

Грызункова Юлия Евгеньевна

студентка

Патеева Юлия Наилевна

студентка

Макарова Надежда Игоревна

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

г. Пенза, Пензенская область

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ВНУТРИКОСТНОЙ ЧАСТИ ДЕНТАЛЬНОГО ИМПЛАНТАТА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ

***Аннотация:** статья посвящена способам обработки поверхности внутрикостной части дентального имплантата для улучшения остеоинтеграции. Использование в стоматологии дентальных имплантатов повышает эффективность лечения пациентов с частичной или полной адентией, восстанавливая утраченные функцию и эстетику полости рта. В данной статье приводится обзор публикаций, описывающих способы обработки поверхности внутрикостной части дентального имплантата с целью улучшения условий для его остеоинтеграции.*

***Ключевые слова:** дробеструйный способ, ионоплазменный способ, обработка микроплазменными разрядами, плазменное напыление, напыление титанового порошка, плазменное напыление, кальций-фосфатная керамика, воздушно-абразивная обработка, протравливание в кислотах, анодирование, анодное оксидирование, микродуговое оксидирование, лазерная обработка.*

Дефекты зубных рядов у пациентов вызывают дисфункцию жевательного аппарата, снижение высоты нижней трети лица, патологические изменения в височно-нижнечелюстном суставе, изменяется фонетика речи.

Дентальная имплантация открывает широкие возможности для восполнения дефектов зубного ряда, создает новые перспективы для протезирования.

Популярность данного способа стоматологической реабилитации обосновывается высокой успешностью лечения, достигающей, по данным различных авторов, 95–97% [1; 2; 4; 9].

Наибольшее распространение получила внутрикостная имплантация (эндоосальная). При этом заживление костной ткани вокруг имплантата происходит одним из трех путей: остеоинтеграция, фиброостеоинтеграция, фиброинтеграция. Самым благоприятным исходом является остеоинтеграция [13; 15; 17].

Процесс остеоинтеграции описывается хорошо известной теорией ретракции кровяного сгустка «Blood clot retraction theory» [10; 11; 13]. Согласно этой теории, выделяются три стадии: первая – остеокондукция, вторая – остеоиндукция, третья – ремоделирование кости.

Многие авторы, рассматривая процесс образования кости *de novo* на поверхности имплантата, выявили, что остеоинтеграция происходит путем контактного и дистантного остеогенеза. При дистантном остеогенезе образование костных структур происходит со стороны костной ткани в периимплантатной области [13; 14; 18]. При контактном остеогенезе – новообразование костной ткани реализуется на поверхности самого имплантата [3; 13].

Полноценная остеоинтеграция дентального имплантата возможна при соблюдении ряда условий. Т. Albrektsson в 1990 г. предложил парадигму, включающую шесть основных факторов, необходимых для ее достижения:

- 1) имплантационный материал;
- 2) дизайн имплантата;
- 3) качество поверхности;
- 4) ортопедическая нагрузка;
- 5) хирургическая техника;
- 6) состояние костной ткани [11; 13].

Длительный срок службы имплантата является главной целью и достигается за счет плотного контакта поверхности имплантата с костной тканью челюсти пациента. Создание шероховатой поверхности имплантата с разработанной

топографией является важным условием для полноценной остеоинтеграции [1; 6; 7; 8; 11; 23].

Для придания пористости поверхности имплантата используются такие технологии, как дробеструйная обработка, ионоплазменное напыление, обработка микроплазменными разрядами, плазменное напыление титанового порошка, плазменное напыление кальцийфосфатной керамики, воздушно-абразивная обработка с последующим протравливанием в кислотах, анодирование (анодное оксидирование), микродуговое оксидирование, лазерная обработка.

С.Ю. Иванов с соавт. (2006), в эксперименте проводил обработку титановых дисков с помощью дробеструйного, ионоплазменного способов, а также использовали обработку микроплазменными разрядами. При проведении сканирующей электронной микроскопии установлено, что проведённая обработка поверхности титана способствует лучшей адгезии и плотной площади размножения остеогенных стромальных клеток, предшественников костного мозга на поверхности металла [5].

Плазменное напыление титанового порошка.

Процедура плазменного напыления осуществляется внедрением в плазменную струю титанового порошка, что сопровождается расплавлением и ускорением элементов при перемещении в потоке плазмы с дальнейшим их осаждением на поверхности имплантата. Пребывая в жидком состоянии, частички осаждаются на подложку, конденсируются и слипаются друг с другом, создавая непрерывную пленку толщиной 40–50 мкм. Вследствие данной процедуры формируется поверхность с шероховатостью по параметру Ra в пределах 7 мкм, за счет чего увеличивается площадь контакта имплантата с костью. Полученные поры обладают сложной конфигурацией и переменными размерами. Значимым минусом данной технологии считается невысокое соединение напыленного слоя с материалом самого имплантата, что может приводить к его попаданию в окружающие ткани.

Существует иной способ получения шероховатой поверхности. Заключается он во взаимодействии двух факторов: подача пруткового материала в потоке

плазмы и одномоментное диспергирование его ультразвуковыми частотами. Вследствие такого воздействия поток плазмы содержит однородные частицы с похожими свойствами. Обработанная данным способом поверхность материала приобретает однородную структуру и морфологию покрытия [20; 26; 27; 28].

Плазменное напыление кальцийфосфатной керамики.

Рельеф поверхности при данной технологии обработки подобен поверхности, получаемой при напылении титанового порошка. В качестве ингредиентов керамики используются фосфаты кальция: гидроксиапатит; трикальцийфосфат (ТКФ); тетракальцийфосфат. Данные соединения имеют высокую биосовместимость, создают условия для адгезии белков и клеток костной ткани, тем самым повышая степень соединения с костью. К минусам этой методики можно отнести отсутствие амортизации, вследствие чего нагрузка на имплантат может привести к повреждению костного ложа [16].

Воздушно-абразивная обработка с последующим протравливанием в кислотах.

При данном виде обработки шероховатость формируется с помощью бомбардировки поверхности имплантата металлической либо керамической крошкой. В процессе бомбардировки имплантата чаще всего используют такие материалы, как окись алюминия (Al_2O_3), окись титана (TiO_2), и фосфат кальция ($Ca_3(PO_4)_2$). Параметры рельефа поверхности зависят от давления, величины и продолжительности бомбардировки. Для формирования пористой поверхности в технологический процесс также включена обработка кислотой. Величина пор варьирует в зависимости от применяемой кислоты. Использование соляной (HCl) или серной (H_2SO_4) кислот приводит, как правило, к образованию пор диаметром 1–2 мкм, а при фтористоводородной (HF) либо азотной (HNO_3) кислот образуются поры диаметром 5–10 мкм. Шероховатость при этом по параметру Ra равна 2–3 мкм. Недостатком этой методики является то, что даже после очистки и стерилизации элементы абразива и следы кислот остаются на поверхности имплантата [16].

Анодирование (анодное оксидирование).

Для получения пористой поверхности используют метод гальваностатического или потенциостатического анодирования титановой поверхности. Для

этого используют сильные кислоты (H_3PO_4 , H_2SO_4 , HF , HNO_3) с большой плотностью тока (200 A/m^2) либо напряжения (100V). Применение данной методики позволяет получить поверхность имплантата с толщиной оксидной оболочки более 1 мкм и улучшить биомеханические показатели костно-имплантационного интерфейса, благодаря чему повышается число контактов между имплантатом и костной тканью. К минусам относится длительность формирования покрытий, а также сложный технологический этап изготовления изделий, использование сильных кислот [16; 19].

Микродуговое оксидирование.

Данная методика схожа с анодированием, но проходит при больших показателях силы тока и напряжения. При этом методе на поверхности возникают микроразряды электрического тока. Данная технология дает возможность создавать на поверхности керамические слои с кристаллической и аморфной текстурой шириной от нескольких микрометров до нескольких десятых частей миллиметра обширного многофункционального назначения. Получаемое таким способом покрытие отличается высокой прочностью, износостойкостью, устойчивостью к теплу и коррозионным факторам за счет своего химического состава и структуры. Результатом доклинических испытаний имплантатов является быстро протекающий процесс приживления. Недостатком данной технологии является применения кислотных и щелочных растворов, которые могут быть в пористой поверхности уже после отмытки и стерилизации имплантата [16; 22; 29].

Лазерная обработка.

При данном методе на поверхности имплантата происходит нагрев, плавление и испарение титана с помощью луча лазера, которым в свою очередь можно получить разнообразный рельеф. Применение лазерной обработки дает возможность увеличить твердость и коррозионную устойчивость к ржавчине из-за создания оксидного слоя. При различных режимах лазерной обработки можно получить установленный диаметр пор и объем шероховатости исследуемой поверхности. Данная методика является наиболее технологичной по сравнению с другими. Результатом является поверхность, лишенная фрагментов кислот либо

элементов абразива и характеризуется большей чистотой. Диаметр пор при лазерной обработке 5–50 мкм, шероховатость согласно параметру Ra является 2–10 мкм [16].

Известен также метод лазерной обработки с последующим нанесением линейно-цепочечного углерода. Поверхность титановых изделий, при лазерной обработке, с последующим нанесением линейно-цепочечного углерода, обладает высоким остеокондуктивным потенциалом, способствуя активизации процессов остеointеграции происходящей в результате врастания костной ткани в поверхность имплантата [23].

Таким образом, дентальные имплантаты, обработанные современными методами, имеют усовершенствованную структуру поверхности внутрикостной части и показывают высокий уровень шероховатости. Проанализированные результаты экспериментальных исследований показывают, что установка имплантата с шероховатым покрытием внутрикостной части потенцирует остеогенез, повышает эффективность полноценной остеointеграции, позволяя добиться образования качественного костного регенерата в перимплантантной области.

Список литературы

1. Стоматологическая имплантология / Э.А. Базилян, А.Ф. Бизяев, М.В. Ломакин [и др.]; под ред. С.Ю. Иванова. – М.: ГЭ ОТАР МЕД, 2004. – 296 с.
2. Бер М. Устранение осложнений имплантологического лечения / М. Бер, П. Миссика, Ж.-Л. Джованьоли. – М.–СПб.–Киев–Алматы–Вильнюс: Азбука стоматолога, 2007. – 356 с.
3. Васильев М.А. Физиологический отклик на состояние поверхности металлических дентальных имплантатов / М.А. Васильев, В.И. Беда, П.А. Гурин. – Львов: ГалДент, 2010. – 118 с.
4. Давидян А.Л. Немедленная имплантация. Опыт применения и сравнительная эффективность // Парадонтология. – 2006. – №1. – С. 62–66.
5. Иванов С.Ю. Качество обработки поверхности внутрикостной части дентального имплантата и адгезия клеток предшественников костного мозга

эксперименте / С.Ю. Иванов, А.И. Бычков, Д.А. Демитрович // Вестник Здоровье и образование в XXI веке. – 2006. – №6. – С. 299–300.

6. Лясников В.Н. Научные основы разработки дентальных имплантатов / В.Н. Лясников, А.В. Лепилин, Н.В. Протасова // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2013. – №3. – С. 431–434.

7. Лясников В.Н. Плазменное напыление в электронике и биомедицинской технике: Учеб. пособие для студ. физ.-техн. спец. / В.Н. Лясников, Н.В. Протасова. – Саратов: СГТУ, 2010. – 285 с.

8. Лясников В.Н. Научные основы разработки дентальных имплантатов / В.Н. Лясников, А.В. Лепилин, Н.В. Протасова // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2013. – №3. – С. 431–434.

9. Макарова Н.И. Эффективность одноэтапной и немедленной дентальной имплантации в сравнении с классической двухэтапной методикой / Н.И. Макарова, П.В. Иванов, Е.Д. Костригина, О.О. Илюнина; под ред. А.Н. Митрошина, С.М. Геращенко // Актуальные проблемы медицинской науки и образования (АПМНО-2017): Сборник статей VI Международной научной конференции / Пенза: Изд-во ПГУ, 2017. – 206 с.

10. Михальченко В.Ф. Способ улучшения процесса остеоинтеграции дентального имплантата / В.Ф. Михальченко, Д.В. Михальченко, А.В. Порошин // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2014. – №3 (43). – С. 46–49.

11. Перикова М.Г. Клинико-лабораторное обоснование применения винтовых дентальных имплантатов с развитой топографией и биоактивными свойствами поверхности: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / М.Г. Перикова. – Ставрополь, 2014. – 25 с.

12. Полупан П.В. Применение одноэтапных дентальных имплантатов в лечении больных с дефектами зубных рядов и атрофией альвеолярных отростков челюстей: дисс. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / П.В. Полупан. – М., 2017. – 190 с.

13. Поройский С.В. К вопросу об остеоинтеграции дентальных имплантатов и способах ее стимуляции / С.В. Поройский, Д.В. Михальченко,

Е.Н. Ярыгина, С.Н. Хвостов, А.В. Жидовинов // Вестник ВолГМУ. – 2015. – №3 (55). – С. 6–9.

14. Сирак С.В. Использование пористого титана для субантральной аугментации кости при дентальной имплантации (экспериментальное исследование) / С.В. Сирак, А.А. Слетов, А.К. Мартirosян, И.М. Ибрагимов, М.Г. Перикова // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2013. – №3. – С. 42–44.

15. Фирсова И.В. Сравнительный анализ краевой проницаемости материалов для фиксации эндосистем / И.В. Фирсова, С.В. Поройский, Ю.А. Македонова, В.В. Дорджиева, Ч.В. Дорджиев // Эндодонтия Today. – 2015. – №1. – С. 39–41.

16. Цыганков А.И. Состояние и развитие современных технологий обработки поверхности дентальных имплантатов // Вестник ПензГУ. – 2013. – №2. – С. 112–116.

17. Meyer U. Ultrastructural characterization of the implant/bone interface of immediately loaded dental implants / U. Meyer, U. Joos, J. Mythili, et al. // Biomaterials. – 2007. – Vol. 25. – P. 1959–1967.

18. Sul Y.-T. The roles of surface chemistry and topography in the strength and rate of osseointegration of titanium implants in bone / Y.-T. Sul, B.-S. Kang, C. Johansson, et al. // J. Biomed. Mater. Res. – 2009. – Vol. 89. – P. 942–950.

19. Родионов И.В. Применение технологии анодного оксидирования при создании биосовместимых покрытий на дентальных имплантатах / И.В. Родионов, Ю.В. Серянов // Вестник СГТУ. – 2006. – №1. – С. 77–87.

20. Бекренев Н.В. Формирование покрытий плазменным напылением с ультразвуковым диспергированием пруткового материала / Н.В. Бекренев, А.В. Лясникова, Д.В. Трофимов // Вестник СГТУ. – 2003. – №1 (1). – С. 88–97.

21. Кадырметов А.М. Исследование процессов плазменного нанесения и упрочнения покрытий и пути управления их качеством // Научный журнал КубГАУ. Scientific Journal of KubSAU. – 2012. – №81. – С. 308–325.

22. Дударева Н.Ю. Влияние режимов микродугового оксидирования на свойства формируемой поверхности // Вестник УГАТУ. Vestnik UGATU. – 2013. – №3 (56). – С. 217–222.

23. Митрошин А.Н. Анализ остеоинтеграции модифицированной лазерной поверхности титановых имплантатов, обработанных линейно-цепочечным углеродом / А.Н. Митрошин, Д.В. Никишин, Д.В. Смоленцев, М.А. Ксенофонтов, Д.А. Космынин // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2016. – №3 (39). – С. 5–15.

24. Соснин Н.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров / Н.А. Соснин, С.А. Ермаков, П.А. Тополянский. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 406 с.

25. Бекренев Н.В., Трофимов Д.В. Управление дисперсностью потока напыляемых частиц воздействием ультразвукового поля / Н.В. Бекренев, Д.В. Трофимов // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: Межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2003. – С. 8–12.

26. Трофимов Д.В. Модель формирования размера напыляемых частиц воздействием ультразвукового поля в потоке // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: Межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2003. – С. 209–212.

27. Трофимов Д.В. Исследование однородности напыляемых частиц, формируемых скоростным потоком газа и ультразвуковым полем, на основе физиологического моделирования // Тез. докл. конф. «ЗМНТК-2003». – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – С. 61–62.

28. Черненко В.И. Получение покрытий анодно-искровым электролизмом / В.И. Черненко, Л.А. Снежко, И.И. Папанова. – Л.: Химия, 1991.

29. Суминов И.В. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) / И.В. Суминов, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин, Б.Л. Крит, А.М. Борисов. – М.: Экомет, 2005. – 368 с.