

И.Р. Волчкова,
преподаватель кафедры ортопедической
стоматологии

А.В. Юмашев,
д.м.н., профессор кафедры ортопедической
стоматологии

В.Ю. Дорошина,
к.м.н., доцент кафедры терапевтической
стоматологии

В.В. Борисов,
к.м.н., доцент кафедры пропедевтики
стоматологических заболеваний

Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

Влияние очищающих средств для съемных протезов из полиэфирэфиркетона и других термопластических материалов на адгезию представителей патогенной микрофлоры полости рта в сравнительном аспекте в эксперименте *in vitro*

I.R. Volchkova, A.V. Yumashev, V.Yu. Doroshina, V.V. Borisov

The effect of cleaning agents for removable prostheses from polyetheretherketone and other thermoplastic materials on the adhesion of representatives of pathogenic oral microflora in a comparative aspect in an *in vitro* experiment

Реферат. Целью нашего исследования явилось изучение влияния различных средств по гигиеническому уходу за съемными зубными протезами из различных термопластических материалов и акриловых пластмасс на адгезию микроорганизмов в сравнительном аспекте. Для проведения исследования было изготовлено 144 образца из полимерных материалов Dental D, Bio XS, Dentokeep PEEK, Vertex rapid simplified. Изучали индекс адгезии микроорганизмов *St. aureus*, *E. coli*, *Candida albicans* к образцам из вышеуказанных материалов до и после обработки различными средствами по гигиеническому уходу: антибактериальным жидким мылом и раствором активного очистителя для зубных протезов Protifix. 48 образцов выступали в качестве группы контроля и не были помещены в пробирки с данными антибактериальными средствами. В результате исследования было установлено, что после обработки образцов в антибактериальном мыле достоверного снижения индекса адгезии всех микроорганизмов не наблюдалось ($p=0,861$ для *E. coli*; $p=0,53$ для *St. aureus*; $p=0,848$ для *Candida albicans*). В результате обработки образцов раствором активного очистителя Protifix было выявлено достоверное снижение данного показателя в отношении всех образцов исследуемых материалов. Незначительное снижение индексов адгезии после обработки образцов антибактериальным мылом свидетельствует о его недостаточной эффективности. Напротив, достоверное снижение данного показателя подтверждает преимущество обработки съемных протезов раствором активного очистителя Protifix и позволяет рекомендовать его в качестве очищающего и дезинфицирующего средства по уходу за съемными протезами.

Ключевые слова: полиэфирэфиркетон, термопластические материалы, съемные протезы, адгезия микроорганизмов, стоматология

Abstract. The aim of our study was to evaluate the effect of various hygienic care products for removable dentures from various thermoplastic materials and acrylic plastics on the adhesion of microorganisms in a comparative aspect. For the research, we made 144 samples from polymer materials Dental D, Bio XS, Dentokeep PEEK, Vertex rapid simplified. We studied the adhesion index of microorganisms *St. aureus*, *E. coli*, *Candida albicans* to samples from these materials before and after treatment with various hygiene products: antibacterial liquid soap and Protifix, an active cleaner for dentures. 48 samples acted as a control group and were not placed in test-tubes with these antibacterial agents. As a result of the study, it was found that after processing the samples in antibacterial soap, a significant decrease in the adhesion index of all microorganisms was not observed ($p=0.861$ for *E. coli*; $p=0.53$ for *St. aureus*; $p=0.848$ for *Candida albicans*). As a result of processing the samples with a solution of the active cleaner Protifix, a significant decrease in this indicator was revealed for all samples of the studied materials. A slight decrease in the adhesion indices after processing the samples with antibacterial soap indicates its lack of effectiveness. On the contrary, a significant decrease in this indicator confirms the advantage of processing removable dentures with a solution of the active cleaner Protifix and allows us to recommend it as a cleaning and disinfectant to care for removable dentures.

Key words: polyetheretherketone, thermoplastic materials, removable dentures, adhesion of microorganisms, dentistry

Полость рта человека — это благоприятная среда обитания огромного количества различных микроорганизмов, составляющих постоянную и резидентную

микрофлору [5, 13, 21]. Материалы, которые применяются для изготовления базисов съемных протезов (акриловые пластмассы, термопластические

материалы), взаимодействуют с микробной ассоциацией полости рта и тканями протезного ложа [1, 3, 4, 6, 8, 11, 16, 19, 22]. Некачественно отполированная поверхность зубных протезов создает условия для адгезии пищевых остатков и микроорганизмов на поверхности ортопедической конструкции, в том числе *Candida albicans* [2, 12, 15, 23]. Это может привести к сокращению срока службы протеза. При съемном протезировании изменяется состав микрофлоры полости рта: уменьшается количество лактобактерий и спирохет, увеличивается число стафилококков, в том числе и *Staphylococcus aureus*, как наиболее патогенный вид, клебсиелл и даже кишечных палочек [14, 20].

Вследствие этого крайне важным является правильный выбор очищающих и дезинфицирующих средств по уходу за съемными протезами [9, 10]. Одним из распространенных способов гигиены на сегодняшний день считается их чистка с применением механических средств — зубной пасты и щетки. Обработка протеза зубным порошком приводит к повышению шероховатости поверхности, ретенции пищевых остатков и микроорганизмов вследствие его высокой абразивности.

Взамен использования традиционных зубных щеток и паст некоторые стоматологи рекомендуют мыть съемные конструкции мыльным раствором после каждого приема пищи. Важно также периодически (несколько раз в неделю, а лучше ежедневно) проводить полную дезинфекцию протеза, погружая его на 15 минут в специальный раствор (Protifix, President, ROCS, Corega) [17]. В состав таблеток входят калия кароат, лимонная кислота, натрия перборат, натрия бикарбонат и натрия лаурилсульфат, а также краситель Cl 73015 и ароматизатор. Некоторые авторы для получения хорошего очищающего эффекта рекомендуют увеличить время экспозиции протеза в гигиеническом растворе до 60 минут, а также концентрацию раствора [7, 18].

В связи с этим поиск и изучение влияния различных антибактериальных средств для гигиенического ухода за съемными зубными протезами на рост и размножение микроорганизмов является актуальным.

Таким образом, целью нашего исследования явилось изучение влияния различных средств по гигиеническому уходу за съемными зубными протезами из различных термопластических материалов и акриловых пластмасс на адгезию микроорганизмов в сравнительном аспекте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе испытательного лабораторного центра Центра гигиены и эпидемиологии в г. Москва. Для проведения исследования всего нами было изготовлено 144 образца из современных полимерных материалов, используемых в ортопедической стоматологии для съемного протезирования: Dental D, Bio XS, Dentokeep ПEEK, Vertex rapid simplified. Образцы имели круглую форму и диаметр 10 мм. Полирование поверхности образцов производилось в соответствии

с рекомендациями фирм-производителей до состояния глянца, которое определялось визуально.

Качество полирования поверхности образцов оценивали с помощью растровой электронной микроскопии на электронном микрозонде JXA-8100 при увеличении в 100, 200 и 400 раз.

Затем по 12 образцов каждого материала были помещены во взвеси бактериальных культур *St. aureus* (штамм № 6538-Р АТСС), *E. coli* (штамм № 25922 АТСС), *Candida albicans* (штамм № 25922 АТСС). Количество микроорганизмов в 1 мл взвеси составило 10^8 КОЕ/мл. Экспозиция продолжалась в течение 1 часа. Далее все образцы отмывались стерильной водой в течение 3 минут. После этого по 4 образца каждого материала из каждой взвеси микроорганизмов помещались в пробирки с разными средствами по уходу за съемными зубными протезами: 48 — в антибактериальное жидкое мыло (I группа) и столько же образцов — в раствор активного очистителя для зубных протезов Protifix (II группа) с экспозицией 15 минут. В качестве группы контроля (III) выступали 48 образцов, которые не были помещены в пробирки с данными антибактериальными средствами.

Затем образцы материалов помещали в питательные среды: бульон Сабуро (контроль роста *Candida albicans*) и 2% простой питательный бульон (контроль роста *E. coli* и *St. aureus*). Экспозиция составила 24 часа в термостате при температуре 37°C. После экспозиции из каждой питательной среды с образцами производился высеив на плотные питательные среды: агар Эндо для *E. coli*, желточно-солевой агар для *St. aureus*, агар Сабуро — для *Candida albicans*.

При проведении исследования по изучению адгезии микроорганизмов нами была взята за основу методика В.Н. Царева (2006), которая позволяла соотнести количество бактерий в тест-культуре, нанесенной на образец материала, и количество прилипших бактерий из расчета на 1 см². После завершения времени культивирования, проводили подсчет количества изолированных колоний, выросших из бактерий, прилипших к образцу материала, в пересчете на 1 см² образца. Полученные результаты выражали через десятичный логарифм числа колониеобразующих единиц (lg КОЕ).

Индекс адгезии (I_a) рассчитывали по формуле, как частное от деления полученной величины на десятичный логарифм концентрации бактерий (грибов) в исходной взвеси, нанесенной на образец исследуемого материала:

$$I_a = \frac{\lg A}{\lg N},$$

где A — число прилипших бактерий; N — количество бактерий взвеси. Значения индексов адгезии колебались в пределах от 0,11 до 0,42.

Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми статистическими методами. Для описания количественных признаков рассчитывали среднее значение и среднее квадратичное отклонение признака M , стандартное отклонение (m). Значения представлены в форме $M \pm m$. Так как по результатам

теста Шапиро — Уилка и анализа гистограмм не во всех группах распределение значений соответствует нормальному, для попарного сравнения независимых выборок был использован непараметрический критерий Крускала — Уоллиса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования адгезии микроорганизмов к поверхности вышеописанных материалов после обработки антибактериальным мылом и раствором Protexif представлены в табл. 1–3.

По результатам проведенных исследований установлено, что после обработки образцов в антибактериальном мыле достоверного снижения индекса адгезии всех микроорганизмов не наблюдалось ($p=0,861$ для *E. coli*; $p=0,53$ для *St. aureus*; $p=0,848$ для *Candida albicans*; рис. 1).

Напротив, после обработки образцов раствором Protexif индекс адгезии всех микроорганизмов к материалу Bio XS достоверно снизился по сравнению с группой контроля ($p=0,004$ для *Candida albicans*; $p=0,009$ для *E. coli*; $p=0,010$ для *Staphylococcus aureus*).

Аналогичная тенденция наблюдалась для значений индекса адгезии всех микроорганизмов к материалу Dental D после обработки образцов раствором Protexif в сравнении с группой контроля ($p=0,004$ для *Candida albicans*; $p=0,006$ для *E. coli*). Данный показатель в отношении *Staphylococcus aureus* к данному материалу после обработки раствором Protexif достоверно уменьшился по сравнению с контрольной группой ($p=0,012$) и после обработки антибактериальным мылом ($p=0,046$).

Таблица 1. Индекс адгезии *Staphylococcus aureus* к различным полимерам

Материал	I группа	II группа	III группа
Bio XS	0,42±0,01	0,12±0,01	0,42±0,01
Dental D	0,42±0,01	0,16±0,01	0,42±0,01
Dentokeep PEEK	0,42±0,01	0,16±0,01	0,42±0,01
Vertex rapid simplified	0,42±0,01	0,18±0,01	0,42±0,01

Таблица 2. Индекс адгезии *E. coli* к различным полимерам

Материал	I группа	II группа	III группа
Bio XS	0,41±0,01	0,12±0,01	0,42±0,01
Dental D	0,41±0,01	0,18±0,01	0,42±0,01
Dentokeep PEEK	0,41±0,01	0,12±0,01	0,42±0,01
Vertex rapid simplified	0,41±0,01	0,16±0,01	0,42±0,01

Таблица 3. Индекс адгезии *Candida albicans* к различным полимерам

Материал	I группа	II группа	III группа
Bio XS	0,36±0,01	0,16±0,07	0,42±0,01
Dental D	0,36±0,01	0,18±0,01	0,42±0,01
Dentokeep PEEK	0,36±0,01	0,16±0,01	0,42±0,01
Vertex rapid simplified	0,36±0,01	0,19±0,01	0,42±0,01

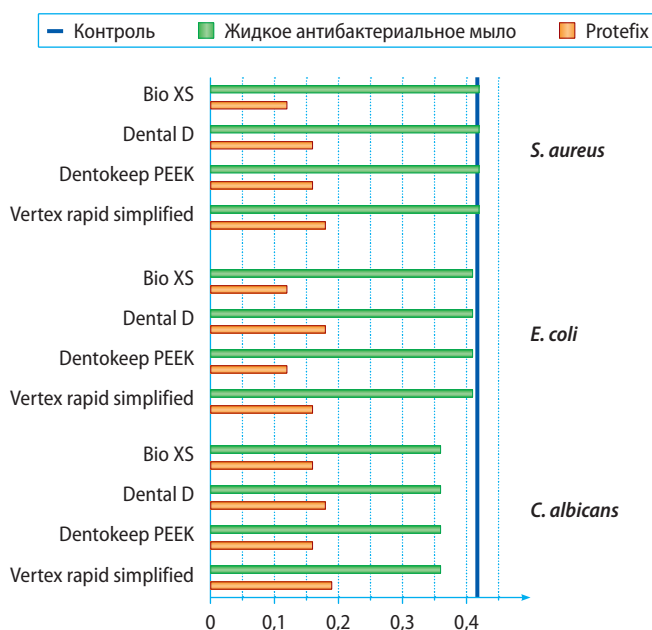


Рис. 1. Индекс адгезии микроорганизмов к полимерам в зависимости от способа обработки (меньше — лучше)

По результатам проведенных исследований индекс адгезии всех микроорганизмов после обработки раствором Protexif к материалу Dentokeep PEEK стал достоверно ниже, чем в группе контроля ($p=0,004$ для *Candida albicans*; $p=0,011$ для *E. coli*; рис. 2). Данный показатель в отношении *Staphylococcus aureus* к данному материалу после обработки раствором Protexif достоверно уменьшился по сравнению с контрольной группой и после обработки антибактериальным мылом ($p=0,034$; рис. 3).

Индекс адгезии *Candida albicans* и *E. coli* к пластмассе на основе полиметилметакрилата горячей полимеризации Vertex rapid simplified после обработки раствором Protexif достоверно снизился по сравнению с контролем ($p=0,004$ для *Candida albicans*; $p=0,007$ для *E. coli*). Значения данного показателя в отношении *Staphylococcus aureus* достоверно снизились только по сравнению с обработкой образцов жидким мылом ($p=0,024$).

Проведенное исследование показало, что полимерные материалы для изготовления протезов — Dental D, Bio XS, Dentokeep PEEK, Vertex rapid simplified — демонстрируют различные адгезивные качества с разными средствами по уходу за съемными протезами. В I и III группе достоверных отличий адгезии микроорганизмов к поверхности представленных материалов не было, однако во II группе отмечены достоверные отличия адгезии в зависимости от полимерного материала для всех изучаемых микробных агентов. Наиболее значимые отличия зафиксированы для *Staphylococcus aureus* ($p=0,012$) с минимальным индексом адгезии к Bio XS (0,12) и максимальным (0,18) — к Vertex rapid simplified. Отличия индекса адгезии *E. coli* для различных полимерных материалов также были значительны ($p=0,021$); минимальные значения индекса адгезии определялись для Bio XS и Dentokeep PEEK (0,12), максимальные — для Dental D (0,18). Значения индекса адгезии *Candida*

albicans были высокими для всех полимеров, но тем не менее отмечались достоверные отличия между материалами ($p=0,048$). Так, индекс адгезии был минимальным к Bio XS и Dentokeep PEEK (0,16), а максимальные значения зафиксированы для Vertex rapid simplified (0,19).

ВЫВОДЫ

Сравнительная оценка полученных нами результатов показывает, что индексы адгезии выбранных тест-культур после обработки антибактериальным мылом и раствором Protetix отличаются между собой. Адгезивные качества материалов для изготовления протезов при обработке раствором Protetix являются различными, при обработке антибактериальным жидким мылом — одинаковыми. Незначительное снижение индексов адгезии после обработки образцов антибактериальным мылом свидетельствует о его недостаточной эффективности. Напротив, достоверное снижение данного показателя подтверждает преимущество обработки съемных протезов раствором активного очистителя Protetix и позволяет рекомендовать его в качестве очищающего и дезинфицирующего средства по уходу за съемными протезами. При взаимодействии основных компонентов, входящих в состав



Рис. 2. Адгезия штамма *Candida albicans* к Dentokeep PEEK

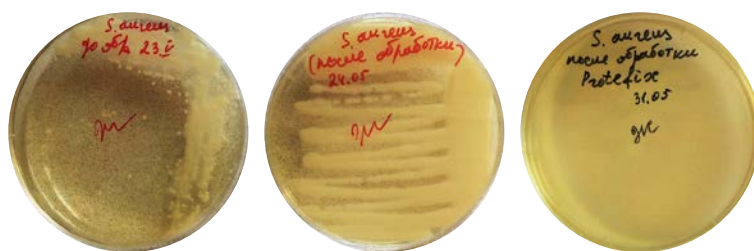


Рис. 3. Адгезия штамма *Staphylococcus aureus* к Dentokeep PEEK

Protetix, а именно пербората натрия, с водой начинается активное выделение кислорода, который проникает в микropoppy по всей поверхности протеза. Это способствует более выраженному очищающему эффекту таблеток Protetix по сравнению с антибактериальным мылом. Принцип действия препарата основан на создании кислород-образующей системы.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Автандилов Г.А. Биодеструкция зубных протезов из полимерных материалов (экспериментальное исследование): дис. ... к.м.н. — М., 2013. — 156 с [Avtandilov G.A. Biodegradation of dentures made of polymer materials (experimental study): PhD thesis. — Moscow, 2013. — 156 p. (In Russ.).]
2. 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—31 [Arutyunov C.D., Ippolitov E.V., Pivovarov A.A., Tsarev V.N. The relationship between the roughness and surface topography of a basic dental polymethylmethacrylate polymer and the formation of a microbial biofilm with different methods of polishing samples. — *Kazan Medical Journal*. — 2014; 2: 224—31 (In Russ.).]
3. Вагнер В.Д., Смирнова Л.Е., Салеев Р.А., Бочковский И.С., Вашурин И.В. Технологии ортопедического лечения стоматологических больных. — *Клиническая стоматология*. — 2010; 1 (53): 12—5 [Vagner V.D., Smirnova L.E., Saleev R.A., Bochkovskiy I.S., Vashurin I.V. Technologies for orthopedic treatment of dental patients. — *Clinical Dentistry*. — 2010; 1 (53): 12—5 (In Russ.).]
4. Волчкова И.Р., Юмашев А.В., Утюж А.С., Дорошина В.Ю., Михайлова М.В. Применение полиэфирэфиркетона в съемном протезировании: анализ и сравнение с другими термопластическими материалами (обзор литературы). — *Клиническая стоматология*. — 2018; 1 (85): 68—71 [Volchkova I.R., Yumashev A.V., Utyuzh A.S., Doroshina V.Yu., Mikhaylova M.V. The use of Polyetheretherketone (PEEK) for removable dental prostheses: data review. — *Clinical Dentistry*. — 2018; 1 (85): 68—71 (In Russ.).]

5. Каливраджиян Э.С., Голубев Н.А., Алабовский Д.В., Бурлуцкая С.И., Лихошерстов А.В., Рами Хамдан Али Насер, Талалай М.А. Клинико-лабораторные этапы изготовления двухслойных базисов протезов и ортодонтических аппаратов. — *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. — 2004; 1: 90—2 [Kalivradzhiyan E.S., Golubev N.A., Alabovskiy D.V., Burlutskaya S.I., Likhosherstov A.V., Rami Khamdan Ali Naser, Talalay M.A. Clinical and laboratory stages of manufacturing two-layer bases of prostheses and orthodontic appliances. — *System analysis and management in biomedical systems*. — 2004; 3 (1): 90—2 (In Russ.).]
6. Коваленко О.И. Клинико-лабораторное обоснование применения базисной пластмассы на основе нейлона: дис. ... к.м.н. — М., 2011. — 112 с. [Kovalenko O.I. Clinical and laboratory substantiation of the use of a basic plastic based on nylon: PhD thesis. — Moscow, 2011. — 112 p. (In Russ.).]
7. Маренкова М.В. Особенности ортопедического лечения пациентов с явлениями непереносимости зубных протезов на фоне микробного дисбаланса полости рта: дис. ... к.м.н. — Екатеринбург, 2007. — 143 с. [Marenkova M.V. Features of orthopedic treatment of patients with intolerance event of dentures on the background of microbial imbalance of the oral cavity: PhD thesis. — Yekaterinburg, 2007. — 143 p. (In Russ.).]
8. Рыжова И.П., Присный А.А., Шинкаренко Н.Н., Саливончик М.С. Состояние микрофлоры полости рта под влиянием съемных конструкций зубных протезов. — *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. — 2014; 2: 150—3 [Ryzhova I.P., Prisnyy A.A., Shinkarenko N.N., Salivonchik M.S. The condition of the microflora of the oral cavity under the influence

of removable dentures. — *International Journal of Applied and Basic Research*. — 2014; 2: 150—3 (In Russ.).

9. Саливончик М.С. Экспериментально-клиническое обоснование эффективности окончательной обработки съемных конструкций зубных протезов из термопластических полимеров: дис. ... к.м.н. — Воронеж, 2015. — 135 с [Salivonchik M.S. Experimental and clinical substantiation of the effectiveness of the final processing of removable constructions of dentures from thermoplastic polymers: PhD thesis. — Voronezh, 2015. — 135 p. (In Russ.).]

10. Тахтаров М.В., Еремин О.В. Профилактика в ортопедической стоматологии. — *Саратовский научно-медицинский журнал*. — 2011; 7 (1): 331—2 [Takhtarov M.V., Eremin O.V. Prevention in orthopedic dentistry. — *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. — 2011; 7(1): 331—2 (In Russ.).]

11. Утуж А.С., Юмашев А.В., Лушков Р.М. Клинический пример ортопедического лечения пациента после резекции нижней челюсти по поводу саркомы с использованием дентальных имплантатов. — *Клиническая стоматология*. — 2016; 4 (80): 56—8 [Utjuzh A.S., Jumashov A.V., Lushkov R.M. A clinical example of orthopedic treatment of a patient after resection of the lower jaw because of sarcoma using dental implants. — *Clinical Dentistry*. — 2016; 4 (80): 56—8 (In Russ.).]

12. Царев В.Н., Ибрагимов Т.И., Трефилов А.Г. Применение методов микробиологического мониторинга в процессе ортопедического лечения пациентов с вторичной полной адентией. — *Стоматолог*. — 2008; 2: 45—51 [Tsarev V.N., Ibragimov T.I., Trefilov A.G. Application of microbiological monitoring methods in the process of orthopedic treatment of patients with secondary full adentia. — *Stomatologist*. — 2008; 2: 45—51 (In Russ.).]

13. Царев В.Н., Трефилов А.Г., Клейменова Г.Н., Левкин А.В. Пространственно-временная модель формирования биопленки полости рта: взаимосвязь процессов первичной адгезии и микробной колонизации. — *Dental Forum*. — 2011; 5: 126—31

[Tsarev V.N., Trefilov A.G., Kleymenova G.N., Levkin A.V. Spatial-temporal model of the formation of oral biofilms: the relationship of the processes of primary adhesion and microbial colonization. — *Dental Forum*. — 2011; 5: 126—31 (In Russ.).]

14. Aas J.A., Paster B.J., Stokes L.N., Olsen I., Dewhirst F.E. Defining the normal bacterial flora of the oral cavity. — *J Clin Microbiol*. — 2005; 43 (11): 5721—32.

15. Ali A.A., Alharbi F.A., Suresh C.S. Effectiveness of coating acrylic resin dentures on preventing *Candida* adhesion. — *J Prosthodont*. — 2013; 22 (6): 445—50.

16. Bock R.M., Jones E.N., Ray D.A., Sonny Bal B., Pezzotti G., McEntire B.J. Bacteriostatic behavior of surface modulated silicon nitride in comparison to polyetheretherketone and titanium. — *J Biomed Mater Res A*. — 2017; 105 (5): 1521—34.

17. Duyck J., Vandamme K., Krausch-Hofmann S., Boon L., De Keersmaecker K., Jalon E., Teughels W. Impact of denture cleaning method and overnight storage condition on denture biofilm mass and composition: a cross-over randomized clinical trial. — *PLoS One*. — 2016; 11 (1): e0145837.

18. Hayran Y., Sarikaya I., Aydin A., Tekin Y.H. Determination of the effective anticandidal concentration of denture cleanser tablets on some denture base resins. — *J Appl Oral Sci*. — 2018; 26: e20170077.

19. Kolenbrander P.E., Palmer R.J. Jr, Periasamy S., Jakubovics N.S. Oral multispecies biofilm development and the key role of cell-cell distance. — *Nat Rev Microbiol*. — 2010; 8 (7): 471—80.

20. Kuramitsu H.K., He X., Lux R., Anderson M.H., Shi W. Interspecies interactions within oral microbial communities. — *Microbiol Mol Biol Rev*. — 2007; 71 (4): 653—70.

21. Sobolewska E., Fraczak B., Czarnomysy-Furowicz D., Ey-Chmielewska H., Karakulska J. Bacteria adhesion to the surface of various prosthetics materials. — *Ann Acad Med Stetin*. — 2007; 53 (2): 68—71.

22. Wang L., Zhang H., Deng Y., Luo Z., Liu X., Wei S. [Study of oral microbial adhesion and biofilm formation on the surface of nano-fluorohydroxyapatite/polyetheretherketone composite]. — *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. — 2015; 50 (6): 378—82 [in Chinese].

23. Young B., Jose A., Cameron D., McCord F., Murray C., Bagg J., Ramage G. Attachment of *Candida albicans* to denture base acrylic resin processed by three different methods. — *Int J Prosthodont*. — 2009; 22 (5): 488—9.