DOI: https://doi.org/10.17816/mechnikov634363 EDN: HBJUOS

Биопленкообразующая активность *Enterococcus faecalis* на основных материалах базисов съемных стоматологических ортопедических конструкций

О.А. Шулятникова, М.В. Яковлев, А.П. Годовалов

Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера, Пермь, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. По данным ряда источников, *Enterococcus faecalis* отличается низкой биопленкообразующей способностью на полимерных материалах. Такая особенность энтерококков позволяет отнести их к маркерным штаммам при определении устойчивости пластмасс, применяемых в стоматологии, к колонизации микроорганизмами. Это обосновывает необходимость исследования аспектов взаимодействия клинических штаммов *Enterococcus faecalis* с основными конструкционными полимерными материалами, применяемыми для изготовления базисов съемных зубных протезов.

Цель — изучить биопленкообразующую активность штаммов *Enterococcus faecalis,* изолированных из ротовой полости, на основных материалах базисов съемных стоматологических ортопедических конструкций.

Методы. В исследование вошли пациенты с дефектами зубных рядов (код К08.1 по Международной классификации болезней). С целью оценки микробиоты ротовой полости, выделения клинических штаммов *Enterococcus faecalis* и их последующего культивирования на образцах акрилового материала горячего отверждения Этакрил-02, термоинжекционного полимера Deflex Acrynel и термопластичного безмономерного материала Perflex T-Crystal осуществляли забор биоматериала у пациентов групп наблюдения с центральной части вершины области дефекта зубного ряда при помощи тампон-зондов. Статистический анализ проводили с использованием критерия Шапиро–Уилка, *t*-критерия Стьюдента и критерия χ^2.

Результаты. Наиболее выраженное образование бактериальной пленки обнаружено на акриловом материале горячего отверждения (коэффициент биопленкообразующей активности варьировал от 16,7 до 30,6). Этот же показатель при исследовании на термопластичном безмономерном материале находился в пределах 4,6–10,1, а на термоинжекционном полимере — 1,2–2,7. Установлено, что 12,5% штаммов *Enterococcus faecalis* формировали интенсивную биопленку на термопластичном безмономерном материале и акриловом материале горячего отверждения одновременно, 25% — на термоинжекционном полимере и акриловом материале горячего отверждения. Четверть штаммов практически не формировали биопленку на термопластичном безмономерном материале и термоинжекционном полимере одновременно, оставшиеся 37,5% штаммов формировали умеренно выраженную бактериальную пленку на всех трех вариантах материалов.

Заключение. *Enterococcus faecalis* можно отнести к маркерным микроорганизмам для исследования устойчивости материалов базисов стоматологических ортопедических конструкций к микробной колонизации. На этапе планирования протезирования для рационального выбора полимера следует проводить детекцию энтерококков в ротовой полости.

Ключевые слова: базис протеза; съемное протезирование; биопленки; *Enterococcus faecalis*.

Как цитировать

Шулятникова О.А., Яковлев М.В., Годовалов А.П. Биопленкообразующая активность *Enterococcus faecalis* на основных материалах базисов съемных стоматологических ортопедических конструкций // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. 2025. Т. 17. № 2. С. 89–96. DOI: 10.17816/mechnikov634363 EDN: HBJUOS

Рукопись получена: 16.07.2024 **Рукопись одобрена:** 14.10.2024 **Опубликована online:** 25.06.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/mechnikov634363 EDN: HBJUOS

Biofilm-Forming Activity of *Enterococcus Faecalis* on Basic Materials of Removable Dental Prosthetic Bases

Oksana A. Shuliatnikova, Mikhail V. Yakovlev, Anatoliy P. Godovalov

E.A.Vagner Perm State Medical University, Perm, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: According to a number of authors, *Enterococcus faecalis* is characterised by low biofilm-forming ability on polymeric plastics. Such a feature of enterococci allows them to be considered marker strains in determining the resistance of plastics used in dentistry to microbial colonisation. This determines the need to study the aspects of interaction between clinical strains of *Enterococcus faecalis* and the main structural polymeric materials used for the manufacture of the bases of removable dental prostheses.

AIM: To study the biofilm-forming activity of *Enterococcus faecalis* strains isolated from the oral cavity on the basic materials of bases of removable dental prosthetic structures.

METHODS: The study included individuals with dental defects (code K08.1 according to the International Classification of Diseases). In order to assess the oral microbiota, isolate clinical strains of *Enterococcus faecalis*, and cultivate the on the following materials: hot-curing acrylic material Etacryl-02, thermoinjection polymer Deflex Acrynel, and thermoplastic monomer-free material Perflex T-Crystal, biomaterial was collected from patients of the observation groups from the central apex area of dental defects using swab probes. Statistical analysis was performed using the Shapiro–Wilk test, Student's *t*-test, and χ^2-test.

RESULTS: Bacterial film formation was most pronounced on the acrylic material hot curing acrylic material (coefficient of biofilm-forming activity ranged from 16.7 to 30.6). The same index was in the range of 4.6–10.1 when studied on thermoplastic monomer-free material, and for thermoinjection polymer — 1.2–2.7. It was found that 12.5% of *Enterococcus faecalis* strains formed an intensive biofilm on thermoplastic monomer-free material and hot curing acrylic material simultaneously, 25% — on thermoinjection polymer and hot curing acrylic material. A quarter of strains practically did not form biofilm on thermoplastic monomer-free material and thermoinjection polymer simultaneously, the remaining 37.5% of strains formed moderately pronounced bacterial film on all three variants of materials.

CONCLUSION: *Enterococcus faecalis* can be classified as a marker microorganism for investigating the resistance of dental prosthetic base materials to microbial colonization. At the stage of prosthetic planning, enterococci should be detected in the oral cavity for rational polymer selection.

Keywords: denture bases; denture; biofilms; *Enterococcus faecalis*.

To cite this article
Shuliatnikova OA, Yakovlev MV, Godovalov AP. Biofilm-Forming Activity of *Enterococcus Faecalis* on Basic Materials of Removable Dental Prosthetic Bases. *Herald of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov.* 2025;17(2):89–96. DOI: 10.17816/mechnikov634363 EDN: HBJUOS

Submitted: 16.07.2024 **Accepted:** 14.10.2024 **Published online:** 25.06.2025

ECO • VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 license
© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

На сегодняшний день съемные пластиночные акриловые протезы являются одними из наиболее распространенных видов стоматологических конструкций, восполняющих дефекты зубных рядов [1]. Однако данный вид конструкционного материала не лишен общеизвестных недостатков [2]. Тем не менее акриловые полимеры в силу своей низкой стоимости, а также технологической простоты применения на сегодняшний день остаются востребованными и широко применяемыми. Доля использования акриловых конструкционных материалов в мировой стоматологической ортопедической практике составляет около 98% [3].

Применение съемных пластиночных протезов так или иначе сильно влияет на состав микробиоты полости рта в силу многочисленных факторов, где главенствующим является увеличение адгезионной поверхности, а также тропность условно патогенных представителей микрофлоры рассматриваемого биотопа к материалам конструкционных элементов протеза.

В противовес недостаткам акрилатов можно выделить преимущества их современных аналогов в виде различных представителей термопластических полимеров, активно применяемых в ортопедической стоматологии в последние десятилетия [4, 5]. Однако основной проблемой в вопросе микробной адгезии данных материалов является трудность окончательной обработки съемных пластиночных протезов из термопластических полимеров из-за деформаций, возникающих от температурного воздействия [6]. Именно последний этап механической обработки стоматологических ортопедических конструкций из термопластов во многом определяет повышенное обсеменение поверхности съемного протеза и формирование на нем бактериальной пленки с проникновением микроорганизмов и в толщу базисного конструкционного материала в процессе их эксплуатации [6].

Многочисленными исследованиями [7–9] доказан факт разности показателей потенциала к микробной адгезии у конструкционных полимеров, применяемых в ортопедической стоматологии. Исследования авторов указывают на то, что данная величина зависит от времени инкубации как отдельных штаммов, так и многовидовой «смеси» микроорганизмов на образцах, исследуемых полимеров, их химического состава, характера обработки поверхностности и других факторов. Важно отметить, что и физико-химические характеристики конструкционного материала влияют на возможность прикрепления к нему микроорганизмов [10, 11]

Среди микроорганизмов, населяющих ротовую полость, особый клинический интерес представляют энтерококки, в первую очередь в силу уникальности проявления своей патогенности. Они входят в состав нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта человека и животных и в то же время могут вызывать инфекционно-воспалительные заболевания. При этом энтерококки отличают особые профили резистентности к антимикробным препаратам [12, 13]. Зачастую энтерококки обнаруживают при инфекционно-воспалительных заболеваниях ротовой полости, особенно при инфицировании корневых каналов и периодонтите [14, 15]. При кариесе и периимплантите энтерококки являются доминирующими микроорганизмами [16]. Так, в кариозных полостях частота встречаемости энтерококков достигает 60%, а при инфицировании эндодонта — 70% [17]. В исследованиях S.B. Bhardwaj и соавт. [18] показано, что при плохой гигиене и злоупотреблении курением *Enterococcus faecalis* занимают практически все биотопы ротовой полости. К настоящему времени ряд авторов [19–22] изучили биопленкообразующую активность представителей микробиоты ротовой полости на некоторых полимерах. Так, среди исследованных видов бактерий *Enterococcus* (*E.*) *faecalis* отличается относительно меньшей биопленкообразующей способностью [7]. Энтерококки могут внедряться в дентинные трубочки, формировать там биопленки и выживать даже при скудной обеспеченности питательными веществами, а также выдерживать внешние воздействия [23]. Это существенно осложняет дезинфекцию дентинных трубочек и мешает в полной мере элиминировать из них энтерококки. Все это позволяет отнести энтерококки к маркерным штаммам при определении устойчивости материалов к колонизации микроорганизмами. Кроме того, необходимо исследовать аспекты взаимодействия клинических штаммов *E. faecalis* с основными конструкционными полимерными материалами, применяемыми для изготовления базисов съемных зубных протезов на диагностическом этапе планирования стоматологического ортопедического лечения пациентов с дефектами зубных рядов.

Цель — изучить биопленкообразующую активность штаммов *E. faecalis,* изолированных из ротовой полости, на основных материалах базисов съемных стоматологических ортопедических конструкций.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования:

- интервенционное неослепленное;
- многоцентровое;
- проспективное;
- выборочное;
- неконтролируемое.

Критерии соответствия

Для исследования сформированы две группы наблюдения, включающие две подгруппы согласно наличию/отсутствию воспаления мягких тканей протезного ложа.

Критерии включения:

- наличие информированного добровольного согласия на участие в исследовании;

- отсутствие вредных привычек (алкогольной, никотиновой и наркотической зависимостей);
- не принимали антибиотики и не использовали антисептики в течение 3 мес. до исследования;
- диагностировано полное (для основной группы) или частичное (для группы сравнения) отсутствие зубов на обеих челюстях (код K08.1 по Международной классификации болезней);
- диагностированный хронический протезный стоматит (код K12.1 по Международной классификации болезней) бактериального генеза, подтвержденного результатами микробиологического анализа (для второй подгруппы основной группы);
- диагностированный хронический генерализованный пародонтит средней степени тяжести (код K05.31 по Международной классификации болезней) для второй подгруппы группы сравнения;
- слизистая оболочка протезного ложа по Суппле I, II или III типа для основной группы пациентов;
- состояние верхней и нижней челюстей типа 1, 2, 3 или 4 по Оксману для основной группы пациентов;
- отсутствие новообразований;
- пользование полными съемными пластиночными протезами из акриловой пластмассы сроком более 6 мес.;
- отсутствие ранее установленных дентальных имплантатов;
- последнее удаление зубов проведено более чем за год до настоящего обследования.

Критерии невключения:

- наличие вредных привычек (алкогольной, никотиновой и наркотической зависимостей);
- принимали антибиотики или использовали антисептики за 3 мес. до обследования;
- слизистая оболочка протезного ложа по Суппле IV типа;
- наличие новообразований;
- наличие общесоматической патологии в стадии обострения;
- наличие ранее установленных дентальных имплантатов;
- последнее удаление зубов проведено менее чем за 6 мес. до настоящего исследования.

Критерии исключения:

- добровольный отказ от участия в исследовании;
- добровольный отказ от стоматологического ортопедического лечения.

Размер выборки предварительно не рассчитывали.

Условия проведения исследования

Клиническое обследование пациентов стоматологического ортопедического профиля выполнено на базе кафедры ортопедической стоматологии Пермского государственного медицинского университета им. акад. Е.А. Вагнера, ортопедического отделения Городской стоматологической поликлиники.

В комплексе клинического стоматологического обследования пациенты группы сравнения дополнительно проходили рентгенологическое исследование (ортопантомографию).

Продолжительность исследования

Продолжительность исследования составила 15 мес. (с 1 октября 2021 г. по 24 декабря 2022 г.).

Описание медицинского вмешательства

Клинические методы исследований включали планирование, проведение, анализ результатов с последующим составлением и документированием отчетов, что обеспечивало научную значимость исследований и их этическую приемлемость в соответствии со стандартом «Надлежащая клиническая практика» (Good Clinical Practice).

Клиническое обследование пациентов, ранее эксплуатировавших полные съемные пластиночные протезы на обеих челюстях, включало опрос с выяснением основных жалоб, таких как болезненность, чувство дискомфорта, жжения в области протезного ложа, сухость полости рта, ухудшение фиксации и эстетических характеристик эксплуатируемой стоматологической ортопедической конструкции, наличие неприятного запаха изо рта и от конструкции зубного протеза.

При сборе анамнеза особое внимание обращали на наличие сопутствующих и ранее перенесенных заболеваний (системных и стоматологических), причины удаления зубов, длительность использования стоматологической конструкции, наличие боли в области тканей протезного ложа, особенности эксплуатации полных съемных протезов, способ и кратность их гигиенической очистки в течение дня.

Объективное обследование начинали с внешнего осмотра пациента. При этом оценивали: состояние кожных покровов лица и видимых слизистых оболочек, линии смыкания губ и улыбки, симметричность лица, выраженность носогубных и подбородочной складок, высоту нижней трети лица. Далее обследовали височно-нижнечелюстной сустав, уделяя внимание признакам дисфункции (болезненности, толчкам, хрусту, асинхронности и др.) при движениях головок нижней челюсти. Пальпаторно (внутри- и внеротовым методом) оценивали состояние мышц челюстно-лицевой области и регионарных лимфатических узлов.

Осмотр полости рта начинали с преддверия ротовой полости. При этом оценивали состояние слизистой оболочки, выводных протоков околоушных слюнных желез, уздечек губ, слизистых тяжей и переходной складки. При осмотре собственно полости рта также учитывали состояние слизистой оболочки, наличие/отсутствие патологических элементов.

С целью установления стоматологического статуса и достижения высокой чистоты исследования у пациентов группы сравнения по стандартным методикам проводили индексную оценку состояния тканей пародонта [определяли папиллярно-маргинально-альвеолярный индекс (PMA) и коммунальный пародонтальный индекс (CPI)], фиксировали степень подвижности зубов по шкале Миллера (1938)

в модификации Флезара (1980), при обследовании зубных рядов, а также, опираясь на данные ортопантомограмм, определяли индекс интенсивности поражения зубов кариесом (КПУ).

Забор биоматериала у пациентов групп наблюдения с целью последующего изучения микробиоты ротовой полости осуществляли с центральной части вершины области дефекта зубного ряда при помощи тампон-зондов. После предварительного разведения (1:1000) осуществляли посев содержимого на кровяной агар, среды Эндо и Сабуро, селективные среды для выделения стрептококков. Инкубацию осуществляли при температуре 37°C, во влажной атмосфере в микроаэрофильных условиях. Выделенные штаммы идентифицировали по культуральным, тинкториальным и биохимическим признакам.

Исходы исследования включали определение маркерного микроорганизма для оценки потенциала полимерных материалов базисов съемных стоматологических ортопедических конструкций к микробной адгезии, а также разработку рекомендаций по персонифицированному подбору материала базиса съемных протезов с учетом состава микробиоты ротовой полости.

Анализ в подгруппах

Проведен комплексный стоматологический осмотр пациентов с частичными и полными дефектами зубного ряда (код К08.1 по Международной классификации болезней), получен биоматериал, оценен микробный состав.

В основную группу вошли лица с диагнозом «полное отсутствие зубов» (код К08.1 по Международной классификации болезней). Первая подгруппа включала пациентов, пользующихся ранее изготовленными полными съемными пластиночными протезами из акриловой пластмассы в течение не менее полугода до момента обследования, прошедших период адаптации и не показавших клинические признаки воспалительных явлений со стороны слизистой оболочки рта и пародонта. Вторая подгруппа включала лиц, пользующихся полными съемными пластиночными протезами из акриловой пластмассы в течение не менее полугода до момента исследования, прошедших период адаптации, с выявленными при объективном клиническом обследовании признаками воспаления мягких тканей протезного ложа (хроническим протезным стоматитом) бактериального генеза, подтвержденного результатами микробиологического анализа. При этом для постановки развернутого диагноза «протезный стоматит» (код К12.1 по Международной классификации болезней) пользовались классификацией, предложенной А.К. Иорданишвили (1988).

Группа сравнения была представлена лицами с малыми/средними дефектами зубного ряда (код К08.1 по Международной классификации болезней), ранее не использовавшими съемные зубные протезы. Первая подгруппа включала пациентов с дефектами зубного ряда без признаков воспаления мягких тканей пародонта. Во вторую подгруппу вошли лица с дефектами зубного ряда и сочетанным воспалением мягких тканей пародонта.

Методы регистрации исходов

С целью оценки потенциала полимерных материалов базисов съемных стоматологических ортопедических конструкций к микробной адгезии проводили серию исследований, где акриловый материал горячего отверждения Этакрил-02, термоинжекционный полимер Deflex Acrynel для полносъемных протезов и термопластичный безмономерный материал Perflex T-Crystal в виде одинаковых образцов размерами 4×4×1 мм (общая площадь их открытой поверхности составляла 48±0,9 мм^2) и стеклянные шарики, выполненные из медицинского стекла марки ВС-3 (ГОСТ 19808-86) диаметром 3,9 мм (общая площадь их открытой поверхности составляла 47,7±1,1 мм^2), используемые в качестве материала сравнения, помещали в лунки стерильных плоскодонных планшетов. Затем в планшетах формировали биопленки и культивировали их на образцах при температуре 37°C в течение 24–48 ч с последующей окраской по методике, описанной G.A. O'Toole [24]. Для экстракции красителя образцы материалов переносили в новый планшет, чтобы исключить объем биомассы пленки, сформировавшийся на стенках лунок планшета. После экстракции красителя раствор переносили в новый планшет для фотометрирования.

Статистический анализ

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета Statistica 7.0 (StatSoft, Inc, США). Для проверки нормальности распределения применяли критерий Шапиро–Уилка. В случае распределения, приближенного к нормальному, использовали *t*-критерий Стьюдента, в остальных случаях — критерий Манна–Уитни для оценки значимости различий. Результаты представлены в виде среднего арифметического и его стандартной ошибки. Статистические различия между показателями оценивали с помощью непараметрического метода анализа — критерия χ^2.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

В исследование вошли 219 человек (126 мужчин и 93 женщины) в возрасте от 60 до 74 лет с дефектами зубных рядов (код К08.1 по Международной классификации болезней). Основная группа из 131 человека (82 мужчин и 49 женщин) включала пациентов с полным отсутствием зубов на обеих челюстях и была разделена на две подгруппы: первую (66 человек; 40 мужчин и 26 женщин) и вторую (65 человек; 42 мужчины и 23 женщины). Группа сравнения включала 88 человек (44 мужчины и 44 женщины) с малыми/средними дефектами зубных рядов и была разделена на две подгруппы:

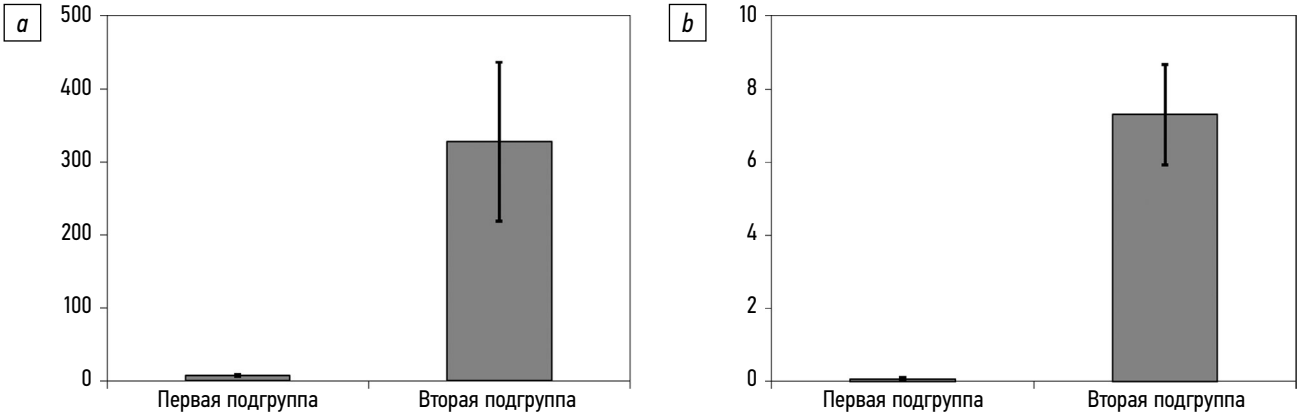

Рис. 1. Численность *Enterococcus faecalis*, изолированных с вершины альвеолярного отростка верхней челюсти (×10^4 КОЕ/тампон): *a* — основная группа; *b* — группа сравнения.

Fig. 1. Numbers of *Enterococcus faecalis* isolated from the maxillary alveolar apex (×10^4 CFU/swab): *a*, main group; *b*, comparison group.

первую (44 человека; 23 мужчины и 21 женщина) и вторую (44 человека; 24 мужчины и 20 женщин).

Основные результаты исследования

По результатам исследований микробиоты ротовой полости у пациентов с полным отсутствием зубов, ранее эксплуатировавших полные съемные пластиночные протезы, установлена высокая частота встречаемости *E. faecalis*. В основной группе у каждого четвертого пациента (29; 43,9%) отмечено присутствие названных микроорганизмов. При этом энтерококки в группе сравнения встречались чаще при наличии воспалительных изменений мягких тканей пародонта. У пациентов основной группы при одинаковой встречаемости данного вида в подгруппах микробная нагрузка *E. faecalis* была выше при воспалении. Это указывает на роль энтерококков в развитии патологических процессов воспалительного характера тканей протезного ложа при полном отсутствии зубов (рис. 1).

Установлено, что выделенные от разных пациентов клинические штаммы одного и того же вида (*E. faecalis*) могут отличаться как по генотипическим, так и по фенотипическим признакам. В связи с этим персонифицированный подбор конструкционного материала базиса съемного пластиночного протеза можно обосновать возможностями биопленкообразующей активности аутоштаммов *E. faecalis* на вариантных образцах базисного материала: акрилового материала горячего отверждения, термоинжекционного полимера для полносъемных протезов и термопластичного безмономерного материала. При использовании статических условий основным синтетическим материалом для изучения роста, жизнедеятельности и поведения биопленок является полистирол. Адгезия микроорганизмов к полистиролу не отражает их истинной активности [25], особенно если учитывать факт отсутствия данного полимера в стоматологической практике в целом. В связи с этим в качестве материала сравнения выбрано стекло, так как поверхность его образцов наиболее инертна к адгезивным способностям микроорганизмов.

При анализе выраженности биопленкообразования на материалах для базисов полных съемных пластиночных протезов относительно стекла (рис. 2) установлено наиболее выраженное образование бактериальной пленки на акриловом материале горячего отверждения (коэффициент биопленкообразующей активности варьировал от 16,7 до 30,6). Этот же показатель при исследовании на термопластичном безмономерном материале находился в пределах 4,6–10,1, а для термоинжекционного полимера — 1,2–2,7.

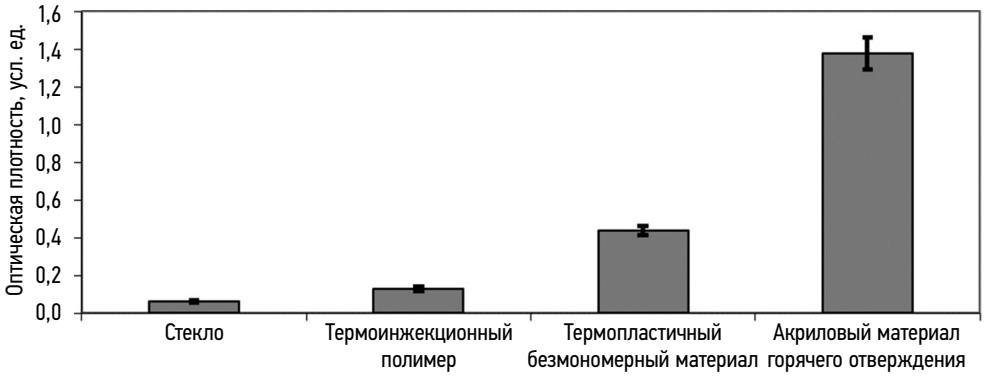

Рис. 2. Масса биопленки *Enterococcus faecalis* на полимерных стоматологических конструкционных материалах для базисов съемных пластиночных протезов.

Fig. 2. Mass of *Enterococcus faecalis* biofilm on polymeric dental construction materials for removable denture bases.

Установлено, что 12,5% штаммов *E. faecalis* формировали интенсивную биопленку на термопластичном безмономерном материале и акриловом материале горячего отверждения одновременно, 25% — на термоинжекционном полимере и акриловом материале горячего отверждения. Четверть штаммов практически не формировали биопленку на термопластичном безмономерном материале и термоинжекционном полимере одновременно, оставшиеся 37,5% штаммов формировали умеренно выраженную бактериальную пленку на всех трех вариантах материалов.

На основании данных о выраженности биопленкообразования на полимерных материалах базисов съемных пластиночных протезов с учетом количественных характеристик изолированного штамма *E. faecalis* у пациента с полным отсутствием зубов разработан оригинальный подход к персонифицированному подбору конструкционного полимера.

Нежелательные явления отсутствуют.

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным литературы [7, 14, 15], патогенный потенциал *E. faecalis* распространяется на инициацию воспаления. В целом биологические особенности, набор факторов патогенности и клиническое значение энтерококков позволяют применять микроорганизмы этого вида в качестве тестовых для персонифицированного выбора конструкционного материала базиса съемного пластиночного протеза.

По результатам представленных исследований установлена выраженность биопленкообразования *E. faecalis* на основных полимерах, традиционно используемых при изготовлении стоматологических ортопедических съемных конструкций у каждого конкретного пациента, что позволяет персонифицировать подход к выбору того или иного конструкционного материала базиса будущего протеза. Так, в случае отсутствия *E. faecalis* в ротовой полости в качестве конструкционных материалов базисов съемных протезов целесообразно обоснованное применение акрилового материала горячего отверждения, термоинжекционного полимера и термопластичного безмономерного материала. При детекции этого микроорганизма в количестве, не превышающем 10^4 КОЕ/тампон, для снижения вероятности провокации обсеменения, рекомендованы термоинжекционный полимер и термопластичный безмономерный материал. В случаях массивной колонизации ротовой полости *E. faecalis* (10^5 КОЕ/тампон и более) предпочтение следует отдавать конструкционному материалу для базисов съемных протезов из термоинжекционного полимера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

E. faecalis можно отнести к маркерным микроорганизмам для исследования устойчивости материалов базисов стоматологических ортопедических конструкций к микробной колонизации. На этапе планирования протезирования для рационального выбора полимера следует проводить детекцию энтерококков в ротовой полости.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. О.А. Шулятникова — определение концепции, работа с данными, анализ данных, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи; М.В. Яковлев — проведение исследования, анализ данных, написание черновика рукописи; А.П. Годовалов — формальный анализ, написание черновика рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Пермского государственного медицинского университета им. акад. Е.А. Вагнера (№ 9 от 30.09.2021). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия на участие в исследовании. Исследование и его протокол не регистрировали.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали один внутренний рецензент из состава редакционной коллегии и один внутренний рецензент из состава редакционного совета.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: O.A. Shuliatnikova: conceptualization, data curation, formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing; M.V. Yakovlev: investigation, formal analysis, writing—review & editing; A.P. Godovalov: formal analysis, writing—original draft. All authors approved the version of the manuscript to be published, and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of it are appropriately reviewed and resolved.

Ethics approval: The study was approved by the local Ethics Committee at Academician E.A. Wagner Perm State Medical University (Protocol No. 9 dated September 30, 2021). All participants provided written informed consent to participate in the study. The study and its protocol were not registered.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests over the past three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: The authors did not use any previously published information (text, illustrations, or data) in this work.

Data availability statement: All data generated during this study are included in this article.

Generative AI: Generative AI technologies were not used for this article creation.

Provenance and peer-review: This work was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved one member of the Editorial Board and one member of the Editorial Council.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Makhmudov MM. Clinical assessment of the orthopaedic status of persons using non-removable dental prosthesis. *Avicenna Bulletin*. 2011;(2):62–65. EDN: PBOCRZ

2. Klemin VA, Vorozhko AA. Choice of materials for orthopedic treatment of patients requiering removable prosthesis. *Far Eastern Medical Journal*. 2015;(1):41–46. EDN: TNFZIJ

3. Shtana VS, Ryzhova IP. The review of modern basic polymers in orthopedic stomatology. *Actual problems of medicine*. 2019;(2):224–234. EDN: AUHNTM doi: 10.18413/2075-4728-2019-42-2-224-234

4. Gridina VO. *Increasing the effectiveness of prevention, diagnosis and treatment of increased erasability of hard tissues of teeth in patients with hypertonus of masticatory muscles (experimental-clinical study)* [dissertation]. Perm; 2021.182 p. (In Russ.) EDN: SPTSJN

5. Shulyatnikova OA. *Development, optimisation of materials and constructions for orthopaedic stage of treatment of patients with fractures and acquired defects of jaw bones. Experimental and clinical study* [dissertation]. Perm; 2018. 286 p. (In Russ.) EDN: VBZRLP

6. Rubtsova EA, Chirkova NV, Polushkina NA, et al. Evaluation of the microbiological examination of removable dentures of thermoplastic material. *Bulletin of New Medical Technologies*. 2017;(2):267–270. EDN: ZBADWD

7. Arutyunov AS, Tsarev VN, Sedrakyan AN, et al. Analysis of biofilm microflora species on jaw and tooth prothesis base in cancer patients with postoperative jaw defects. *Journal of N.N. Blokhin Russian cancer research center RAMS*. 2009;(2):11–19. EDN: KVYJRD

8. Didenko LV, Avtandilov GA, Smirnova TA, et al. Study of colonization processes and persistence of microorganisms in artificial materials for medical use. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2015;(5):64–69. EDN: ZQJYFF

9. Zudin PS, Tsalikova NA, Mitronin VA, et al. Analysis of the adhesion of microorganisms to modern basic materials in prosthetic dentistry. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2018;(6):96–99. EDN: YMCISI doi: 10.25207/1608-6228-2018-25-6-96-99

10. Li G. Study of adherence of normal oral bacteria on polymethyl methyacrylate containing silver – supported silicate inorganic antibacterial. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2007;25(3):280–284. (In Chinese)

11. Arutyunov SD, Ibragimov TI, Tsarev VN, et al. Microbiological validation of the choice of basic plastic for removable dentures. *Stomatology*. 2002;81(3):4–8. EDN: PDNEEU

12. Musawi MH, Abdullaziz AA. Isolation and characterization of antibiotics resistance enterococcus faecium from mastitic cow's milk. *Iraqi J Vet Sci*. 2023;37:21–27. doi: 10.33899/ijvs.2023.1391120.2884

13. Kaittan ZQ, Zghair ZR. Enterococcus spp from the oral cavity and wounds of slaughterhouse workers in Baghdad city. *Journal of Medicinal and Pharmaceutical Chemistry Research*. 2025;7(6):1174–1186. doi: 10.48309/jmpcr.2025.469943.1350 Available from: https://jmpcr.samipubco.com/article_207539.html

14. Mustafa EA, Hamdoon SM, Shehab EY. Molecular detection and identification of enterococcus faecium isolated from dental root canals. *Iraqi J Sci*. 2021;62(5):1447–1451. doi: 10.24996/ijs.2021.62.5.7

15. Hameed TA, Humud HR, Ali LF. Effect of plasma-activated water and direct plasma on enterococcus faecalis bacteria for disinfection of tooth root canal. *Iraqi J Sci*. 2023;6:2889–2898. doi: 10.24996/ijs.2023.64.6.19

16. Kouidhi B, Zmantar T, Mahdouani K, et al. Antibiotic resistance and adhesion properties of oral Enterococci associated to dental caries. *BMC Microbiol*. 2011;11:155. doi: 10.1186/1471-2180-11-155

17. Medina A, Martin C, Villalobos M, et al. Enterococcus faecalis en dientes con periodontitis apical asintomática. *Archiv Médic de Camag*. 2014;18(4):415–423.

18. Bhardwaj SB, Mehta M, Sood S. Enterococci in the oral cavity of periodontitis patients from different urban socioeconomic groups. *Dent Res J (Isfahan)*. 2020;17(2):147–151.

19. Afanasyeva AS. Colonisation of prosthetic and filling materials by oral cavity microflora. *Siberian Medical Review*. 2007;(4):50–54. EDN: NDPAWV

20. Marsh PD, Zaura E. Dental biofilm: ecological interactions in health and disease. *J Clin Periodontol*. 2017;(44):12–22. doi: 10.1111/jcpe.12679

21. Tsarev VN, Abakarov SI, Umarova SE. Dynamics of colonisation by microbial flora of the oral cavity of various materials used for dental prosthetics. *Stomatology*. 2000;(1):55–57. EDN: LVWHWI

22. Tsarev VN, Stepanov AG, Ippolitov EV, et al. Control of primary adhesion of microorganisms and formation of biofilms on stomatological materials used for transdental implantation in dental stabilizing operations. *Russian Clinical Laboratory Diagnostics*. 2018;63(9):568–573. EDN: YPEGEX doi: 10.1882im69-2084-2018-63-9-568-573

23. Bedier MM, Hashem AY, Hassan YM. Improved dentin disinfection by combining different geometry rotary nickel-titanium files in preparing root canals. *Restor Dent Endod*. 2018;43(4):e46. doi: 10.5395/rde.2018.43.e46

24. O'Toole GA. Microtiter dish biofilm formation assay. *J Vis. Exp*. 2011;(47):2437. doi: 10.3791/2437

25. Godovalov AP, Karpunina TI, Gushchin MO. Peculiarities of antimicrobial relationships in the vaginal microbiota of infertile women. *Medical Academic Journal*. 2017;17(4):53–54. EDN: YWNTVQ

ОБ АВТОРАХ

Шулятникова Оксана Александровна, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-2033-5903;
eLibrary SPIN: 4670-4605;
e-mail: anasko06@mail.ru

Яковлев Михаил Владимирович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-2895-387X;
eLibrary SPIN: 4665-2340;
e-mail: mikhailyak@mail.ru

*** Годовалов Анатолий Петрович**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 614990, Пермь, ул. Петропавловская, д. 26;
ORCID: 0000-0002-5112-2003;
eLibrary SPIN: 4482-4378;
e-mail: agodovalov@gmail.com

AUTHORS INFO

Oksana A. Shuliatnikova, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-2033-5903;
eLibrary SPIN: 4670-4605;
e-mail: anasko06@mail.ru

Mikhail V. Yakovlev, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-2895-387X;
eLibrary SPIN: 4665-2340;
e-mail: mikhailyak@mail.ru

*** Anatoliy P. Godovalov**, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 26 Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russia;
ORCID: 0000-0002-5112-2003;
eLibrary SPIN: 4482-4378;
e-mail: agodovalov@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author