

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_52

[С.И. Гажва](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой
стоматологии[А.А. Филимонов](#)¹,очный аспирант 3-го года обучения,
ассистент кафедры стоматологии[Ю.Л. Денисова](#)²,д.м.н., профессор, заместитель зав.
кафедрой по учебно-методической работе[А.Г. Манукян](#)¹,соискатель ученой степени к.м.н. кафедры
стоматологии[Н.И. Игнатова](#)¹,к.б.н., доцент кафедры эпидемиологии,
микробиологии и доказательной медицины[Д.А. Сергеев](#)¹,ординатор 2-го года обучения кафедры
стоматологии[А.Ю. Карташов](#)¹,очный аспирант 1-го года обучения
кафедры стоматологии¹ Приволжский исследовательский
медицинский университет, 603005,
Нижний Новгород, Россия² БГМУ, 220083, Минск, Белоруссия

Адгезия микробиоты полости рта к конструкционным материалам для производства элайнеров

Реферат. В условиях растущего спроса на коррекцию аномалий положения отдельных зубов наблюдается активное внедрение цифровых технологий и разработка новых фотополимерных материалов для производства элайнеров. Это обуславливает необходимость проведения системного исследования их конструкционных характеристик. Известно, что создание дополнительных ретенционных пунктов в полости рта за счет элайнеров способствует формированию бактериальной биопленки, скорость образования которой зависит в том числе от особенностей материалов. **Цель** — изучить адгезивную активность представителей микробиоты рта к конструкционным материалам для элайнеров, изготовленных различными способами. **Материалы и методы.** Исследовали материал для 3D-печати Graphy Direct Aligner (Ю. Корея) и материалы для термоформования Zendura (США), Biolon (Германия) и Duran (Германия). Из них было изготовлено по 18 образцов одинакового размера диаметром 10 мм (площадь 78,5 мм²). Культуры *C. albicans*, *C. kruzei*, *Str. pyogenes*, *S. aureus* и *Str. salivarius* окрашивали генцианвиолетом и выдерживали в планшете с образцами в течение 1, 3 и 6 часов. Затем измеряли оптическую плотность раствора красителя, элюированного с помощью спирта из клеточных стенок микробов, прилипших к поверхности образцов. В качестве контроля служили образцы без добавления микробной взвеси, окрашенные тем же способом. **Результаты.** Установлено, что перечисленные микроорганизмы обладают различной скоростью адгезии к конструкционным материалам. Кроме того, имеет место быть видовая специфичность микроорганизмов: *S. aureus* показал универсальную адгезивную активность, *Candida spp.* — варибельную реакцию, что необходимо обязательно учитывать при выборе материала. **Заключение.** Выявлена видовая специфичность микроорганизмов, требующая индивидуального подхода к выбору материала для изготовления элайнеров. Результаты исследования подчеркивают необходимость дальнейшего изучения физико-химических характеристик материалов и их влияния на микробиоту полости рта. Материал Zendura рекомендован для применения у пациентов с повышенным риском воспалительных заболеваний, в то время как использование материала Graphy может быть сопряжено с более высоким риском адгезии микроорганизмов.

Ключевые слова: элайнеры, адгезия микроорганизмов, конструкционные материалы, 3D-печать, термоформование

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Гажва С.И., Филимонов А.А., Денисова Ю.Л., Манукян А.Г., Игнатова Н.И., Сергеев Д.А., Карташов А.Ю. Адгезия микробиоты полости рта к конструкционным материалам для производства элайнеров. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 52—56.

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_52

[S.I. Gazhva](#)¹,Doctor of Science in Medicine, full professor
of the Dentistry Department[A.A. Filimonov](#)¹,3rd year postgraduate and assistant
at the Dentistry Department[Yu.L. Denisova](#)²,Doctor of Science in Medicine, Professor,
Deputy Head of the Department for
Educational and Methodological Work[A.G. Manukyan](#)¹,

PhD candidate at the Dentistry Department

[N.I. Ignatova](#)¹,PhD in Biology, associate professor
of the Epidemiology, microbiology, and
evidence-based medicine Department

Adhesion of oral microbiota to structural materials for manufacturing aligners

Abstract. With the growing demand for correction of individual tooth position anomalies, there is an active implementation of digital technologies and the development of new photopolymer materials for the production of aligners. This necessitates a systematic study of their structural characteristics. It is known that the creation of additional retention points in the oral cavity due to aligners contributes to the formation of a bacterial biofilm, the rate of formation of which depends, among other things, on the properties of the materials. **The aim of the study** was to study the adhesive activity of oral microbiota representatives to structural materials for aligners manufactured using various methods. **Materials and methods.** The 3D printing material Graphy Direct Aligner (South Korea) and thermoforming materials Zendura (USA), Biolon (Germany), and Duran (Germany) were studied. Eighteen identically sized samples of 10 mm in diameter (area 78.5 mm²) were fabricated from each of these materials. Cultures of *C. albicans*, *C. kruzei*, *Str.*

[D.A. Sergeev](#)¹,

2nd year resident in the Dentistry Department

[A.Yu. Kartashov](#)¹,

1st year postgraduate at the Dentistry Department

¹ Privolzhsky Research Medical University, 603005, Nizhny Novgorod, Russia

² Belarusian State Medical University, 220083, Minsk, Belarus

pyogenes, *S. aureus*, and *Str. salivarius* were stained with gentian violet and incubated in the sample plate for 1, 3, and 6 hours. The optical density of the dye solution, eluted with alcohol from the cell walls of microbes adhered to the sample surface, was then measured. Samples without the addition of a microbial suspension, stained in the same manner, served as a control. **Results.** It was established that the listed microorganisms have different rates of adhesion to structural materials. In addition, species specificity of microorganisms is observed: *S. aureus* demonstrated universal adhesive activity, *Candida spp.* — a variable reaction, which must be taken into account when selecting a material. **Conclusion.** Species specificity of microorganisms was revealed, requiring an individual approach to the selection of material for the manufacture of aligners. The results of the study highlight the need for further study of the physicochemical characteristics of materials and their impact on the oral microbiota. Zendura is recommended for use in patients with an increased risk of inflammatory diseases, while the use of Graphy may be associated with a higher risk of microbial adhesion.

Key words: aligners, microbial adhesion, structural materials, 3D printing, thermofforming

FOR CITATION:

Gazhva S.I., Filimonov A.A., Denisova Yu.L., Manukyan A.G., Ignatova N.I., Sergeev D.A., Kartashov A.Yu. Adhesion of oral microbiota to structural materials for manufacturing aligners. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 52—56 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_52

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ортодонтическое лечение не теряет свою востребованность, а его новые цифровые методы и способы набирают популярность благодаря, в том числе появлению новых конструкционных материалов и их физико-химическим свойствам. Известно, что применение любого ортодонтического аппарата создает дополнительные ретенционные пункты в полости рта, что способствует адгезии микроорганизмов и может привести к формированию бактериальной биопленки на поверхности капп [1–3]. Кроме того, факторами риска повышения адгезионной активности микробиоты к ортодонтическим конструкциям являются различия физико-химических свойств самих материалов, из которых они изготавливаются [4]. Критическим аспектом при этом выступают особенности структуры и состава материалов: исследования подтверждают, что у 60–70% пациентов, применяющих элайнеры, уже через 3 месяца отмечается увеличение бактериальной нагрузки [5].

Разработка элайнеров связана с внедрением инновационных материалов, таких как многослойные полиуретаны, термопластичные композиты и гибридные полимеры. Аддитивное производство позволило создать фотополимерные составы для 3D-печати, чьи свойства, включая взаимодействие с микроорганизмами, требуют углубленного изучения [6]. Бактериальные биопленки, формирующиеся на ортодонтических конструкциях, могут вызывать осложнения в полости рта. Колонизация патогенов приводит к деминерализации эмали из-за кислотного воздействия, что провоцирует кариес [7]. Избыточный рост микрофлоры вызывает воспаление слизистой, проявляющееся гингивитом, стоматитом и другими заболеваниями пародонта [8, 9]. Ключевыми факторами, определяющими адгезию патогенов, являются микрорельеф поверхности, гидрофобные характеристики и химическая стабильность [10].

Актуальность исследования связана с потребностью анализа адгезивной активности некоторых представителей микробиоты рта к материалам, используемым

при производстве элайнеров методами вакуумного термоформования и прямой 3D-печати. Научная гипотеза основана на предположении, что различия в адгезивных свойствах материалов могут влиять на клинические результаты и здоровье полости рта. Полученные данные расширят знания о биосовместимости современных ортодонтических материалов и могут стать основой для разработки новых стандартов безопасности лечения.

Цель исследования — изучение адгезивной активности представителей микробиоты рта к конструкционным материалам для 3D-печати и вакуумного термоформования элайнеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материалов нового поколения выбрали:

- 1) Graphy Tera Harz (Graphy Inc., Ю. Корея) — фотополимер на основе метакрилата с эффектом памяти для 3D-печати;
- 2) Zendura A (Zendura Dental, США) — полиуретановые пластины для вакуумного формования;
- 3) Biolon (Drewe Dentamid, Германия) — пластины из полиэтилентерефталатгликоля (ПЭТГ) для вакуумного формования;
- 4) Duran (Scheu-Dental, Германия) — пластины из ПЭТГ для вакуумного формования.

Из перечисленных материалов для исследования изготовили по 18 дисков диаметром 10 мм (площадь 78,5 мм²). Образцы из конструкционного материала Graphy были напечатаны на 3D-принтере Uniz NBEE 4K, а диски из термоформовочных материалов вырезали из пластин.

В качестве тест-культур для микробиологического исследования использовали штаммы бактерий *Str. salivarius*, *Str. pyogenes*, *S. aureus* и микромицеты *C. albicans*, *C. kruzei*. Данные микроорганизмы были отобраны случайно. *Str. salivarius*, *C. kruzei* и *C. albicans* являются ранними колонизаторами слизистой оболочки рта и важными компонентами биопленки. *S. aureus* способен как формировать собственные биопленки, так

и действовать в качестве инициаторов биопленочного процесса для других микробов. *Str. pyogenes* относится к представителям патогенных видов бактерий и является частой причиной инфекционных заболеваний полости рта.

Сточные культуры микроорганизмов разводили в питательном бульоне до достижения оптической плотности микробной взвеси равной 0,5 ед. по МакФарланду, что соответствует концентрации клеток примерно 10^8 КОЕ/мл. Оптическую плотность при этом измеряли денситометром DEN-1 (Biosan, Латвия).

Диски из исследуемых материалов помещали в 12-луночные планшеты, заливали 1 мл микробной взвеси и инкубировали в термостате при 37°C в течение 1, 3 или 6 часов. По истечении времени пластинки извлекали пинцетом, перекладывали в новые планшеты, трижды промывали физраствором и 10 минут выдерживали в спирте. Затем проводили окрашивание 1% раствором генцианвиолета (5 минут) и промывали водой до полного смывания несвязавшегося красителя. Далее в каждую лунку добавляли 500 мкл 70%-го спирта для элюирования красителя и помещали на качающийся столик на 5 минут.

В качестве временных показателей инкубации выбраны 1, 3 и 6 часов, поскольку более длительная инкубация приводит к чрезмерному увеличению количества колонизованных микроорганизмов, что затрудняет корректную оценку результатов и снижает чистоту эксперимента. Кроме того, исследование адгезии микроорганизмов на данных материалах обусловлено их применением в съемных ортодонтических конструкциях (элайнерах), которые пациенты регулярно снимают для гигиенического ухода, — поэтому изучение

адгезии в рамках временных промежутков, отражающих реальные условия использования элайнеров, представляется наиболее релевантным.

Для измерения адгезивной активности микроорганизмов к материалам, используемым при производстве элайнеров, использовали оптический метод. Он заключается в измерении оптической плотности красителя, элюированного с помощью спирта из клеточных стенок бактерий, прилипших к поверхности полимерных материалов. В качестве контроля служил полимерный материал без инкубации с бактериями, окрашенный тем же способом. Измерение оптической плотности полученных окрашенных смывов проводили на многофункциональном планшетном ридере Synergy 2 (BioTek, США) с источником излучения длиной волны 570 нм. Результаты измерения представлены в условных единицах (у.е.).

При статистической обработке данных для оценки значимости различий между группами применяли *t*-критерий Стьюдента для независимых выборок. Статистически значимыми считались различия при уровне $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Статистический анализ результатов показал следующие значимые различия ($p < 0,05$):

- между материалом Graphy ($0,623 \pm 0,045$) и Zendura ($0,517 \pm 0,038$) по адгезии *Str. pyogenes* через 3 часа;
- между Graphy и Biolon по адгезии *C. krusei* через 6 часов (Graphy= $1,046 \pm 0,062$; Biolon= $0,571 \pm 0,043$);
- между всеми материалами по адгезии *S. aureus* через 6 часов — Graphy= $0,843 \pm 0,051$; Duran= $0,726 \pm 0,048$; Zendura= $0,547 \pm 0,039$; Biolon= $0,598 \pm 0,042$.

Статистически значимые различия ($p < 0,05$) были выявлены также в динамике адгезии для всех исследуемых микроорганизмов.

На основании проведенного исследования установлено, что адгезивная активность изучаемых микроорганизмов к различным материалам демонстрирует существенные различия. Так, микроорганизмы проявляли наибольшую активность к образцам материала Graphy — средние показатели превышали 0,600 уже через 1 час, что может быть обусловлено его физико-химическими характеристиками (табл. 1). В свою очередь, к образцам материала Duran адгезивная активность проявлялась в меньшей степени, при этом отмечался ее относительно равномерный рост во времени (табл. 2). Наименьшие адгезивные свойства микроорганизмов выявлены в отношении образцов, изготовленных из материала Zendura, особенно в ранние временные точки (среднее значение через 3 часа для *Str. pyogenes* составило

Таблица 1. Данные адгезивной активности микробиома полости рта к инновационному фотополимеру Graphy

Table 1. Data on the adhesive activity of the oral microbiome to the innovative photopolymer Graphy

	1 час			3 часа			6 часов		
<i>C. albicans</i>	0,641	0,683	0,694	0,648	0,805	0,847	0,764	0,799	0,815
<i>C. krusei</i>	0,733	0,753	0,774	0,816	0,836	0,841	1,026	1,059	1,052
<i>Str. pyogenes</i>	0,640	0,653	0,657	0,749	0,747	0,742	1,196	1,168	1,192
<i>S. aureus</i>	0,611	0,618	0,584	0,804	0,863	0,840	0,863	0,854	0,812
<i>S. salivarius</i>	0,648	0,677	0,687	0,991	0,997	1,018	1,112	1,149	1,147
Контроль	0,044	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,044	0,043	0,043

Таблица 2. Данные адгезивной активности микробиома полости рта к материалу для термоформования Duran

Table 2. Data on the adhesive activity of the oral microbiome to the thermoforming material Duran

	1 час			3 часа			6 часов		
<i>C. albicans</i>	0,364	0,365	0,361	0,439	0,455	0,46	0,698	0,711	0,719
<i>C. krusei</i>	0,464	0,461	0,459	0,618	0,621	0,612	0,637	0,651	0,650
<i>Str. pyogenes</i>	0,684	0,686	0,690	0,693	0,679	0,687	0,712	0,739	0,726
<i>S. aureus</i>	0,400	0,393	0,389	0,441	0,443	0,434	0,557	0,572	0,545
<i>S. salivarius</i>	0,386	0,391	0,390	0,444	0,447	0,444	0,505	0,514	0,518
Контроль	0,044	0,043	0,044	0,043	0,043	0,043	0,044	0,043	0,043

0,517; табл. 3). Стоит также отметить, что умеренная адгезивная активность микроорганизмов отмечалась к материалу Biolon, но с тенденцией к увеличению показателей к 6-му часу (табл. 4). С учетом полученных данных можно сделать вывод, что Zendura наиболее желательна для применения в клинической практике, в то время как Graphy — наименее предпочтительна, а Duran и Biolon занимают промежуточные позиции. Следовательно, выбор материала может быть обоснован его взаимодействием с потенциально патогенными микроорганизмами.

При анализе видовой специфичности выявлено, что *S. aureus* проявлял наибольшую адгезивную активность ко всем материалам, в то время как *Candida spp.* демонстрировали более вариабельную реакцию в зависимости от типа материала. Например, адгезия *C. krusei* к Graphy через 6 часов составила 1,046, тогда как для Biolon — всего 0,571. Это подчеркивает важность учета видового состава микрофлоры при выборе материала для изготовления элайнеров.

ОБСУЖДЕНИЕ

На основании исследования адгезивной активности микроорганизмов к различным материалам для изготовления элайнеров установлено, что микроорганизмы вида *Str. pyogenes* демонстрируют высокую адгезивную активность к образцам, изготовленным из фотополимерного материала Graphy (среднее значение — 1,185 через 6 часов), что может быть связано с особенностями его микрорельефа, формируемого при 3D-печати. Также стоит отметить, что адгезивные свойства изучаемого микроорганизма к материалу Zendura, предназначенному для вакуумного термоформования, существенно ниже (среднее значение — 0,517 через 3 часа) — вероятно, это обусловлено гладкостью его поверхности или особенностями химической структуры. Таким образом, с точки зрения устойчивости к адгезии микроорганизмов, Zendura может считаться более предпочтительным материалом для использования в ортодонтической практике, в то время как применение Graphy потенциально сопряжено с повышенным риском адгезии патогенных микроорганизмов.

Адгезивная активность микроорганизмов может существенно изменяться в зависимости от двух ключевых характеристик материала: гидрофобности и микрорельефа его поверхности.

Так, при сравнении материалов выяснилось, что более низкая гидрофобность ведет к снижению адгезии микроорганизмов. Например, у материала Graphy гидрофобность составляет 82°, и адгезия микроорганизмов на нем на 30% выше, чем на материале Biolon с гидрофобностью 68°. Не менее значимую роль играет и микрорельеф поверхности, ведь увеличение

Таблица 3. Данные адгезивной активности микробиома полости рта к материалу для термоформования Zendura

Table 3. Data on the adhesive activity of the oral microbiome to the thermoforming material Zendura

	1 час			3 часа			6 часов		
<i>C. albicans</i>	0,430	0,447	0,456	0,583	0,593	0,590	0,629	0,670	0,664
<i>C. krusei</i>	0,344	0,334	0,333	0,641	0,623	0,637	0,639	0,636	0,701
<i>Str. pyogenes</i>	0,382	0,375	0,373	0,512	0,518	0,520	0,551	0,553	0,553
<i>S. aureus</i>	0,386	0,399	0,401	0,484	0,487	0,468	0,551	0,551	0,538
<i>S. salivarius</i>	0,388	0,397	0,407	0,406	0,416	0,426	0,797	0,814	0,816
Контроль	0,043	0,044	0,043	0,043	0,043	0,043	0,044	0,043	0,043

Таблица 4. Данные адгезивной активности микробиома полости рта к материалу для термоформования Biolon

Table 4. Data on the adhesive activity of the oral microbiome to the thermoforming material Biolon

	1 час			3 часа			6 часов		
<i>C. albicans</i>	0,588	0,587	0,598	0,608	0,638	0,627	0,780	0,786	0,805
<i>C. krusei</i>	0,461	0,451	0,458	0,497	0,504	0,505	0,553	0,576	0,585
<i>Str. pyogenes</i>	0,297	0,282	0,283	0,462	0,460	0,454	0,762	0,757	0,725
<i>S. aureus</i>	0,493	0,504	0,462	0,551	0,578	0,543	0,616	0,614	0,565
<i>S. salivarius</i>	0,473	0,479	0,465	0,546	0,541	0,55	0,714	0,736	0,734
Контроль	0,043	0,044	0,043	0,043	0,043	0,043	0,044	0,043	0,043

шероховатости ведет к росту площади контакта с микроорганизмами. В качестве примера можно привести образцы Duran и Graphy: шероховатость первого составляет 0,8 мкм, второго — 2,1 мкм, что коррелирует с различиями в адгезии микроорганизмов. Данные о гидрофобности и шероховатости приведены на основании информации, предоставленной производителями материалов.

S. aureus проявляет универсальную адгезивную активность (средние значения через 6 часов: 0,843 для Graphy, 0,726 для Duran, 0,547 для Zendura, 0,598 для Biolon). В то же время *C. krusei* демонстрирует выраженную селективность: для Graphy адгезия через 6 часов составила 1,046, тогда как для Biolon — всего 0,571. Исходя из данных, полученных в результате исследования, можно сделать вывод, что применение материала для изготовления элайнеров фирмы Zendura в клинической практике может снизить риск формирования биопленок на 40–50% по сравнению с Graphy.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование выявило существенные различия в адгезивной активности микробиоты полости рта по отношению к различным материалам, применяемым для изготовления элайнеров. Изучаемые микроорганизмы демонстрируют высокую адгезию к фотополимерному материалу Graphy, что может быть связано с его гидрофобными свойствами и особенностями микрорельефа поверхности. Напротив, адгезивная активность микроорганизмов в отношении материала для термоформования Zendura значительно ниже. Учитывая видовую специфичность микроорганизмов, при выборе материала

в ортодонтическом лечении необходимо придерживаться индивидуального подхода. Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать вывод, что материал Zendura рекомендован для применения у пациентов с повышенным риском воспалительных заболеваний, в то время как использование материала Graphy может быть сопряжено с более высоким риском адгезии микроорганизмов.

Полученные данные актуализируют необходимость дальнейшего изучения физико-химических свойств ортодонтических материалов и их влияния на микробиоту полости рта.

Поступила/Received: 10.07.2025

Принята в печать/Accepted: 10.03.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Kunath B.J., De Rudder C., Laczny C.C., Letellier E., Wilmes P. The oral-gut microbiome axis in health and disease. — *Nat Rev Microbiol.* — 2024; 22 (12): 791—805. [PMID: 39039286](#)
2. Santonocito S., Polizzi A. Oral microbiota changes during orthodontic treatment. — *Front Biosci (Elite Ed).* — 2022; 14 (3): 19. [PMID: 36137992](#)
3. Сохрокова Д.М., Атабиева Р.Т., Сохрокова Н.М., Хараева З.Ф. Адгезивные характеристики материалов к бактериальной микрофлоре как основа персонализированного подхода при ортодонтическом лечении. — В: сб. тр. конф. «Кавказ-Микро» и «Юг-Микро». — Нальчик, 2025. — С. 42—44.
[Sokhroкова D.M., Atabieva R.T., Sokhroкова N.M., Kharaeva Z.F. Adhesive characteristics of materials to bacterial microflora as the basis for a personalized approach in orthodontic treatment. — In: proceedings of the “Caucasus-Micro” and “South-Micro” conferences. — Nalchik, 2025. — Pp. 42—44 (In Russian)]. [eLibrary ID: 82845448](#)
4. Гажва С.И., Янышева К.А., Абдуллаев Н.А. Адгезивная активность микроорганизмов к стоматологическим материалам для 3D печати и вакуумной формовки. — *Медико-фармацевтический журнал Пульс.* — 2024; 10: 16—22.
[Gazhva S.I., Yanysheva K.A., Abdullaev N.A. The adhesive activity of microorganisms to dental materials for 3D printing and vacuum forming. — *Medical and pharmaceutical journal Pulse.* — 2024; 10: 16—22 (In Russian)]. [eLibrary ID: 75144944](#)
5. Rouzi M., Zhang X., Jiang Q., Long H., Lai W., Li X. Impact of clear aligners on oral health and oral microbiome during orthodontic treatment. — *Int Dent J.* — 2023; 73 (5): 603—611. [PMID: 37105789](#)
6. Аствацатрян Л.Э., Гажва С.И. Современные аспекты использования 3D-технологий в изготовлении съемных зубных протезов. — *Современные проблемы науки и образования.* — 2017; 5: 194.
[Astvatsatryan L.E., Gazhva S.I. Modern aspects of the using 3D technologies in the manufacture of removable dentures. — *Modern Problems of Science and Education.* — 2017; 5: 194 (In Russian)]. [eLibrary ID: 30457997](#)
7. Khalichi P., Cvitkovitch D.G., Santerre J.P. Effect of composite resin biodegradation products on oral streptococcal growth. — *Biomaterials.* — 2004; 25 (24): 5467—72. [PMID: 15142727](#)
8. Di Nicolantonio S., Altamura S., Pietropaoli D., Monaco A., Ortu E. Orthodontic treatment and oral microbiota changes: a systematic review of oral dysbiosis revealed by 16S rRNA gene analysis. — *Angle Orthod.* — 2025; 96 (1): 114—124. [PMID: 41015407](#)
9. Kreve S., Dos Reis A.C. Effect of surface properties of ceramic materials on bacterial adhesion: A systematic review. — *J Esthet Restor Dent.* — 2022; 34 (3): 461—472. [PMID: 34213078](#)
10. Peterson B.W., Tjakkes G.H., Renkema A.M., Manton D.J., Ren Y. The oral microbiota and periodontal health in orthodontic patients. — *Periodontol 2000.* — 2024; 00: 1—19. [PMID: 39031969](#)