

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-3-202-208

УДК 615.462.03:616.314-089.28].015.8

АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА АКРИЛОВЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ УСЛОВНО ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЛОСТИ РТА

Пантелейев Д. С.¹, Шулятникова О. А.¹, Годовалов А. П.¹, Рогожников Г. И.¹, Яковлев М. В.²

¹ Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера, г. Пермь, Россия

² Городская стоматологическая поликлиника № 1, г. Пермь, Россия

Аннотация

Предмет. В современных условиях развития стоматологического материаловедения изготовление съемных зубных протезов из акриловых базисных полимеров не теряет своей актуальности, но проблема существенного выделения остаточного мономера — метилметакрилата (ММА), на технологических этапах изготовления конструкций до сих пор не решена. Несмотря на соблюдение режима полимеризации концентрация остаточного MMA варьирует до 5 %. Известно, что на организм человека MMA может оказывать общее и местное влияние. Особый интерес представляет изучение воздействия MMA на микробиоту полости рта и функциональные параметры условно патогенных микроорганизмов.

Цель работы: оценить влияние метилметакрилата акрилового полимера на ростовые параметры условно патогенных микроорганизмов.

Материалы и методы. В исследовании использованы коллекционные штаммы *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* M-17, которые культивировали в присутствии метилметакрилата полимера (Белакрил-М ГО, Россия) в концентрациях 0,01; 0,10 и 1,00 мкг/мл, а также 2 и 5 %. По окончании инкубации биопленки окрашивали кристаллическим фиолетовым, толщину определяли методом экстракции красителя согласно O'Toole (2011). Статистический анализ проведен с использованием программы StatTech v. 4.8.7 («Статтех», Россия).

Результаты работы и их обсуждение. MMA в изученных концентрациях не оказывал существенного влияния на ростовые параметры штаммов *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* M-17. Корреляционный анализ выявил положительную связь средней силы ($r = 0,34$) между концентрацией MMA и параметрами роста, однако она была статистически незначимой ($p > 0,05$).

Выводы. При соблюдении технологии изготовления съемных зубных протезов, MMA, мигрирующий из базиса конструкций, не оказывает значимого влияния на ростовые параметры основных условно патогенных бактерий.

Ключевые слова: метилметакрилат, акриловые полимеры, зубной протез, кинетика роста бактерий, биопленка

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

Данил Станиславович ПАНТЕЛЕЕВ ORCID ID 0009-0003-3796-4065

ординатор кафедры ортопедической стоматологии, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера, Пермь, Россия
panteleevlvvl@gmail.com

Оксана Александровна ШУЛЯТНИКОВА ORCID ID 0000-0002-2033-5903

д.м.н., доцент, профессор кафедры ортопедической стоматологии, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера, Пермь, Россия
anasko06@mail.ru

Анатолий Петрович ГОДОВАЛОВ ORCID ID 0000-0002-5112-2003

к.м.н., доцент кафедры микробиологии и вирусологии, заведующий ЦНИЛ, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера, Пермь, Россия
agodovalov@gmail.com

Геннадий Иванович РОГОЖНИКОВ ORCID ID 0000-0002-7812-6338

д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры ортопедической стоматологии, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера, Пермь, Россия
info@digident.ru

Михаил Владимирович ЯКОВЛЕВ ORCID ID 0000-0002-2895-387X

к.м.н., врач-стоматолог ортопед, Городская стоматологическая поликлиника № 1, Пермь, Россия
mikhailyak@mail.ru

Адрес для переписки: Данил Станиславович ПАНТЕЛЕЕВ

614051, г. Пермь, ул. Уинская, д. 15А
+7 (967) 904-29-12
panteleevlvvl@gmail.com

Образец цитирования:

Пантелейев Д. С., Шулятникова О. А., Годовалов А. П., Рогожников Г. И., Яковлев М. В.

АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА АКРИЛОВЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ УСЛОВНО ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЛОСТИ РТА. Проблемы стоматологии. 2025; 3: 202-208.

© Пантелейев Д. С. и др., 2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-3-202-208

Поступила 15.09.2025. Принята к печати 08.10.2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-3-202-208

ASPECTS OF METHYL METHACRYLATE ACRYLIC POLYMERS' INFLUENCE ON THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF ORAL OPPORTUNISTIC MICROORGANISMS**Panteleev D.S.¹, Shulyatnikova O.A.¹, Godovalov A.P.¹, Rogozhnikov G.I.¹, Yakovlev M.V.²**¹ Perm State Medical University named after Academician E.A. Vagner, Perm, Russia² State Dental Polyclinic No. 1, Perm, Russia**Abstract**

Subject. In modern conditions of dental materials science development, the fabrication of removable dentures from acrylic base polymers remains relevant, but the problem of significant residual monomer release — methyl methacrylate (MMA) — during the technological stages of construction manufacturing has not yet been solved. Despite adherence to polymerization regimes, the concentration of residual MMA varies up to 5 %. It is known that MMA can have systemic and local effects on the human body. Of particular interest is the study of MMA's impact on oral microbiota and the functional parameters of opportunistic pathogens.

Objective: To evaluate the effect of methyl methacrylate acrylic polymer on the growth parameters of opportunistic microorganisms.

Materials and Methods. The study used collection strains of *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and *Escherichia coli* M-17, which were cultured in the presence of methyl methacrylate polymer (Belakril-M GO, Russia) at concentrations of 0.01, 0.1 and 1 μ g/ml, as well as 2 % and 5 %. After incubation, biofilms were stained with crystal violet, and thickness was assessed by dye extraction according to O'Toole (2011). Statistical analysis was performed using the StatTech v. 4.8.7 program («Stattech», Russia).

Results and Discussion. MMA at the studied concentrations did not significantly affect the growth parameters of *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and *Escherichia coli* M-17 strains. Correlation analysis revealed a moderate positive correlation ($r = 0.34$) between MMA concentration and growth parameters, but it was statistically insignificant ($p > 0.05$).

Conclusions. When the technology for manufacturing removable dentures is followed, MMA migrating from the construction base does not have a significant impact on the growth parameters of major opportunistic bacteria.

Keywords: methyl methacrylate, acrylic polymers, dental prosthesis, bacterial growth kinetics, biofilm

The authors declare no conflict of interest

Danil S. PANTELEEV ORCID ID 0009-0003-3796-4065

Resident, Department of Orthopedic Dentistry, Perm State Medical University named after Academician E.A. Vagner, Perm, Russia
panteleevlvvl@gmail.com

Oksana A. SHULIATNIKOVA ORCID ID 0000-0002-2033-5903

Grand PhD in Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Orthopedic Dentistry, Perm State Medical University named after Academician E.A. Vagner, Perm, Russia
anasko06@mail.ru

Anatolij P. GODOVALOV ORCID ID 0000-0002-5112-2003

PhD in Medical Sciences, Associate Professor, Department of Microbiology and Virology, Head of the Central Research Laboratory, Perm State Medical University named after Academician E.A. Vagner, Perm, Russia
agodovalov@gmail.com

Gennadiy I. ROGOZHNİKOV ORCID ID 0000-0002-7812-6338

Grand PhD in Medical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor of the Department of Orthopedic Dentistry, Perm State Medical University named after Academician E.A. Vagner, Perm, Russia
info@digident.ru

Mikhail V. YAKOVLEV ORCID ID 0000-0002-2895-387X

PhD in Medical Sciences, Orthopedic Dentist, City Dental Polyclinic No. 1, Perm, Russia
mikhailyak@mail.ru

Correspondence address: Danil S. PANTELEEV

15A Uinskaya St., Perm, 614051

+7 (967) 904-29-12

panteleevlvvl@gmail.com

For citation:

Panteleev D.S., Shulyatnikova O.A., Godovalov A.P., Rogozhnikov G.I., Yakovlev M.V.

ASPECTS OF METHYL METHACRYLATE ACRYLIC POLYMERS' INFLUENCE ON THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF ORAL OPPORTUNISTIC MICROORGANISMS.

Actual problems in dentistry. 2025; 3: 202-208. (In Russ.)

© Panteleev D.S. et al., 2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-3-202-208

Received 15.09.2025. Accepted 08.10.2025

Введение

На сегодняшний день съемные зубные протезы (ЗП) из акриловых конструкционных материалов остаются востребованным методом ортопедического лечения пациентов с дефектами зубных рядов [1, 2]. Но, вопросы, связанные с влиянием полимера на микробную экосистему полости рта (ПР) в части миграции остаточного мономера (ММА) базисов протезов в слону, органы и ткани протезного ложа, остаются весьма актуальными. При этом количество свободного мономера напрямую зависит от режима полимеризации (до 2 % — при горячей, до 5 % — при холодной полимеризации) [3]. В то же время, концентрация мигрирующего MMA варьирует в широких пределах (0,01–1 мкг/мл и более) и зависит от ряда факторов (качества акрилата, соблюдения технологических этапов изготовления ЗП и др.) [4, 5], а сам несвязанный мономер способен потенцировать развитие у пациента осложнений местного и общего характера при пользовании конструкциями съемных ЗП [4].

Особый интерес приобретает вопрос влияния MMA на процессы жизнедеятельности микробной пленки на поверхностях базисов съемных ЗП. Среди условно патогенных видов, наибольшая колонизационная активность и формирование биопленок выражены у представителей рода *Staphylococcus* и *Escherichia coli* [6–9]. Именно биопленка обеспечивает бактериям устойчивость к факторам иммунной системы и антимикробным препаратам, способствуя развитию хронических воспалительных процессов ПР [7, 10]. При этом, основной причиной повышенной колонизации микроорганизмами поверхности базиса, обращенной к тканям ПР, является наличие дополнительных ретенционных зон и отсутствие ее механической обработки (полировки), что создает благоприятные условия для адгезии и формирования устойчивых биопленок [5, 11]. Это, в свою очередь, способствует развитию как локальных воспалительных реакций слизистой оболочки протезного ложа, так и потенцированию системных инфекций, особенно у пациентов пожилого возраста [12–16].

Таким образом, изучение влияния остаточного MMA на ростовые параметры микроорганизмов имеет особую значимость.

Цель исследования — оценить влияние метилметакрилата акрилового полимера на ростовые параметры условно патогенных микроорганизмов.

Материалы и методы. В настоящем исследовании использовали коллекционные штаммы *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* M-17, а также MMA для базисных пластмасс (Белакрил-М ГО, Россия). Микроорганизмы культивировали в мясопептонном бульоне, сахарном бульоне (СБ) и среде 199 в присутствии MMA в концентрациях 0,01; 0,1; 1 мкг/мл, что соответствует концентрациям остаточного мономера MMA в слоне пациентов, эксплуатирующих съемные ЗП из акрилового полимера [17]. Кроме этого, при культивировании использовали MMA в концентрации 2 и 5 %, что соответствует содержанию остаточного мономера в зубном протезе (ГОСТ 31572-2012) [18].

Статистический анализ проводился с использованием программы StafTech v. 4.8.7 («Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывались средними арифметическими величинами (М) и стандартными отклонениями (SD). В качестве меры репрезентативности для средних значений указывались границы доверительного интервала (95 %). При отсутствии нормального распределения, количественные данные описывались с помощью медианы (Ме) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого в каждой из групп соответствовало нормальному, выполнялось с помощью однофакторного дисперсионного анализа, апостериорные сравнения — с помощью критерия Тьюки (при условии равенства дисперсий). Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, с применением критерия Краскела-Уоллиса, апостериорные сравнения — с помощью критерия Данна с поправкой Холма. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Проведенный анализ не выявил статистически значимого влияния MMA в диапазоне концентраций от 0,01 до 1,00 мкг/мл на параметры жизнедеятельности условно патогенных микроорганизмов (УПМ) при сравнении с пробами, где отсутствует MMA в различных питательных средах ($p > 0,05$). Однако следует отметить наличие определенных изменений в изучаемых параметрах кинетики роста бактерий. Так, отмечены вариации в продолжительности лаг-фазы, скорости роста, количества жизнеспособных клеток *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Выявлена тенденция увеличения продолжительности лаг-фазы и фазы экспоненциального роста, а также снижения количества жизнеспособных клеток *S. aureus* в стационарной фазе по мере увеличения концентрации MMA. В мясопептонном бульоне MMA (1 и 0,1 мкг/мл) проявляют ингибирующий эффект, а при уровне мономера 0,01 мкг/мл наблюдалась стимуляция параметров роста изучаемых бактерий (рис. 1).

В контрольных пробах биомасса жизнеспособных клеток *S. aureus* достигала 635 условных единиц (у.е.) ($p > 0,05$; к пробам с концентрацией MMA 0,01 мкг/мл). Повышение концентрации MMA до 0,01 мкг/мл сопровождалось увеличением биомассы до 763 у.е. ($p > 0,05$; к контрольным пробам), тогда как при повышении концентрации до 1 мкг/мл наблюдалось снижение биомассы до 583 у.е. ($p > 0,05$; к пробам с отсутствием MMA).

В сахарном бульоне стимулирующий эффект констатирован при концентрациях 1 и 0,01 мкг/мл, тогда как при концентрации 0,1 мкг/мл наблюдали ингибирование с последующим компенсаторным увеличением роста (рис. 2).

В среде 199 ингибирующее действие выражено лишь при концентрации 0,1 мкг/мл, а другие концентрации MMA проявляли стимулирующий эффект (рис. 3).

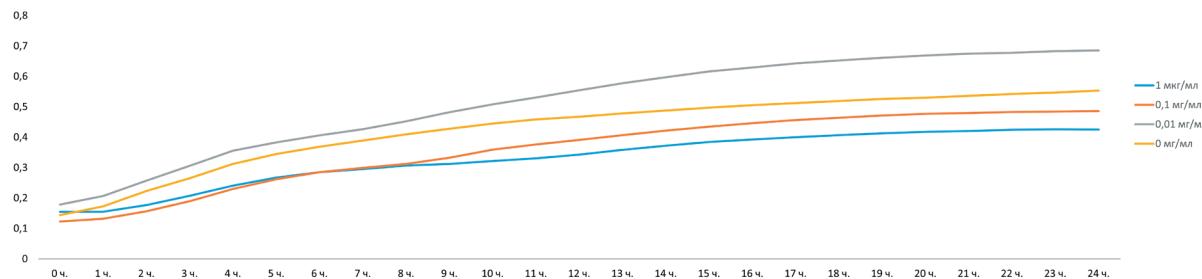


Рис. 1 Кинетика роста *Staphylococcus aureus* в мясопептонном бульоне
Fig. 1. Growth kinetics of *Staphylococcus aureus* in meat-peptone broth

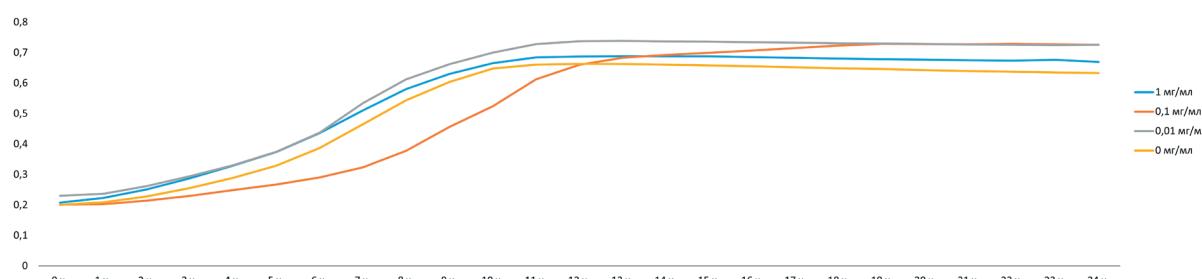


Рис. 2. Кинетика роста *Staphylococcus aureus* в сахарном бульоне
Fig. 2. Growth kinetics of *Staphylococcus aureus* in sugar broth

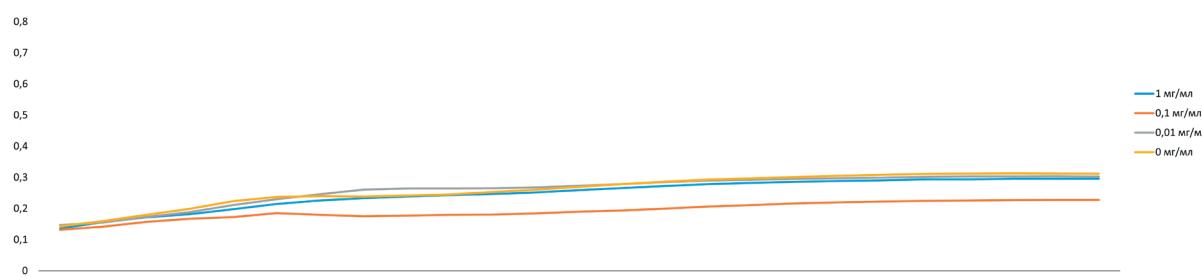


Рис. 3. Кинетика роста *Staphylococcus aureus* в среде 199
Fig. 3. Growth kinetics of *Staphylococcus aureus* in medium 199

Результаты анализа кинетики роста коллекционного штамма *E. coli* согласуются с закономерностями, выявленными для *S. aureus*, что свидетельствует о схожем механизме воздействия на них MMA. В мясопептонном

бульоне ингибирование отмечалось при концентрациях MMA 1 и 0,1 мкг/мл, а при концентрации 0,01 мкг/мл — стимулирование роста *E. coli* (рис. 4).

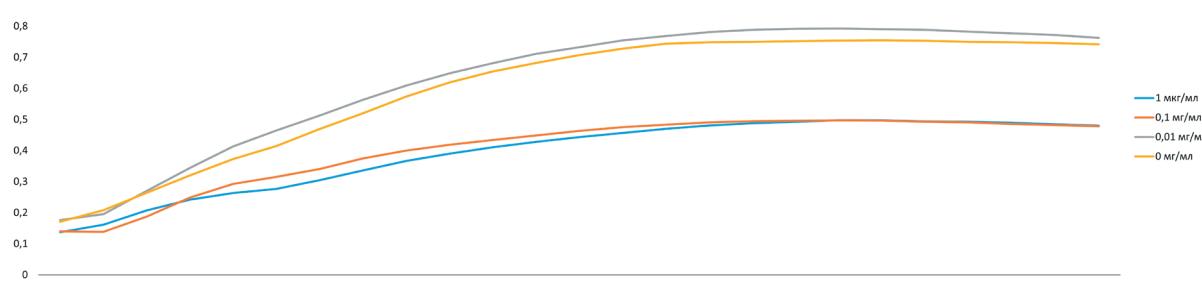


Рис. 4. Кинетика роста *Escherichia coli* в мясопептонном бульоне
Fig. 4. Growth kinetics of *Escherichia coli* in meat-peptone broth

При увеличении концентрации остаточного MMA в питательной среде наблюдается последовательное

снижение биомассы жизнеспособных клеток. Так, в контрольных пробах биомасса *E. coli* составляла

890 условных единиц (у.е.) ($p > 0,05$ к пробам с концентрацией MMA 0,01 мкг/мл). При введении MMA в концентрации 0,01 мкг/мл, отмечается увеличение биомассы жизнеспособных клеток (934 у.е.; $p > 0,05$ к контрольным пробам). При увеличении концентрации до 0,1 мкг/мл был отмечен ингибирующий эффект биомассы жизнеспособных клеток *E. coli* (600 у.е.; $p > 0,05$ к контрольным пробам). Наибольшее подавление наблюдалось при максимальной концентрации 1 мкг/мл, где биомасса снижалась почти в два раза по сравнению с контрольной пробой (583 у.е.; $p > 0,05$ к пробам без MMA).

В сахарном бульоне отмечено, что на начальных этапах 1,00 и 0,01 мкг/мл MMA стимулирует, а позднее подавляет показатели роста штамма *E. coli*, тогда как при концентрации 0,1 мкг/мл наблюдалась обратная динамика (рис. 5).

В среде 199 наиболее выраженный эффект отмечен в период стационарной фазы роста. MMA в концентрации 0,1 мкг/мл подавлял жизнеспособные клетки *E. coli* с их последующей стимуляцией, а в образцах с концентрацией мономера 1,0 мкг/мл эффект был противоположным. В пробах с концентрацией MMA 0,01 мкг/мл выявлен устойчивый стимулирующий эффект на жизнеспособность клеток на протяжении всего периода культивирования *E. coli* (рис. 6). Полученные данные могут быть связаны с нелинейным характером влияния MMA в отношении УПМ.

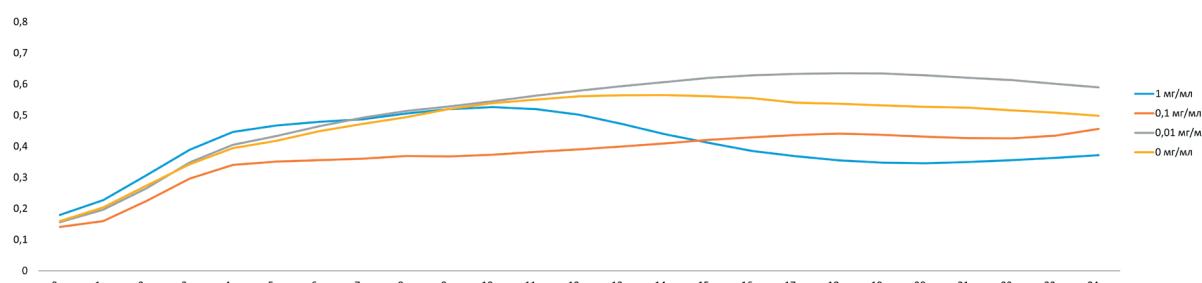
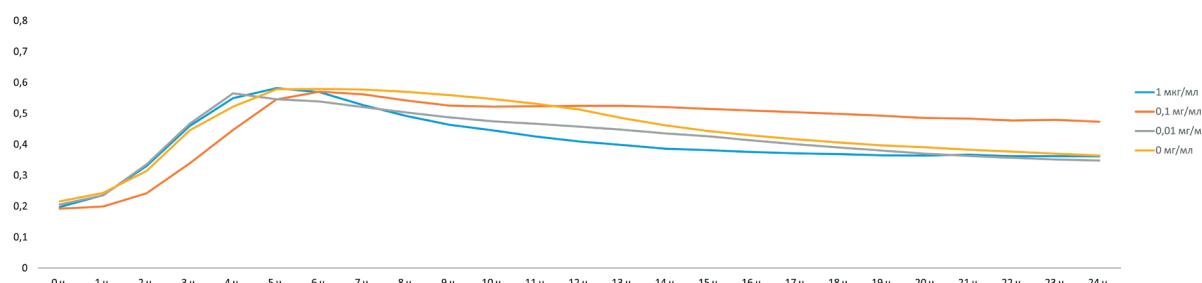
Отсутствие выраженного модулирующего влияния MMA может быть обусловлено несколькими факторами. Изученные концентрации MMA вероятно ниже мини-

мальной ингибирующей концентрации в отношении УПМ. С другой стороны, возможно произошла адаптация бактерий к воздействию MMA в изучаемых концентрациях путем активации системы детоксикации, которая защищает бактерии от различных стрессоров. Кроме этого, не исключены компенсаторные механизмы на уровне метаболических путей, позволяющих микробам поддерживать гомеостаз. Отдельный вопрос представляет собой возможность нейтрализации MMA компонентами питательной среды, при которой нивелируется потенциальное действие MMA.

При исследовании влияния MMA в более высоких концентрациях, соответствующих требованиям ГОСТ 31572-2012, был показан дозозависимый характер воздействия MMA на коллекционные микроорганизмы. Влияние MMA (2%) на штаммы *Staphylococcus aureus* заключалось в стимулирующем действии на кинетику роста, в то время как увеличение концентрации (5%) оказывало выраженный ингибирующий эффект на аналогичные ростовые параметры (рис. 7).

В отношении культур *Escherichia coli* обе исследуемые концентрации MMA (2% и 5%) увеличивали продолжительность лаг-фазы (фазы адаптации) по сравнению с контрольной группой (рис. 8).

Метилметакрилат в пробах с концентрацией 2% и 5% значительно удлинял продолжительность логарифмической фазы роста культуры *Escherichia coli* в сахарном бульоне, которая составляла более 24 ч, в то время как в контрольных пробах продолжительность лог-фазы составляла приблизительно 4 часа.



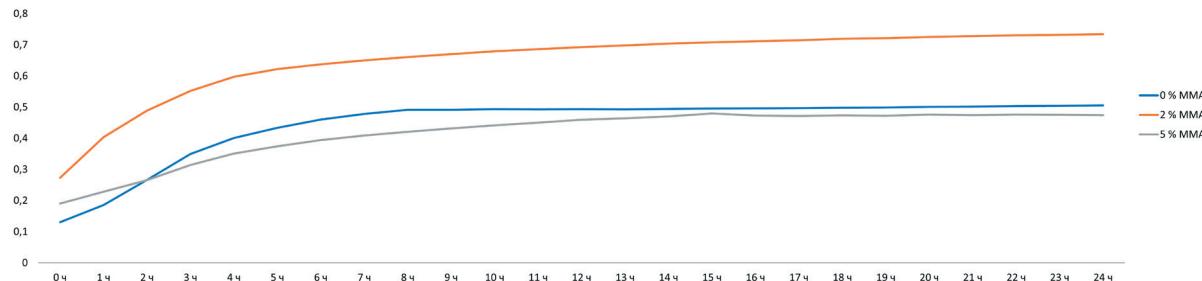


Рис. 7. Кинетика роста *S. aureus* в сахарном бульоне

Fig. 7. Growth kinetics of *S. aureus* in sugar broth

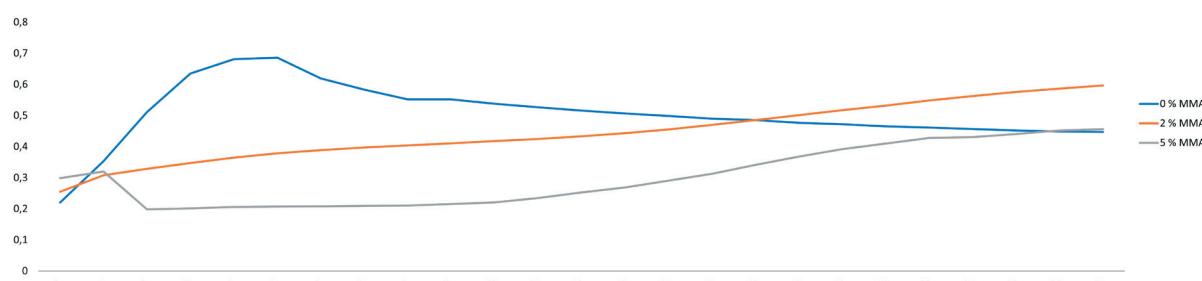


Рис. 8. Кинетика роста *E. coli* в сахарном бульоне

Fig. 8. Growth kinetics of *E. coli* in sugar broth

На основании полученных результатов можно говорить, что MMA в исследованном диапазоне концентраций не оказывает статистически значимого влияния на кинетику роста микроорганизмов в условиях *in vitro*. Результаты настоящего исследования демонстрируют отсутствие статистически значимого влияния концентраций несвязанного MMA на прокариотические микроорганизмы. В связи с чем, особую актуальность приобретает перспективное изучение его воздействия на эукариотические клетки человека. Учитывая постоянный контакт полимерных зубных протезов со слизистой оболочкой ПР, особый интерес представляет комплексное исследование влияния MMA на бактериальный эпителий ПР человека.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии статистически значимого влияния MMA в исследованном диапазоне концентраций на биологические свойства УПМ. Данный факт позволяет сделать важный клинический вывод, что остаточный мономер в реальных концентрациях не является прямым стимулятором или ингибитором микробного роста на поверхности ЗП.

Однако выявленные тенденции к изменению кинетики роста микроорганизмов указывают на наличие определенного биологического потенциала у MMA, что требует дальнейшего исследования. Особое значение приобретает изучение кумулятивного эффекта при длительном воздействии низких концентраций мономера, что в наибольшей степени соответствует реальным условиям эксплуатации ЗП.

Литература/References

- Клемин В. А., Ворожко А. А. Современное состояние вопроса выбора материала для ортопедического лечения больных, нуждающихся в съемном протезировании. Дальневосточный медицинский журнал. 2015;(1):41–46. [Klemin V.A., Vorozhko A.A. Choice of materials for orthopedic treatment of patients requiring removable prosthesis. Dal'nevostochnyj medicinskij žurnal. 2015;(1):41–46. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=23179183>
- Гуськов А. В., Калиновский С. И., Олейников А. А., Кожевникова М. С. Современные подходы к реабилитации пациентов с использованием съемных пластиночных зубных протезов. Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2021;9(4):631–646. [Gus'kov A.V., Kalinovskij S.I., Olejnikov A.A., Kozhevnikova M.S. Modern approaches to rehabilitation of patients using removable laminar dentures. Nauka molodyykh (Eruditio Juvenium). 2021;9(4):631–646. (In Russ.).] <https://doi.org/10.23888/HM20194631-646>
- Duruk G., Akküt S. Ugur Y. Evaluation of residual monomer release after polymerization of different restorative materials used in pediatric dentistry. BMC Oral Health. 2022;22(1):232. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02260-9>
- Чижов Ю. В., Маскадынов Л. Е., Маскадынов Е. Н., Алямовский В. В., Багинский А. Л., Жидкова С. В. и др. Контроль содержания свободных акриловых мономеров в отечественных базисных пластмассах съемных зубных протезов (экспериментальное исследование). Сибирское медицинское обозрение. 2015;(6):69–73. [Chizhov Yu. V., Maskadynov L. E., Maskadynov E. N., Alyamovskiy V. V., Baginskij A. L., Zhidkova S. V. et al. Control of the content of free acrylic monomers in the domestic basic plastics removable dentures. (experimental research). Siberian Medical Review. 2015;(6):69–73. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=25134018>
- Андрюков Б. Г., Ромашко Р. В., Ефимов Т. А., Ляпун И. Н., Бынина М. П., Матосова Е. В. Механизмы адгезивно-коадгезивного взаимодействия бактерий при формировании биопленки. Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2020;38(4):155–161. [Andryukov B. G., Romashko R. V., Efimov T. A., Lyapun I. N., Byunina M. P., Matosova E. V. Mechanisms of adhesive-cohesive interaction of bacteria in the formation of a biofilm. Molecular Genetics, Microbiology and Virology. 2020;38(4):155–161. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/molgen202038041155>
- Стафеев А. А., Чеснокова М. Г., Чесноков В. А. Количественный и качественный анализ микробиоты рта при ортопедической реабилитации пациентов полными и частичными съемными пластиночными протезами. Стоматология. 2015;94(5):48–51. [Stafeev A. A., Chesnokova M. G., Chesnokov V. A. Quantitative and qualitative analysis of oral microbiota by orthopedic rehabilitation with full and partial removable dentures. Stomatology. 2015;94(5):48–51. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/stomat201594548–51>

7. Ипполитов Е. В., Николаева Е. Н., Царев В. Н. Биопленка полости рта — индукторы сигнальных систем врожденного иммунитета. Стоматология. 2017;96(4):58–62. [Ippolitov E. V., Nikolaeva E. N., Tsarev V. N. Oral biofilm: inductors of congenital immunity signal pathways. Stomatology. 2017;96(4):58–62. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/stomat201796458-62>
8. Асташин Н. Б., Годолов А. П., Рогожникова Е. П., Царева Т. В., Трефилова Ю. А., Грачев Д. И. и др. Колонизационная активность условно-патогенных микроорганизмов и особенности образования биопленки на поверхности стоматологического термопластичного полимерного материала. Стоматология. 2021;100(4):72–76. [Astashina N. B., Godolov A. P., Rogozhnikova E. P., Tsareva T. V., Trefilova Yu. A., Grachev D. I. et al. Colonization activity of conditionally pathogenic microorganisms and features of biofilm formation on the surface of thermoplastic polymer material. Stomatology. 2021;100(4):72–76. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/stomat202110004172>
9. Леонтьева А. В., Потоцкая Л. А., Червинац Ю. В. Механизмы образования микробных биопленок в полости рта у здоровых людей и больных хроническим генерализованным пародонтитом. Пародонтология. 2023;28(3):208–217. [Leonteva A. V., Pototskaya L. A., Chervinets Y. V. Mechanisms of oral microbial biofilm formation in healthy people and patients with chronic generalized periodontitis. Parodontologiya. 2023;28(3):208–217. (In Russ.).] <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2023-794>
10. Курманалина М. А., Таганиязова А. А., Исаева Г. К., Азеннова К. И. Этнотипогенетические аспекты возникновения и развития рецидивирующего афтозного стоматита (обзор литературы). West Kazakhstan Medical Journal. 2022;(3):139–146. [Kurmanalina M. A., Taganiyazova A. A., Isaeva G. K., Azhenova K. I. Etiopathogenetic aspects of origin and development recurrent aphthous stomatitis (literature review). West Kazakhstan Medical Journal. 2022;(3):139–146. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=50108957>
11. Арутюнов А. С., Царева Т. В., Киракосян Л. Г., Левченко И. М. Особенности и значение адгезии бактерий и грибов полости рта как этапа формирования микробной биопленки на стоматологических полимерных материалах. Стоматология. 2020;99(2):79–84. [Arutyunov A. S., Tsareva T. V., Kirakosyan L. G., Levchenko I. M. Features and significance of adhesion of bacteria and fungi of the oral cavity as the initial stage of the formation of a microbial biofilm on dental polymer materials. Stomatology. 2020;99(2):79–84. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/stomat20209902179>
12. Ипполитов Е. В., Царев В. Н., Автандилов Г. А., Царева Е. В., Диденко Л. В. Микробные биопленки на поверхности стоматологических полимерных материалов как основной фактор персистенции микроорганизмов при патологии зубов и пародонта. Российская стоматология. 2016;9(1):95–96. [Ippolitov E. V., Tsarev V. N., Avtandilov G. A., Tsareva E. V., Didenko L. V. Microbial biofilms on the surface of dental polymer materials as the main factor of microbial persistence in dental and periodontal pathology. Russian Journal of Stomatology. 2016;9(1):95–96. (In Russ.).] <https://www.mediaphera.ru/issues/rossijskaya-stomatologiya/2016/1/082072-640620150171>
13. Joshi R. V., Gunawan C., Mann R. We Are One: Multispecies Metabolism of a Biofilm Consortium and Their Treatment Strategies. Frontiers in microbiology. 2021;12:635432. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.635432>
14. Suryaletha K., Narendrakumar L., John J., Radhakrishnan M. P., George S., Thomas S. Decoding the proteomic changes involved in the biofilm formation of *Enterococcus faecalis* SK460 to elucidate potential biofilm determinants. BMC microbiology. 2019;19(1):146. <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1527-2>
15. Zhao A., Sun J., Liu Y. Understanding bacterial biofilms: From definition to treatment strategies. Frontiers in cellular and infection microbiology. 2023;13:1137947. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1137947>
16. Bostanghadiri N., Kouhzad M., Taki E., Elahi Z., Khoshbayan A., Navidifar T. et al. Oral microbiota and metabolites: key players in oral health and disorder, and microbiota-based therapies. Frontiers in microbiology. 2024;15:1431785. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1431785>
17. Singh R. D., Gautam R., Siddhartha R., Singh B. P., Chand P., Sharma V. P. et al. High performance liquid chromatographic determination of residual monomer released from heat-cured acrylic resin. An in vivo study. Journal of prosthodontics. 2013;22(5):358–361. <https://doi.org/10.1111/jopr.12004>
18. Поздняков С. Н., Цимбалистов А. В., Чуев В. В., Чуев В. П., Миняйло Ю. А., Оганесян А. А. Сравнительная характеристика акриловых базисных пластмасс. Институт стоматологии. 2016;(4):98–99. [Pozdnyakov S. N., Tsimbalistov A. V., Chuev V. V., Chuev V. P., Minyailo Y. A., Oganesyan A. A. Comparative analysis of acrylic base resins. Institut stomatologii. 2016;(4):98–99. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=28093146>