



БУХОРО ДАВЛАТ ТИББИЁТ
ИНСТИТУТИ



ISSN 3030-3877

DOI Journal 10.26739/3030-3877

ANNALS OF CLINICAL DISCIPLINE

2 ЖИЛД, 4/2 СОН

АННАЛЫ КЛИНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

ТОМ 2, НОМЕР 4/2

КЛИНИК ФАНЛАР ЙИЛНОМАСИ

VOLUME 2, ISSUE 4/2



ТОШКЕНТ-2025

BOSH MUHARRIR: | ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: | CHIEF EDITOR:

Sh. J. Teshayev

“Klinik fanlar yilnomasi” jurnali bosh muharriri, Buxoro davlat tibbiyot instituti rektori, t.f.d., professor

BOSH MUHARRIR O'RINBOSARI: | ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА: | DEPUTY CHIEF EDITOR:

D. A. Xasanova

“Klinik fanlar yilnomasi” jurnali bosh muharrir o'rinbosari, Buxoro davlat tibbiyot instituti anatomiya va klinik anatomiya kafedrasida professori, DSc

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- **U.K. Abdullayeva** - “Klinik fanlar yilnomasi” jurnali mas'ul kotibi, Buxoro davlat tibbiyot instituti fakultet va gospital terapiya, nefrologiya va gemodializ kafedrasida dotsenti, DSc;
- **M.J. Sanoyeva** - Buxoro davlat tibbiyot instituti nevrologiya kafedrasida dotsenti, DSc
- **A.G. Gadayev** - Toshkent tibbiyot akademiyasi 3-son ichki kasalliklar kafedrasida professori, t.f.d.
- **A.R. Obloqulov** - Buxoro davlat tibbiyot instituti, yuqumli kasalliklar va bolalar yuqumli kasalliklari kafedrasida mudiri, t.f.d., professor
- **D.A. Nabiyeva** - Toshkent tibbiyot akademiyasi, 1-son fakultet va gospital terapiya, kasb kasalliklari kafedrasida mudiri, t.f.d., professor
- **Sh.T. O'roqov** - Buxoro davlat tibbiyot instituti xirurgik kasalliklar kafedrasida mudiri, DSc, dotsent
- **M.M. Karimov** - Respublika ixtisoslashtirilgan terapiya va reabilitatsiya ilmiy-amaliy tibbiyot markazi “Gastroenterologiya” ilmiy laboratoriyasi boshlig'i, t.f.d., professor
- **N.U. Narzullayev** - Buxoro davlat tibbiyot instituti otorinolaringologiya kafedrasida professori, DSc
- **G.N. Sobirova** - Toshkent tibbiyot akademiyasi reabilitatsiya va jismoniy tarbiya kafedrasida professori, t.f.d.
- **F.S. Raupov** - Buxoro davlat tibbiyot instituti bolalar xirurgik kasalliklari kafedrasida mudiri, DSc, dotsent
- **Sh.B. Axrorova** - Buxoro davlat tibbiyot instituti, nevrologiya kafedrasida dotsenti, DSc.
- **V.R. Akramov** - Buxoro davlat tibbiyot instituti travmatologiya va neyroxirurgiya kafedrasida mudiri, DSc, dotsent
- **I.K. Sadulloeva** - Buxoro davlat tibbiyot instituti bolalar kasalliklari propedevtikasi va bolalar nevrologiyasi kafedrasida mudiri, DSc, dotsent
- **M.K. Temirova** - Toshkent davlat tibbiyot universiteti, Nevrologiya va bolalar nevrologiyasi, tibbiy genetika kafedrasida assistenti PhD

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

- **G.J. Jarilkasinova** - Buxoro davlat tibbiyot instituti oilaviy shifokorlarni qayta tayyorlash kafedrasida professori, DSc
- **U.S. Mamedov** - Buxoro davlat tibbiyot instituti onkologiya kafedrasida mudiri, DSc, dotsent
- **A.A. Saidov** - Buxoro davlat tibbiyot instituti ortopedik stomatologiya va ortodontiya kafedrasida professori DSc
- **N.N. Karimova** - Buxoro davlat tibbiyot instituti 3-son akusherlik va ginekologiya kafedrasida mudiri, DSc, dotsent
- **U.K. Qayumov** - tibbiyot xodimlarini kasbiy malakasini oshirish markazi ichki kasalliklar kafedrasida mudiri, t.f.d., professor
- **M.E. Raximova** - Toshkent tibbiyot akademiyasi, 3-son ichki kasalliklar kafedrasida dotsenti, t.f.d.
- **R.I. To'raqulov** - Toshkent tibbiyot akademiyasi, 3-son ichki kasalliklar kafedrasida professori, t.f.d.
- **Ch.S. Pavlov** - I.M. Sechenov nomidagi birinchi Moskva davlat tibbiyot universiteti terapiya kafedrasida mudiri, t.f.d., professor
- **L.B. Novikova** - Rossiya Federatsiyasi Sog'liqni saqlash vazirligining “Janubiy Ural davlat tibbiyot universiteti” federal davlat byudjet oliy ta'lim muassasasi dermatovenerologiya kafedrasida professori, t.f.d.
- **O.I. Letyayeva** - Rossiya Federatsiyasi Sog'liqni saqlash vazirligining “Janubiy Ural davlat tibbiyot universiteti” federal davlat byudjet oliy ta'lim muassasasi dermatovenerologiya kafedrasida professori, t.f.d.
- **I.V. Reverchuk** - I.Kant nomidagi Boltiq federal universiteti psixonevrologiya va psixosomatika kafedrasida mudiri, t.f.d., professor
- **Edip Gonullu** - Izmir Bakirchay universiteti anesteziya va reanimatsiya kafedrasida dotsenti, t.f.d.
- **Eva Lietto** - Italiya Campania universiteti “Luigi Vanvitelli”ning tarjima tibbiyot fanlari kafedrasida mudiri, t.f.d., professor
- **G.S. Xodjiyeva** - Abu Ali ibn Sino nomidagi Buxoro davlat tibbiyot universitetining Ichki kasalliklar propedevtikasi kafedrasida dotsenti

Журнал включен в перечень ВАК национальных научных изданий, рекомендуемых для публикации основных научных результатов диссертаций по медицинским наукам постановлением № 369/6 от 5 апреля 2025 г.

© Page Maker | Верстка | Саҳифаловчи: Хуршид Мирзахмедов

О журнале

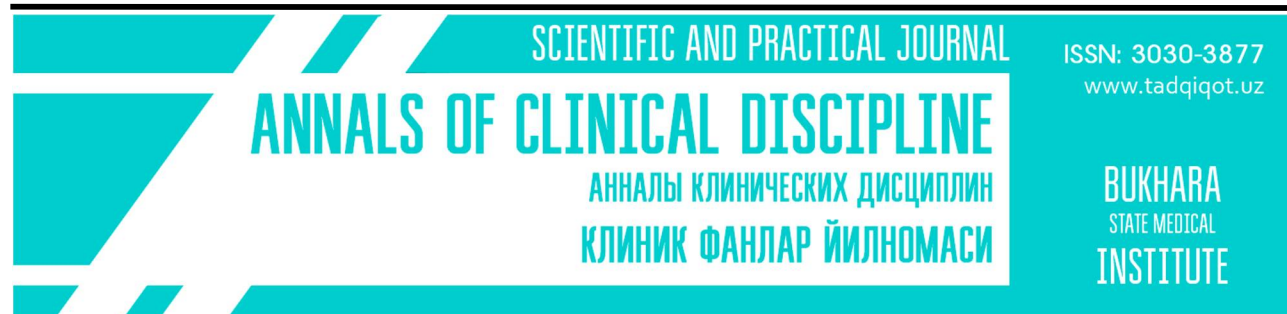
Журнал зарегистрирован в Агентство информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан № С-239963 от 14 марта 2024 года

Адрес редакции: Республика Узбекистан, 200114, г. Бухара, ул. Гиждуван, 23
Телефон: +998(65)2230050
Сайт: <https://tadqiqot.uz/index.php/spjacad>
e-mail: abumkur14@gmail.com

1. Индиаминов С.И., Хамраев А.Х. Функциональная морфология гемато-и ликворээнцефалического барьеров головного мозга в физиологических условиях	7
2. Йулдашев Г.Ю., Собурова Д.Р. Хирургическое лечение сегментарной внепечечной портальной гипертензии.....	12
3. Мирджураев Э.М., Адамбаев З.И., Маматханова Ч.Б. Клинико-неврологическая стратификация пациентов с врожденными и системными заболеваниями позвоночника: оптимизация тактики ведения при сирингомиелии, атаксии Фридрейха и артерии-венозные мальформации.....	19
4. Мирходжаев И.А. Жигар эхинококкини самарали даволаш усулини кўллаш.....	25
5. Муллабаева Г.У., Умаров Б.Я., Юсубов А.Д. Иммунологические механизмы ремоделирования миокарда у детей после транскатетерного закрытия дефекта межжелудочковой перегородки.....	28
6. Назаров Б.Б. Описание результатов сравнительного исследования содержания иммуноглобулинов в сыворотке крови женщин с опухолями прецервикальной области.....	34
7. Назарова Л.А., Аблязов О.В., Усманханов О.А. Томографические предикторы выбора хирургической методики при различных формах краниосиностоза.....	40
8. Нарзиев Ш.М., Нуралиев Н.А. Қалқонсимон без касалликларида иммун тизим кўрсаткичларидаги ўзгаришлар тавсифи.....	46
9. Насирова Д.Ш. Нейрофизиологические, клинико-неврологические и нейропсихологические параллели у детей с постравматической энцефалопатией.....	57
10. Одилова М.У., Сафаров М.Т., Хабилов Д.Н., Косимова К.А., Олимжонова Н.О., Дадабаева М.У. Нейрофизиологические, клинико-неврологические и нейропсихологические параллели у детей с постравматической энцефалопатией.....	68
11. Расулов Ш.К. Современные подходы к диагностике истинных и псевдоаллергических реакций на местные анестетики в стоматологии.....	76
12. Рахматова Б.Д., Хамидов Ж.Г. Ёшлар орасида ўткир миокард инфарктини тарқалиши ва унинг асоратларини башорат қилиш (шарх).....	83
13. Рахмонов Дж.Т. Джамолова Р.Дж. Абдуллаева Д.Ю. Качество жизни пациентов с воспалительными заболеваниями кишечника на фоне медикаментозного лечения.....	88

14. Рахмонова Г.Э., Зокирова Л.У., Аллаярова Н.К. Особенности лучевой диагностики при переломах костей таза.....	96
15. Саидмуратов М.А., Хомидов Ф.К. Эффективность комплексных профилактических мероприятий при вирусных гепатитах В и С: клинико-эпидемиологическая динамика и образовательный эффект.....	104
16. Саломова Ш.О., Туксанова Д.И. Значимость ранних клинико-биохимических диагностических маркеров липидного спектра в прогнозировании развития метаболического синдрома у девочек в менструальном периоде.....	110
17. Сафаров М.Т., Одилова М.У., Хабилов Д.Н., Косимова К.А., Олимжонова Н.О., Дадабаева М.У. Влияние поверхностных свойств стоматологической керамики на бактериальную адгезию: систематический обзор.....	115
18. Сафоев Н.Н. Диагностическая ценность IL-6, TNF-А и CD4/CD8 в прогнозировании тяжёлой кардиореспираторной формы постковидного синдрома.....	124
19. Тен В.Д., Алимов И.Р., Умаров Р.Д. Тактика выбора метода наведения при перкутанной биопсии нижнегрудного отдела позвоночника.....	130
20. Тилавова Ф.С. Панкреатит ва COVID-19: Адабиётлар шарҳи.....	135
21. Tuynunov N.N., Khudanov B.O. Bioactivity and remineralization potential of particle-size-engineered glass ionomer cements.....	143
22. Умаров Б.Я., Сиддиков А.М. Клинико-иммунологические аспекты прогнозирования реперфузионного повреждения миокарда при операциях на сердце с искусственным кровообращением.....	150
23. Хамдамов Б.З., Мухамедов А.Б. Иммунобиохимические предикторы ранних послеоперационных осложнений у пациентов с ишемической болезнью сердца после аортокоронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения.....	157
24. Ходжаева Д.И., Умаров Б.Я. Клинико-иммунологическая характеристика и прогностическая значимость иммунных маркеров у пациенток с раком молочной железы.....	164
25. Khodjjeva G.S. Enhancing chronic disease screening efficiency via modern information technologies.....	169
26. Хомидов Ф.К. Динамика тиреоидных, аутоиммунных и микронутриентных маркеров на фоне 12-месячной профилактической программы у пациентов с тиреоидной патологией.....	175

27. Khudayberganova N.Kh., Akhmedova I.M., Eshmurzayeva A.A., Shukurova F.N.	
Features of the course of chronic gastroduodenitis associated with Helicobacter pylori in school-age children.....	182
28. Эргашов Б.Б.	
Хроническая сердечная недостаточность на сегодняшний день: литературный обзор.....	188
29. Эргашов Б.Б.	
Курение как системный модификатор гемодинамики и фактор риска артериальной гипертензии (обзор литературы).....	193
30. Юсупова М.К.	
Функционально-биомеханическая оценка эффективности двухэтапного адгезивного шинирования при хроническом генерализованном пародонтите.....	198



Сафаров М.Т.¹, Одилова М.У.², Хабилов Д.Н.³,
Косимова К.А.⁴, Олимжонова Н.О.⁵, Дадабаева М.У.⁶

¹ <https://orcid.org/0000-0002-6796-060X>

² <https://orcid.org/0009-0008-1678-8847>

³ <https://orcid.org/0000-0002-1690-0842>

⁴ <https://orcid.org/0009-0004-4836-1187>

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-1316-902X>

⁶ <https://orcid.org/0000-0002-9167-9308>

Ташкентский государственный медицинский университет, Ташкент, Узбекистан

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ НА БАКТЕРИАЛЬНУЮ АДГЕЗИЮ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР



<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.18208195>

АННОТАЦИЯ

Согласно проанализированным данным, убедительных доказательств влияния электростатического заряда на бактериальную фиксацию для стоматологических керамик выявить не удалось. Тем не менее большинство исследований указывают на связь между степенью бактериальной колонизации и такими параметрами, как свободная поверхностная энергия и топография поверхности. Понимание физико-химических свойств керамических материалов, способствующих снижению адгезии патогенных микроорганизмов, может способствовать разработке реставрационных материалов, менее подверженных формированию биоплёнок.

Ключевые слова: стоматологическая керамика, CAD/CAM-керамика, бактериальная адгезия, биоплёнка, *Streptococcus mutans*, микрорельеф поверхности.

Safarov M.T., Odilova M.U., Xabilov D.N.,
Qosimova K.A., Olimjonova N.O., Dadabayeva M.U.
Toshkent davlat tibbiyot universiteti, Toshkent, O'zbekiston

STOMATOLOGIK KERAMIKALARNING YUZASINING BAKTERIAL ADGEZIYAGA TA'SIRI: SISTEMATIK ADABIYOTLAR SHARHI

ANNOTATSIYA

Olingan ma'lumotlarga ko'ra, stomatologik keramikalarda elektrostatik zaryadning bakterial yopishishga ta'sirini tasdiqlovchi yetarli dalillar topilmadi. Biroq tadqiqotlarning aksariyati bakterial kolonizatsiya darajasi bilan erkin sirt energiyasi va yuzaki topografiya o'rtasida bog'liqlik mavjudligini ko'rsatdi. Keramik materiallarning mikroblar yopishishini kamaytirishga xizmat qiluvchi fizik-kimyoviy xususiyatlarini chuqurroq tushunish biofilm hosil bo'lishiga kamroq moyil bo'lgan stomatologik restavratsiya materiallarini yaratishga yordam berishi mumkin.

Kalit so‘zlar: stomatologik keramika, CAD/CAM-keramika, bakterial adgeziya, biofilm, Streptococcus mutans, yuzaki mikrorelyef.

Safarov M.T., Odilova M.U., Khabilov D.N., Kosimova K.A.,
Olimjonova N.O., Dadabayeva M.U.
Tashkent State Medical University, Tashkent, Uzbekistan

INFLUENCE OF SURFACE PROPERTIES OF DENTAL CERAMICS ON BACTERIAL ADHESION: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

The analyzed data did not provide sufficient evidence to confirm the influence of electrostatic surface charge on bacterial attachment to dental ceramics. However, most studies demonstrated a relationship between the degree of bacterial colonization and parameters such as surface free energy and topographical features. A deeper understanding of the physicochemical properties of ceramic materials that reduce microbial adhesion may support the development of restorative materials less susceptible to biofilm formation.

Keywords: dental ceramics, CAD/CAM ceramics, bacterial adhesion, biofilm, Streptococcus mutans, surface microtopography.

Введение. Вопросы микробной адгезии к твёрдым поверхностям активно изучаются в различных областях — от биоинженерии до пищевой промышленности — и известно, что такие параметры, как свободная поверхностная энергия, микрорельеф и электростатические свойства материала, играют ключевую роль в формировании биоплёнок [1,2,3]. В стоматологии эти характеристики приобретают особое значение, поскольку керамические реставрации постоянно контактируют со слюной, дентальной бляшкой и микроорганизмами, способными инициировать кариес, гингивит и периимплантные заболевания [4,5].

Адгезия бактерий к керамической поверхности определяется как особенностями самих микроорганизмов (наличие фимбрий, пилей, жгутиков, адгезинов), так и структурой и химией субстрата. Шероховатость поверхности, уровень гидрофильности/гидрофобности и показатели поверхностной энергии влияют на способность микробов прикрепляться и формировать устойчивые биоплёнки [6,7,8]. Согласно ряду исследований, увеличение шероховатости выше определённого порога способствует задержке микроорганизмов в микродепрессиях и микропорах, облегчая образование биоплёнки [9,10,11,12]. В то же время некоторые авторы отмечают, что поверхностная энергия и химический состав материалов могут оказывать более выраженное влияние, чем рельеф [13,14,15].

Важным аспектом является и потенциальное участие электростатических сил. Бактерии в большинстве случаев обладают отрицательным зарядом поверхности, однако способность некоторых видов адаптироваться и преодолевать электростатическое отталкивание усложняет прогнозирование их поведения на керамических материалах [4,10,15]. Несмотря на большое количество работ, посвящённых электростатическим взаимодействиям в других биоматериальных системах, данные относительно стоматологических керамик остаются ограниченными.

Учитывая растущий интерес к керамическим реставрациям, особенно CAD/CAM-материалам, становится актуальным систематизированный анализ доступных данных о влиянии поверхностных характеристик на микробную адгезию. Такой анализ позволит выявить параметры, которые могут быть оптимизированы для снижения формирования биоплёнок и повышения клинической долговечности ортопедических конструкций [4,5,7].

Материалы и методы

Критерии включения и исключения

Целью исследования было определить, каким образом поверхностные свойства стоматологических керамик — включая электростатический заряд, свободную поверхностную энергию и шероховатость — влияют на бактериальную адгезию. Для

формализации отбора использовался принцип PICOS (участники, вмешательство, сравнение, исходы, дизайн исследований).

Критерии включения:

- исследования, в которых оценивались керамические материалы в их исходном, неизменённом виде;
- работы, описывающие параметры поверхности (свободная энергия, топография, электрический заряд, ζ -потенциал) и их связь с бактериальной адгезией;
- исследования *in vitro*, *in situ* или *in vivo*, в которых моделировалась бактериальная колонизация поверхности керамики.

Критерии исключения:

- обзоры литературы;
- работы, где антимикробный эффект зависел от нанесённых покрытий или добавленных компонентов, а не от самой керамики;
- металлокерамические и экспериментально модифицированные материалы;
- неопубликованные данные, письма редактору и персональные сообщения.

Источники информации и поисковая стратегия

Поиск литературы проводился в пяти крупнейших научных базах данных: SCOPUS, PubMed/MEDLINE, EMBASE, Web of Science и Google Scholar. Поиск осуществлялся в декабре 2020 — январе 2021 гг. и был обновлён в марте 2021 года. В анализ включались публикации с 1900 по 2021 год, индексированные в Journal Citation Reports.

Дополнительно выполнен ручной поиск по спискам литературы тех работ, которые были признаны релевантными на этапе полного прочтения.

Стратегия поиска для каждой базы данных была адаптирована индивидуально и включала комбинации терминов, связанных с: “ceramic materials”, “bacterial adhesion”, “surface topography”, “surface free energy”, “electrostatic charge”, “zeta potential”.

Отбор исследований и извлечение данных

Первоначальный поиск выявил 348 публикаций. После удаления дубликатов и анализа аннотаций по критериям включения/исключения для полного чтения были отобраны 24 статьи. Из них 7 работ исключили, а ещё 5 были добавлены после ручного поиска, что привело к итоговому числу 22 исследований, включённых в качественный анализ.

Процедура отбора выполнялась двумя независимыми исследователями. Данные (тип материала, методики измерения, используемые микроорганизмы, показатели поверхности, методы оценки адгезии) извлекались в стандартизованную электронную таблицу.

Оценка риска смещения (качества исследований)

Качество включённых работ оценивалось с помощью адаптированного инструмента для смешанных квазиэкспериментальных исследований, разработанного Joanna Briggs Institute. Каждая публикация классифицировалась по уровню риска смещения: низкий, неясный или высокий.

Наибольшее число работ демонстрировало низкий уровень риска. Повышенный риск был связан с отсутствием контрольных групп в ряде исследований и недостаточно подробно описанной процедурой повторных измерений. Согласованность оценок между двумя рецензентами составила 98%.

Обработка данных

Из-за значительной гетерогенности методик, микроорганизмов, характеристик материалов и способов оценки адгезии проведение метаанализа было невозможно. Поэтому выполнен дескриптивный (качественный) анализ результатов,

Результаты

Поиск и отбор исследований

В ходе первоначального поиска по пяти научным базам было выявлено 348 публикаций. После удаления дублирующихся записей и анализа аннотаций на соответствие критериям включения для полного прочтения было отобрано 24 исследования. По итогам их

детального анализа 7 статей были исключены по различным причинам (несоответствие объекту исследования, применение покрытий, использование экспериментальных материалов и др.). Дополнительный ручной поиск позволил выявить ещё 5 релевантных работ, что привело к итоговому включению 22 исследований в качественный обзор.

Оценка риска смещения

По результатам анализа, проведённого с использованием адаптированного инструмента Joanna Briggs Institute, большинство исследований демонстрировали низкий риск систематических ошибок. Наибольшая неопределённость возникала в отношении критерия, связанного с повторными измерениями исходных параметров, поскольку большинство исследований не включали вмешательств, способных изменять свойства керамики. Также более высокий риск смещения выявлен у работ, не имеющих ясно определённой контрольной группы и не уточняющих, проводились ли измерения одним и тем же оператором.

Характеристики включённых исследований

В итоговый обзор вошли исследования, опубликованные с 2000 по 2020 год. Материалы, использованные в работах, отличались значительным разнообразием: от традиционных полевошпатных керамик до современных CAD/CAM систем, включая цирконий, литий-дисиликат, лейцитосодержащие стеклокерамики, алюминий-оксидсодержащие составы, а также керамики с различными методами синтеринга и обработки поверхности.

Размеры образцов варьировали, но наиболее часто использовались диски и прямоугольные пластины.

Модели микробной адгезии включали как моноштаммовые культуры (*Streptococcus mutans*, *S. sanguinis*, *S. mitis*, *S. oralis*, *Candida albicans*), так и полимикробные биоплёнки, сформированные на основе человеческой слюны.

Включённые исследования анализировали один или несколько параметров поверхности, среди них:

- шероховатость,
- свободная поверхностная энергия,
- контактный угол,
- топографические особенности,
- химический состав поверхности.

Основные направления исследовательских методик

Методы оценки свойств поверхности варьировали и включали:

- профилометрию,
- атомно-силовую микроскопию,
- конфокальную лазерную микроскопию,
- SEM-анализ,
- измерение контактного угла,
- расчёт поверхностной энергии с использованием нескольких жидкостей.

Методы количественной оценки адгезии бактерий также отличались:

- подсчёт колониеобразующих единиц (КОЕ),
- измерение биомассы,
- LIVE/DEAD-анализ,
- флуоресцентная микроскопия,
- морфологический анализ распределения бактерий на поверхности.

Обобщение полученных данных

Существенная методологическая разнородность — различия в типах керамик, способах обработки поверхности, используемых микроорганизмах и протоколах инкубации — не позволила провести метаанализ, что потребовало применения описательного подхода.

Тем не менее общий анализ выявил несколько тенденций:

1. Шероховатость поверхности часто демонстрировала прямую связь с уровнем бактериальной адгезии, особенно при наличии микротрещин, пор и выраженных неровностей.

2. Свободная поверхностная энергия и степень гидрофильности/гидрофобности также в ряде работ оказывали значимое влияние на начальную колонизацию микроорганизмов.

3. Данные о влиянии электростатического заряда и ζ -потенциала были крайне ограниченными, и убедительных доказательств их влияния на адгезию именно стоматологических керамик обнаружено не было.

4. Результаты по цирконию и литий-дисиликату показали, что влияние физико-химических свойств поверхности может зависеть как от природы материала, так и от применённых методов обработки (шлифование, полировка, глазурирование).

5. Некоторые исследования продемонстрировали, что наличие слюны способно значимо изменять свойства поверхности (например, снижать контактный угол), что влияет на результаты микробной колонизации.

Обсуждение

1. Общая интерпретация полученных данных

Результаты качественного обзора демонстрируют, что поверхностные свойства стоматологических керамик — в первую очередь шероховатость и свободная поверхностная энергия (SFE) — оказывают заметное влияние на начальную фазу адгезии микроорганизмов. Большинство включённых работ показывают позитивную корреляцию между увеличением микрошероховатости и ростом колонизации, тогда как данные по влиянию электростатического заряда и ζ -потенциала остаются недостаточно представлены и противоречивы. Эти наблюдения согласуются с представлениями о физико-химических механизмах адгезии: шероховатость увеличивает локальную площадь контакта и формирует укрытия от сдвиговых сил, а высокая SFE и гидрофильность могут повышать взаимодействие с микробной клеточной оболочкой у ряда видов бактерий [16,17,18].

2. Роль шероховатости: пороговые эффекты и контекст

Многие исследования (включая лабораторные и клинические модели) указывают на то, что влияние шероховатости не является линейным и зависит от масштаба неровностей и их соотношения с размерами микроорганизмов. Наблюдалось, что при грубой микротопографии (наличие глубоких впадин и трещин) формируется защита от гидродинамического срыва и микробная колонизация возрастает [12, 21]. Одновременно в нескольких работах показан эффект «пороговой» шероховатости (приблизительно 0.2 μm), выше которой дальнейшее увеличение R_a не всегда сопровождается значимым ростом биоплёнки — вероятно, из-за насыщения ниши микропор и сложной взаимосвязи с другими факторами поверхности (SFE, химия поверхности). Такие пороговые значения были зафиксированы и в отдельных эмпирических исследованиях [19, 20], что подчёркивает необходимость оценивать шероховатость в контексте конкретного материала и биологической модели.

3. Свободная поверхностная энергия и гидрофильность/гидрофобность

Данные обзора показывают, что SFE выступает важным фактором, определяющим адгезию ранних колонизаторов. Высокая SFE (гидрофильность) ассоциируется с большей адгезией некоторых стрептококков, тогда как гидрофобность уменьшает прилипание ряда видов бактерий [2, 22]. Однако влияние SFE модифицируется слюнным пелликулом: покрытие поверхности белками слюны может снизить контактный угол и изменить химическую активность поверхности, нивелируя ожидаемые эффекты исходной SFE [21, 22]. Это подчёркивает, что *in vitro* измерения контактного угла на «сухих» образцах не всегда полностью отражают поведение в ротовой полости — необходимо моделирование взаимодействия с биологическими средами (например, предварительное покрытие пелликулой или использование *in situ* подходов).

4. Электростатические взаимодействия и ζ -потенциал — пробелы в знаниях

Вопреки гипотезам о важной роли электростатических сил, в найденных исследованиях отсутствует достаточно репрезентативных данных, оценивающих ζ -потенциал контакта «керамика — бактерия» в условиях, имитирующих полость рта. Многие работы либо сравнивали керамику с другими материалами, либо включали покрытия, что не позволяет дать однозначную оценку влияния зарядовой составляющей у чистых стоматологических керамик. Тем не менее отдельные экспериментальные данные (например, электрополяризация стеклокерамики) показали потенциал управления адгезией путём изменения поверхностного заряда [4]. Для подтверждения клинической релевантности подобных подходов необходимы углублённые исследования, включающие измерения ζ -потенциала в физиологических условиях и анализ длительных эффектов в динамике формирования биоплёнки.

5. Влияние химического состава, микроструктуры и способов обработки

Анализ показывает, что материал (цирконий, литий-дисиликат, полевошпатная керамика и др.) сам по себе не всегда определяет уровень адгезии — критически важны микроструктура, содержание стекловой фазы, наличие пор и конечная отделка поверхности (шлифование, полировка, глазурирование) [23, 24, 25]. Так, литий-дисиликат за счёт своей структуры с удлинёнными кристаллами демонстрировал в ряде работ повышенное формирование биоплёнки по сравнению с некоторыми витреозными материалами [4]. Одновременно исследования показывают, что высокий уровень полировки обычно снижает Ra и иногда снижает адгезию, однако в ряде случаев глазурированные поверхности имели больше колоний по сравнению с тщательной полировкой — что связано с изменениями SFE после глазурирования или микродефектами в глазури [6, 13]. Эти данные подчёркивают, что оптимизация поверхности — это сочетание механической обработки и управления химико-физическими параметрами.

6. Разнообразие моделей адгезии и методологические ограничения

Качество и сопоставимость результатов серьёзно осложняются высокой гетерогенностью методик: разные штаммы микроорганизмов (моноштаммовые vs полимикробные модели), различные протоколы инкубации, методы оценки адгезии (KOE, LIVE/DEAD, конфокальная микроскопия, SEM), а также отсутствие стандартизированных процедур предварительной обработки образцов (слюна, стерилизация, кондиционирование). Многие исследования не использовали контрольные группы или не указывали, проводились ли измерения одним и тем же оператором — что увеличивает риск систематических ошибок. В совокупности это делает невозможным количественный синтез данных и требует осторожности при обобщении выводов.

7. Клиническая значимость и трансляция *in vitro* данных *in vivo*

Практическая важность лежит в том, что понимание влияния поверхностных характеристик на микробную адгезию может привести к улучшению долговечности реставраций и снижению риска таких осложнений, как кариес у опорных зубов, периимплантит или воспалительные реакции мягких тканей. Однако нельзя напрямую экстраполировать *in vitro* результаты на клинику без учёта факторов ротовой среды: динамики слюноотделения, микроструктуры пелликулы, механического воздействия пищи и гигиенических мероприятий. Исследования показали, что покрытие слюной изменяет контактные углы и SFE, что влечёт за собой изменение паттернов адгезии [14, 24]. Следовательно, реалистичные *in situ* и клинические исследования являются ключевыми для подтверждения лабораторных выводов.

8. Рекомендации по методологии будущих исследований

Исходя из выявленных пробелов и ограничений, предлагается ряд методологических рекомендаций:

1. Стандартизация протоколов: единые критерии подготовки образцов (тип полировки, степень шлифования, предварительное слюнное кондиционирование), единые параметры измерения шероховатости (Ra, Rz и т.д.) и SFE (одинаковый набор рабочих жидкостей для расчёта компонентов энергии).

2. Использование многомодальных оценок поверхности: комбинация профилометрии, AFM, SEM и измерения контактного угла позволит всесторонне описать поверхность.

3. Оценка ζ -потенциала в физиологических условиях: систематическое измерение поверхностного потенциала керамик и штаммов бактерий при различных pH и ионных концентрациях для выявления вклада электростатических взаимодействий.

4. Моделирование биологической среды: включение предварительного покрытия слюной или пелликулой, применение полимикробных *in vitro* моделей и переход к *in situ* исследованиям с участием человека.

5. Долговременная оценка: анализ динамики формирования и зрелости биоплёнки, а не только ранних стадий адгезии.

6. Стандарт отчётности: детальное документирование параметров испытаний, включая данные о контроле качества и повторяемости измерений, чтобы повысить интерполяцию результатов между лабораториями.

9. Перспективы инженерных подходов к снижению адгезии

Разработка поверхностей с заданной микротопографией (биомиметика: «lotus effect», рельефы, имитирующие крылья цикад/стрекоз) и целевой модификацией SFE выглядит перспективно для создания «антиадгезивных» реставраций. В ряде работ уже продемонстрировано, что микронанозорчатые поверхности способны либо препятствовать прикреплению, либо механически разрушать клетки при контакте [2–8]. Параллельно интерес представляет подход электрической поляризации стеклокерамики, позволяющий управлять поверхностным зарядом и потенциально снижать адгезию — однако клиническая применимость этих технологий пока требует дополнительных исследований [4]. Комбинация топографических стратегий и модификаций SFE/заряда может дать синергетический эффект.

10. Ограничения обзора

Главные ограничения данного обзора связаны с исходной гетерогенностью включённых исследований: разнородность материалов, методик и критериев оценки не позволила провести количественный мета-анализ. Кроме того, часть работ использовала искусственные модели адгезии, которые не полностью отражают сложную биологию полости рта. Наконец, относительно небольшое число исследований, детально исследующих ζ -потенциал и электростатические взаимодействия в стоматологических керамиках, ограничивает возможность сформулировать окончательные выводы по этому фактору.

11. Выводы и практические рекомендации

Собранные данные свидетельствуют о том, что:

- шероховатость и свободная поверхностная энергия являются ключевыми факторами, влияющими на начальную адгезию микроорганизмов к керамическим поверхностям;
- влияние электростатического заряда на адгезию стоматологических керамик остаётся открытым вопросом и требует целенаправленных исследований;
- оптимизация полировки и финальной обработки реставраций (с учётом эффекта слюны) представляет собой практическую меру для снижения риска колонизации в клинике;
- разработка стандартизованных протоколов измерений и переход к *in situ*/клиническим исследованиям необходимы для трансляции лабораторных находок в клиническую практику.

Список использованной литературы

1. Bremer F., Grade S., Kohorst P., Stiesch M. In vivo biofilm formation on different dental ceramics. *Quintessence International*. 2011;42(7):565–574.
2. Hahnel S., Rosentritt M., Handel G., Bürgers R. Surface characterization of dental ceramics and initial streptococcal adhesion *in vitro*. *Dental Materials*. 2009;25(8):969–975.

3. Rosentritt M., Behr M., Bürgers R., Feilzer A.J., Hahnel S. In vitro adherence of oral streptococci to zirconia core and veneering glass-ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009;91(1):257–263.
4. Vo D.T., Arola D., Romberg E., et al. Adherence of *Streptococcus mutans* on lithium disilicate porcelain specimens. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 2015;114(5):696–701.
5. Dobrzynski M., Pajaczkowska M., Nowicka J., et al. Study of surface structure changes for selected ceramics used in the CAD/CAM system on the degree of microbial colonization: In vitro tests. *Biomedical Research International.* 2019;2019:9130806.
6. Contreras L.P.C., Dal Piva A.M.O., Ribeiro F.D.C., et al. Effects of manufacturing and finishing techniques of feldspathic ceramics on surface topography, biofilm formation, and cell viability. *Operative Dentistry.* 2018;43(6):593–601.
7. Dal Piva A.M.O., Contreras L.P.C., Ribeiro F.D.C., et al. Monolithic ceramics: Effect of finishing techniques on surface properties, bacterial adhesion, and cell viability. *Operative Dentistry.* 2018;43(3):315–325.
8. Chen L., Yang S., Yu P., Wu J., Guan H., Wu Z. Comparison of bacterial adhesion and biofilm formation on zirconia fabricated by two different approaches: An in vitro and in vivo study. *Advanced Applied Ceramics.* 2020;119(6):323–331.
9. Go H., Park H., Lee J., Seo H., Lee S. Effect of various polishing burs on surface roughness and bacterial adhesion in pediatric zirconia crowns. *Dental Materials Journal.* 2019;38(6):106–316.
10. Matalon S., Safadi D., Meirowitz A., Ormianer Z. The effect of aging on the roughness and bacterial adhesion of lithium disilicate and zirconia ceramics. *Journal of Prosthodontics.* 2020;30(5):440–446.
11. Mai H.N., Hong S.H., Kim S.H., et al. Effects of different finishing/polishing protocols for monolithic zirconia on surface topography, phase transformation, and biofilm formation. *Journal of Advanced Prosthodontics.* 2019;11(2):81–87.
12. Kawai K., Urano M., Ebisu S. Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 2000;83(6):664–667.
13. Yu P., Wang C., Zhou J., Jiang L., Xue J., Li W. Influence of surface properties on adhesion forces and attachment of *Streptococcus mutans* to zirconia in vitro. *Biomedical Research International.* 2016;2016:8901253.
14. Poole S.F., Pitondo-Silva A., Oliveira-Silva M., et al. Influence of different ceramic materials and surface treatments on the adhesion of *Prevotella intermedia*. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.* 2020;111:104010.
15. Kang D.H., Choi H., Yoo Y.J., Kim J.H., Park Y.B., Moon H.S. Effect of polishing method on surface roughness and bacterial adhesion of zirconia-porcelain veneer. *Ceramics International.* 2017;43(5):5382–5387.
16. Abdalla M.M., Ali I.A., Khan K., et al. The influence of surface roughening and polishing on microbial biofilm development on different ceramic materials. *Journal of Prosthodontics.* 2020;30(5):447–453.
17. Brentel A.S., Kantorski K.Z., Valandro L.F., Fucio S.B., Puppini-Rontani R.M., Bottino M.A. Confocal laser microscopic analysis of biofilm on newer feldspar ceramic. *Operative Dentistry.* 2011;36(1):43–51.
18. Dutra D.A.M., Pereira G.K.R., Kantorski K.Z., et al. Grinding with diamond burs and hydrothermal aging of a Y-TZP material: Effect on the material surface characteristics and bacterial adhesion. *Operative Dentistry.* 2017;42(6):669–678.
19. Meier R., Hauser-Gerspach I., Lüthy H., et al. Adhesion of oral streptococci to all-ceramics dental restorative materials in vitro. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19(10):3249–3256.
20. Scotti R., Kantorski K.Z., Monaco C., Valandro L.F., Ciocca L., Bottino M.A. SEM evaluation of in situ early bacterial colonization on a Y-TZP ceramic: A pilot study. *International Journal of Prosthodontics.* 2007;20(4):419–422.

21. Lee D.H., Mai H.N., Thant P.P., et al. Effects of different surface finishing protocols for zirconia on surface roughness and bacterial biofilm formation. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 2019;11(1):41–47.
 22. Nakazawa K., Nakamura K., Harada A., et al. Surface properties of dental zirconia ceramics affected by ultrasonic scaling and low-temperature degradation. *PLoS ONE*. 2018;13(9):e0203849.
 23. Rosentritt M., Behr M., Bürgers R., Feilzer A.J., Hahnel S. In vitro adherence of different oral streptococci to zirconia core and veneering ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2009;91(1):257–263.
 24. Milleding P., Gerdes S., Holmberg K., Karlsson S. Surface energy of non-corroded and corroded dental ceramic materials before and after contact with salivary proteins. *European Journal of Oral Sciences*. 1999;107(5):384–392.
- Viitaniemi L., Abdulmajeed A., Sulaiman T., Söderling E., Närhi T. Adhesion and early colonization of *Streptococcus mutans* on lithium disilicate-reinforced glass-ceramics and monolithic zirconia. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2017;25(5):228–234.

ANNALS OF CLINICAL DISCIPLINE

АННАЛЫ КЛИНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН КЛИНИК ФАНЛАР ЙИЛНОМАСИ

Научно-практический журнал по всем
направлениям медицины
основан в 2024 году
Бухарским государственным
медицинским институтом
Выходит один раз в 3 месяца
Учредитель Бухарский государственный
медицинский институт