator prosthesis by using a 3-dimensionally-printed polyetheretherketone framework. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2023;129(1):230-233/ <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.04.002>
- 6 Scarano A., Piattelli M., Caputi S., Favero G.A., Piattelli A. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: An in vivo human study. *J. Periodontol*. 2004;75:292-296. <https://doi.org/10.1902/jop.2004.75.2.292>
- 7 Achinas S., Charalampogiannis N., Euverink G.J.W. A Brief Recap of Microbial Adhesion and Biofilms. *Appl. Sci.* 2019;9:2801. <https://doi.org/10.3390/app9142801>
- 8 How K.Y., Song K.P., Chan K.G. Porphyromonas gingivalis: An overview of periodontopathic pathogen below the gum line. *Front. Microbiol*. 2016;7:53. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00053>
- 9 Lyons K.M., Cannon R.D., Beumer J.3rd, Bakr M.M., Love R.M. The Role of Biofilms and Material Surface Characteristics in Microbial Adhesion to Maxillary Obturator Materials: A Literature Review. *The Cleft Palate Craniofacial Journal*. 2020;57(4):487-98. <https://doi.org/10.1177/1055665619882555>
- 10 Vulovic S., Nikolić-Jakoba N., Radunović M., Petrović S., Popovac A., Todorović M. et al. Biofilm Formation on the Surfaces of CAD/CAM Dental Polymers. *Polymers* 2023; 15: 2140. <https://doi.org/10.3390/polym15092140>

#### Авторская справка

##### Панахов Назим Адиль оглу

Д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии, Азербайджанский Медицинский Университет.

ORCID 0000-0002-5374-3874; ittihaf@yahoo.com

Вклад автора: идея, коррекция статьи.

##### Джафаров Рауф Мехрали оглу

Канд. мед. наук, заведующий кафедрой стоматологии медицинского факультета Нахичеванского Государственного Университета.

ORCID 0000-0002-1047-167X; Raufjafarov@rambler.ru

Вклад автора: сбор материала, написание статьи, статистическая обработка данных.

#### Author's reference

##### Nazim A. Panahov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Orthopedic Dentistry, Azerbaijan Medical University.

ORCID 0000-0002-5374-3874; ittihaf@yahoo.com

Author's contribution: idea, correction of the article.

##### Rauf M. Jafarov

Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Dentistry, Faculty of Medicine, Nakhichevan State University.

ORCID 0000-0002-1047-167X; Raufjafarov@rambler.ru

Author's contribution: collection of material, writing the article, statistical data processing.