

Роль полимерных материалов в развитии стоматологии

¹ Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик; ² Ставропольский государственный медицинский университет, г. Ставрополь; ³ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва

Khabzhokova Zh. A., Shugunova N. L., Mikhailuta A. G., Kostikov A. P.

The role of polymer materials in the development of dentistry

Резюме

Использование полимерных материалов (PM) и полимерных пленок (PMF) возросло в медицине и стоматологии. Этот растущий интерес объясняется не только превосходными поверхностями PM и PMF, но также их желаемыми механическими и биологическими свойствами, низкими производственными затратами и простотой в обработке, что позволяет адаптировать их для широкого спектра применений.

Автор, на основе исследования литературы, отмечает, что PM и PMF используются в стоматологии из-за их антимикробных свойств и свойств доставки лекарств; в профилактической, восстановительной и восстановительной терапии и для уменьшения коррозии и трения. PMF, такие как сополимеры акриловой кислоты, используются в качестве зубного клея; полимолочные кислоты используются для регенерации пульпы зуба и дентина, биоактивные полимеры используются в качестве передовых систем доставки лекарств.

В работе представлен комплексный обзор литературы о последних достижениях в области использования полимерных материалов и пленок в медицине и стоматологии

Ключевые слова: полимерные материалы, полимерные пленки, стоматология, кариес, импланты

Для цитирования: Хабжокова Ж. А., Шугунова Н.Л., Михайлюта А.Г., Костиков А.П., Роль полимерных материалов в развитии стоматологии, Уральский медицинский журнал, №10 (193) 2020, с. 64 - 68, DOI 10.25694/URMJ.2020.10.14

Summary

Use of polymer materials (PM) and polymer films (PMF) has increased in medicine and dentistry. This growing interest is due not only to the excellent PM and PMF surfaces, but also to their desired mechanical and biological properties, low production costs, and ease of processing, allowing them to be adapted for a wide range of applications. In particular, PM and PMF are used in dentistry because of their antimicrobial properties and drug delivery properties; in preventive, restorative, and restorative therapies; and to reduce corrosion and friction. PMF, such as acrylic acid copolymers, are used as dental glue; polylactic acids are used to regenerate tooth pulp and dentin, bioactive polymers are used as advanced drug delivery systems.

The purpose of this article is to review the literature on recent advances in the use of polymer materials and films in medicine and dentistry

Key words: polymer materials, polymer films, stomatology, caries, implants

For citation: Khabzhokova Zh. A., Shugunova N. L., Mikhailuta A. G., Kostikov A. P., The role of polymer materials in the development of dentistry, Ural Medical Journal, No. 10 (193) 2020, p. 64 - 68, DOI 10.25694/URMJ.2020.10.14

Изучение и подходы к выбору стоматологических биоматериалов

Стоматологические биоматериалы широко изучались на протяжении многих десятилетий. Текущие достижения в области биоматериалов привели к открытию

новых материалов для стоматологического использования и расширили их применение в профилактических, восстановительных и восстановительных методах лечения [1], [2].

Широкое разнообразие этих материалов, от зубных

цементов, смол, металлов и сплавов до керамических материалов, используется в стоматологии. Металлы и сплавы, обычно используемые в стоматологии, включают титан (Ti) и их сплавы, такие как никель-титан (NiTi), нержавеющая сталь, кобальт-хромовые сплавы, никель-хром, сплавы на основе золота или амальгама для зубов [3].

Несмотря на широкую доступность биоматериалов, ни один материал не обладает идеальными физико-механическими, биологическими и поверхностными характеристиками [4]. Поэтому выбор биосовместимого материала для стоматологического использования зависит от многих факторов, таких как их коррозионные свойства, механические свойства, стоимость, доступность и эстетичность [5].

Направления применения полимерных материалов в стоматологии

Увеличение продолжительности жизни населения повысило требования к улучшению функции и эстетики стоматологического материала. Полимерные материалы (ПМ) широко используются в биомедицинских областях [6], и их использование возросло благодаря их улучшенным свойствам и широкой применимости. Полимеры играют главную роль в различных аспектах стоматологии, таких как профилактическая, восстановительная и восстановительная терапия [7]. Использование ПМ и полимерных пленок (PMF) вместо традиционных материалов (таких как зубная амальгама и цементы), используемых в стоматологии, становится все более распространенным из-за их физико-механических свойств и биологических свойств. Кроме того, эти материалы могут быть использованы для регенерации дентина или как передовые системы доставки лекарств [8,9].

Полимеры представляют собой высокомолекулярные макромолекулы, состоящие из повторяющихся структурных единиц, полученных из их соответствующих мономеров.

Биопленки вызывают распространенные стоматологические заболевания, которые включают микробы, прилипшие к зубам или реставрационным материалам [10]. Микробная адгезия сопровождается бактериальным ро-

стом и колонизацией, что приводит к образованию компактного биопленочного матрикса [11]. Этот матрикс защищает бактерии от действия антибиотиков и защитных механизмов организма.

Биопленка, сформированная на зубах, протезах или закрепленных на имплантатах реставрациях, содержит кислые организмы, такие как *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) и лактобациллы, которые выделяют кислоту, вызывающую деминерализацию эмали и дентина. Образование биопленки на зубных имплантатах может привести к серьезной инфекции, ведущей повреждению зубного имплантата. Добавление в стоматологические материалы различных антибактериальных агентов, таких как соединения четвертичного аммония [12], неорганические наночастицы (НЧ) [13],[14] или фторидный лак с натуральными продуктами [15], предотвращает образование биопленки и рост бактерий. Зубные лаки, содержащие фтор с натуральными продуктами, включая мисвак, прополис и хитозан, оказались эффективным средством профилактики кариеса [15].

Более новые методы включают использование антибактериальных полимерных покрытий для предотвращения роста бактерий на искусственных поверхностях зубов в других стоматологических материалах и зубных композитных наборах, увеличивающих срок службы реставрации [16].

Свойства и потенциал применения полимерных материалов для предотвращения развития биопленки и кариеса

Полимерные материалы используют для предотвращения развития биопленки и кариеса [17,18]. Предотвращение образования бактериальной биопленки является серьезной проблемой в стоматологии. Биопленки представляют собой коллекции микробов, которые прикрепляются к твердой ткани. Эти микробы продуцируют избыточные внеклеточные полимерные вещества (EPS), которые защищают их от окружающей среды и антибиотиков, тем самым делая их устойчивыми к антибиотикам [19].

Нанотехнологии и полимерные наноматериалы были использованы для предотвращения бактериальной

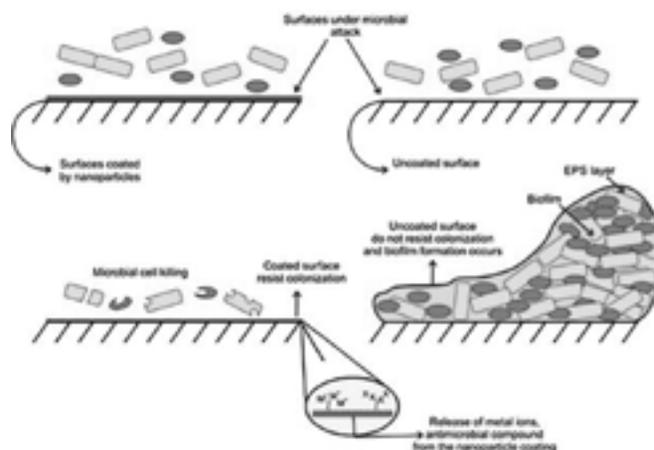


Рисунок 1. Предотвращение образования биопленки с помощью антимикробной полимерной пленки на поверхности зуба

адгезии и образования био пленки [20], [21]. Сочетание наночастиц (НЧ) и антибиотиков усиливает антибиопленочную активность. Предотвращение микробной адгезии и пролиферации на поверхностях зубного материала зависит от взаимодействия синтетических полимерных биоматериалов и структуры зуба (рис. 1) [22].

Полимерные НП помогают доставлять лекарства к месту назначения в захваченных или иммобилизованных формах. Кроме того, NP проникают в структуру биопленки и высвобождают ионы металлов и антимикробные соединения, разрушая биопленку и подавляя колонизацию микробов.

Авторы [23] оценивали антиадгезионные свойства полимеров (акриловая кислота, алкилметакрилат и полидиметилсилоксановый сополимер) в отношении накопления налета и деминерализации эмали у подростков с низким уровнем кариеса. Их результаты показали, что антиадгезионное полимерное эмалевое покрытие, используемое в сочетании с ортодонтическими устройствами у подростков с низким уровнем кариеса, не имело клинических эффектов. Тем не менее, их результаты могут быть полезны в случаях высокого риска кариеса, которые должны быть исследованы.

Авторы [24] изучали профилактическое действие зубной пасты, содержащей фторид, олово и хитозан (F / Sn / хитозан), на эрозию и истирание эмали. Они обнаружили, что зубная паста, содержащая F / Sn / хитозан, показала многообещающие результаты в снижении потери поверхности зуба в результате эрозии и истирания. Хитозан, благодаря наличию катионной аминогруппы, обладает высоким положительным дзета-потенциалом и легко адсорбируется на такие материалы, как эмаль с сильным отрицательным дзета-потенциалом [25], благодаря электростатическим силам [26].

Профилактический потенциал хитозана против эрозии и деминерализации эмали объясняется его способностью образовывать защитный многослойный слой на поверхности зуба в присутствии муцина из слюны [27]. Это послойное наращивание зубной эмали является кислотостойким и обеспечивает лучшую защиту от эрозивных воздействий. Кроме того, олово (Sn) оказывает защитное действие за счет образования аморфных отложений на поверхности эмали и включения Sn в эродированную эмаль и дентин [28].

Карбопол, высокомолекулярный полимер акриловой кислоты, использовался в качестве загустителя во многих составах, таких как гели, суспензии и эмульсии. Он также предотвращает или контролирует деминерализацию эмали, не оказывая вредного воздействия на зуб. Пленка карбопола в сочетании с фторидом натрия продемонстрировала улучшенный защитный эффект от деминерализации зубов [29].

Применение полимерных материалов в восстановительной стоматологии

Также полимерные пленки и материалы находят широкое применение в восстановительной стоматологии. Из-за высокой сложности органического субстрата зуба, белков коллагена и дентина трудно достичь опти-

мального взаимодействия между полимерами и дентином. Таким образом, к недостаткам композитных реставраций относятся полимеризационная усадка, вторичный кариес и разрушение восстановительного материала [30]. Кроме того, многие восстановительные материалы, включая смолы и композиты, накапливают больше биопленки, чем другие восстановительные материалы, такие как амальгама и зубные восстановительные цементы.

Смоляные композитные реставрации чувствительны к технике, и очень важно добиться хорошей изоляции [31]. Загрязнение слюны во время реставрационного лечения нарушает связь композитной реставрации со структурой зуба. Кроме того, композиты могут разлагаться в полости рта. Образование биопленки способствует формированию среды, которая более склонна к деградации композита, сокращая срок его службы. Кариогенные бактерии могут разлагать композиты, тем самым увеличивая шероховатость поверхности. Повышенная шероховатость и последующее повышенное накопление бактерий может способствовать развитию вторичного кариеса вокруг композитов, что является наиболее распространенной причиной неудачи восстановления композита

Полиметилметакрилат (ПММА) широко используется в качестве биомедицинского материала для изготовления различных типов протезов в медицине и стоматологии [32]. ПММА является прочным, прочным, легким материалом с хорошей ударной вязкостью по сравнению со стеклом и полистиролом, а его экологическая стабильность превосходит большинство других пластиков, таких как ПЭ и полистирол. Тем не менее, ПММА имеет определенные недостатки; он набухает и растворяется во многих органических растворителях и химических веществах благодаря своим легко гидролизующимся сложноэфирным группам.

Сокращение образования биопленки на стоматологических материалах, таких как основа зубного протеза, является ключом к здоровью полости рта. В ПММА были включены различные добавки, такие как наночастицы оксида циркония (ZrO₂-NP), ямани хна, наночастицы серебра (Ag-NP) или наночастицы платины (Pt-NP) уменьшить бактериальную или грибковую колонизацию. Добавление ZrO₂-NP к ПММА холодного отверждения снижает адгезию *C. albicans* к основам зубных протезов и съемному протезу холодного отверждения [33].

Различные полимерные пленки были использованы в качестве противомикробных препаратов на протезах для предотвращения развития биопленки. Полимеры были использованы для изготовления наносеребристых нанокompозитов с лучшими свойствами и повышенной антибактериальной активностью. Исследователи разработали антимикробный нанокомпозит с использованием хитозана, модифицированного лактозой, включенного в состав Ag-NP для термополимеризованного ПММА, который используется в стоматологии. Их результаты *in vitro* показали, что нанокомпозит эффективно убивал грам +, так и грамм-штаммы, но не был цитотоксичным для остеобластоподобных клеточных линий, первичных фибробластов человека или жировых стволовых клеток

[34].

Полимерный графен, который был описан как «самый тонкий материал во вселенной», привлекает внимание в различных областях, включая стоматологию, потому что он значительно улучшил механические свойства. Графен, открытый в 2004 году, представляет собой аллотроп углерода с планарным слоем из атомов углерода, плотно упакованным в сотую кристаллическую решетку. Материалы на основе оксида графена (GO) широко изучаются для изготовления различных нанокomпозитов с различными полимерными матрицами для различных применений.

Остеоинтеграции из SrTi / Ti имплантатов используются для стоматологических, черепно - лицевых и ортопедических целей связано с их состава и шероховатости поверхности. Имплантаты с шероховатой поверхностью увеличивают остеоинтеграцию и биомеханическую стабильность.

Методы обработки поверхности имплантатов включают плазменное напыление Ti, пескоструйную обработку, кислотное травление, анодирование и покрытия из фосфата кальция. Благоприятная среда необходима для остеоинтеграции имплантата. Сниженная концентрация кислорода в бедной сосудистой сети на поверхности раздела имплантата способствует накоплению электронов, связанных с клеткой-хозяином, в виде свободных радикалов и протонной кислоты, которые могут стимулировать инфекцию и воспаление, вызывающее отказ имплантата [34].

Чтобы обеспечить благоприятные условия для остеоинтеграции и преодоления проблем, связанных с имплантатами Ti, можно выполнить модификации поверхности, используя высокопрочные армированные волокном и сложные наполнители / добавки, включая гидроксипатит или антимикробное введение через терморезактивные полимеры, которые отверждаются при низких температурах. Полимер / углерод-армированный волокнами композитный материал произвел успешную остеоинтеграцию. Терморезактивная полимерная матрица и углеродные волокна генерируют ковалентные связи, обеспечивая прочную поддержку костной структуры и превосходную остеоинтеграцию.

Исследователи также сосредоточены на разработке биологически активных покрытий на зубных имплантатах для усиления остеоинтеграции путем взаимодействия между белками, клетками и тканями и поверхностями имплантатов [35]. Локальное высвобождение костностимулирующих или рассасывающих препаратов в области периимплантата может привести к долгосрочному успеху дентальной имплантации. Поверхности Ti с биомиметическим покрытием из нано-гидроксипатита (n-HA) и поли (молочно-гликолевой кислоты) (PLGA) /

коллагеновых нановолокон были изучены для поверхностей дентальных и костных имплантатов для усиления остеоинтеграции. Это покрытие усиливало начальную клеточную адгезию, пролиферацию клеток, дифференцировку и минерализацию на поверхности имплантата.

Ингибирование образования биопленки на зубной эмали является важным методом профилактики заболеваний зубов и пародонта. 2 - метакрилоилоксиэтил фосфорилхолин (ПДК) представляет собой полимер, который растворим в воде, биологически совместимым и имеет хорошую гемосовместимость. ПДК снижал задержку патогенных микроорганизмов человека.

Таким образом, высокостабильные адсорбционные и антибактериальные пленки PMP могут быть использованы в стоматологии и медицине. Однако недостатком PMP является его сложный синтез, что приводит к высокой стоимости производства, что ограничивает их широкое применение.

Механические свойства биоматериалов диктуются их объемными свойствами, тогда как взаимодействие ткани с биоматериалом определяется их поверхностными свойствами. Модификация поверхности биоматериалов может быть достигнута полимерным покрытием. Несмотря на наличие многочисленных биоматериалов с подходящими объемными свойствами, редко можно найти идеальный биоматериал, который обладает превосходными поверхностными характеристиками и является биосовместимым для клинических применений.

Основываясь на принципах и знаниях материаловедения, преимущества и недостатки этих стоматологических материалов следует проанализировать, прежде чем принимать решение об их клиническом использовании. Расширенное исследование использования полимерных материалов предоставило новый набор терапевтических стратегий для стоматологических применений. Хотя большинство полимерных материалов не используются регулярно в клинических условиях, их использование показало, что они улучшают биомеханические свойства стоматологических материалов, что может привести к появлению новых альтернатив лечения для пациентов в будущем. ■

Хабжинова Ж. А., Шузунова Н.Л., Михайлюта А.Г., Костиков А.П., Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова; Ставропольский государственный медицинский университет; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министрства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

Литература:

1. Wassel M., Khattab M. Antibacterial activity against *Streptococcus mutans* and inhibition of bacterial induced enamel demineralization of propolis, miswak, and chitosan nanoparticles based dental varnishes. *J Adv Res.* 2017; 8. S387-392
2. Zhang N., Chen C., Melo M. A novel protein-repellent

- dental composite containing 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine. Int J Oral Sci. 2015; 7. S103-109*
3. Allaker R.P. The use of nanoparticles to control oral biofilm formation. *J Dent Res. 2017; 89. S1175-1186*
 4. Hannig M., Hannig C. Nanomaterials in preventive dentistry. *Nat Nanotechnol. 2014; 5. S565-569*
 5. Ozak S.T., Ozkan P. Nanotechnology and dentistry. *Eur J Dent. 2018; 7. S145*
 6. Pistone S., Rykke M., Smistad G. Polysaccharide-coated liposomal formulations for dental targeting. *Int J Pharm. 2017; 516. S106-115*
 7. Carvalho T.S., Lussi A. Combined effect of a fluoride-, stannous- and chitosan-containing toothpaste and stannous-containing rinse on the prevention of initial enamel erosion-abrasion. *J Dent. 2017; 42. S450-459*
 8. Beyer M., Reichert J. Morphology and structure of polymer layers protecting dental enamel against erosion. *Dent Mater. 2016; 28.S1089-1097*
 9. Beyer M., Reichert J., Heurich E. Pectin, alginate and gum arabic polymers reduce citric acid erosion effects on human enamel. *Dent Mater. 2015; 26. S831-839*