

На правах рукописи



Рагулин Арсений Витальевич

**Факторы риска развития гальванического синдрома
у лиц с дентальными имплантатами**

3.1.7. Стоматология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства»

Научный руководитель:

Заслуженный деятель науки РФ,
доктор медицинских наук, профессор

Олесова Валентина Николаевна

Научный консультант:

кандидат технических наук

Жукова Юлия Сергеевна

Официальные оппоненты:

Дубова Любовь Валерьевна – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра ортопедической стоматологии, заведующая кафедрой

Амхадова Малкан Абдрашидовна – доктор медицинских наук, профессор, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра хирургической стоматологии и имплантологии, заведующая кафедрой

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Защита состоится «30» ноября 2023 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.27 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д.8, стр. 2

С диссертацией можно ознакомиться в ЦНМБ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д.37/1) и на сайте организации <https://www.sechenov.ru>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат медицинских наук, доцент



Дикопова Наталья Жоржевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Современная дентальная имплантология, по общему мнению, достигла больших успехов в обеспечении долговременной эффективности замещения частичных дефектов зубных рядов несъемными протезами (Альярди Э., Ромео Д., 2021; Кулаков А.А. с соавт., 2022; Лосев Ф.Ф. Кулаков А.А., Брайловская Т.В., 2022; Олесов Е.Е., Иванов А.С. с соавт., 2021; Лебедеенко И.Ю. с соавт., 2022).

Длительный клинический опыт использования различных имплантатов сопровождался многосторонним анализом осложнений и особенностей применения внутрикостных имплантатов в качестве опор несъемных протезов. В частности, на этапе функционирования протезов на имплантатах проанализированы причины развития наиболее распространенного осложнения – хронического воспаления в периимплантатных тканях в виде мукозита и периимплантита (Ланг Н., Араудхо М., Линде Я., 2021; Лопс Д., 2021; Мале Ж., Мора Ф., Бушар Ф., 2021; Николаев А.И., Цепов Л.М. с соавт., 2018; Глустенко В.С. с соавт., 2021; Янушевич О.О., Дмитриева Л.А. с соавт., 2018; Уилсон-мл. Т.Дж., 2021; Фроум С. Дж., 2021). Биомеханическое моделирование напряженно-деформированного состояния периимплантатной костной ткани раскрыло факторы риска перегрузки опорных периимплантатных тканей (Мартынов Д.В., 2021; Повстянко Ю.А., 2018; Юань Ц., 2022).

В то же время, электрохимическое взаимодействие титановых имплантатов с покрывающими металлокерамическими коронками и возможные в связи с этим специфические осложнения отражены в единичных публикациях (Коробкова А.А., 2020; Олесова В.Н. с соавт., 2017; Рубаник В.В., Багрец Д.А., 2020; Узунян Н.А., 2019; Шашмурина В.Р., 2020; Otaibi A., Sherif S.M., Al-Rifaiy M.Q. et al, 2019). Не изучено значение содержания титана в имплантатах, конструкционных компонентов разборных имплантатов для величины их электрохимических показателей; не проанализирована диффузия микроэлементов протезов на имплантатах в ротовую жидкость; неоднозначны данные о возможных клинических проявлениях гальванического синдрома, частоте выявления и параметрах гальванических пар у пациентов с дентальными имплантатами.

При этом научные исследования в области профилактики гальванического синдрома у лиц с металлическими включениями во рту не прекращаются в течение предшествующих десятилетий, что отражает актуальность этого научного направления (Казарина Л.Н. с соавт., 2021; Капитанова В.К. с соавт., 2019; Щеголева М.Г., 2018; Тимофеев А.А. с соавт., 2018; Das S., Reddy R.C., Chadchan K.S. et al, 2020; Furlan T.P., Barbosa J.A., Basting R.T., 2018).

Степень разработанности темы исследования

Применение металлосодержащих зубных протезов время от времени сопровождается гальваническими проявлениями во рту (жжение слизистой оболочки, металлический привкус), что рядом исследователей рассматривается как фактор риска предраковых заболеваний (Арунов Т. И. с соавт., 2010; Волков А.Г. с соавт., 2022; Лебедев К.А., Митронин А.В. с соавт., 2018; Макаренко Н.В., 2021; Пурсанова А.Е. с соавт., 2019; Dikorova N.Zh. et al, 2020; Imani M.M., Mozaffari H.R. et al, 2019). Проведены исследования, позволяющие дифференцировать стоматологические конструкционные сплавы по возможному появлению во рту контактных гальванических пар; разработаны методики измерения разности электропотенциалов во рту; используются масс-спектрометрия для изучения микроэлементов в ротовой жидкости, как отражение коррозионных явлений (Васильева Н.А., 2016; Кудрявцева Т.В., Орехова Л.Ю. с соавт., 2016; Макеева И.М. с соавт., 2018; Манин О.И., 2021; Михалева И.Н. с соавт., 2022; Савинов С.С., Анисимов А.А., 2020; Romano F., Castiblanco A. et al, 2020). На современном этапе наиболее известны исследования Макеевой И.М., Волкова А.Г., Дикоповой Н.Ж. с соавторами, 2023г. С появлением титановых дентальных имплантатов интерес к проблеме возможного развития гальванических явлений во рту возрос в связи с увеличением металлических объектов во рту и использованием разнородных металлов, поскольку часто протезы, опирающиеся на имплантаты, изготавливаются из хром-кобальтового сплава. Однако, целенаправленных электрохимических исследований в экспериментальном и клиническом планах в настоящее время недостаточно.

Цель исследования

Совершенствование качества ортопедического лечения с использованием дентальных имплантатов на основе профилактики гальванического синдрома.

Задачи исследования

1. Изучить стандартные электрохимические показатели конструкционных компонентов титановых дентальных имплантатов и покрывающих металлокерамических коронок.
2. Проследить в эксперименте влияние динамической функциональной нагрузки и эксплуатационного нарушения поверхности имплантатов и металлокерамических коронок на их электрохимические показатели.
3. Проанализировать диффузию в искусственную слюну микроэлементов из состава титановых имплантатов и металлокерамических коронок в зависимости от сроков экспозиции и количества имплантатов.

4. Сопоставить содержание микроэлементов из состава титановых имплантатов и металлокерамических протезов в ротовой жидкости пациентов с протезами на имплантатах, без имплантатов и без зубных протезов.

5. Изучить мнение врачей-стоматологов о частоте и причинах развития явлений гальванизма у пациентов с протезами на дентальных имплантатах

6. Изучить частоту обнаружения и параметры гальванических пар во рту у пациентов с металлосодержащими конструкциями.

Научная новизна

Проведено дифференцированное изучение динамики установления и величины стационарных электрохимических потенциалов и контактных токов конструкционных компонентов имплантатов с различным содержанием титана. Установлены различия потенциалов абатмента, винта, имплантата, конструкции имплантата в сборке.

В эксперименте смоделировано влияние функциональной нагрузки на электрохимические показатели протезов на имплантатах, а также нарушений поверхности протезов и имплантатов в ходе эксплуатации. Установлены колебания электрохимических потенциалов и контактных токов при изменении нагрузки и поверхности конструкций.

В экспериментальных и клинических условиях сопоставлен уровень диффузии микроэлементов из состава протезов и имплантатов, в том числе в зависимости от количества и сроков эксплуатации.

Проведены измерения электропотенциалов во рту пациентов с металлосодержащими протезами в зависимости от возраста пациентов и количества протезов на дентальных имплантатах.

Проанализировано мнение врачей-стоматологов по частоте выявления синдрома гальванизма.

Систематизированы и структурированы факторы риска развития гальванического синдрома у лиц с дентальными имплантатами и проведена государственная регистрация базы данных RU2023621113.

Теоретическая и практическая значимость работы

Установлены более благоприятные электропотенциалы у имплантатов с более высоким содержанием титана, в эксперименте установлены невысокие значения контактных токов с покрывающими металлокерамическими коронками.

Зарегистрированы всплески контактного электротока при нарушении поверхности протезов на имплантатах, а также колебания электрохимических потенциалов под действием динамической функциональной нагрузки.

Установлена диффузия в ротовую жидкость микроэлементов имплантатов и покрывающих протезов, увеличение микроэлементов в слюне при увеличении срока эксплуатации и количества протезов.

Установлено по данным анкетирования врачей-стоматологов редкое выявление гальванического синдрома у пациентов с дентальными имплантатами и факторы риска его развития.

При измерении электрохимических потенциалов зафиксирован разброс значений разности электропотенциалов металлосодержащих протезов при отсутствии клинических проявлений синдрома гальванизма, увеличение разности потенциалов при увеличении числа протезов во рту.

Научно-практическая значимость выполненной работы характеризуется в систематизации знаний, оформленных в виде базы данных факторов риска развития гальванического синдрома у лиц с дентальными имплантатами. База данных позволяет эффективно прогнозировать риски гальванического синдрома и снижать их вероятность.

Методология и методы исследования

В работе проведены экспериментальные электрохимические исследования по установлению стационарных электропотенциалов конструкционных компонентов дентальных имплантатов и металлокерамической коронки, изменению электропотенциалов и контактных токов при нарушении поверхности имплантатов и коронок, а также при приложении перемежающейся функциональной нагрузки.

В эксперименте и клинических условиях методом масс-спектрометрии проанализирована диффузия микроэлементов из состава сплавов протезов и имплантатов в зависимости от их количества и сроков эксплуатации.

Проведено анкетирование врачей-стоматологов по проблеме гальванического синдрома в дентальной имплантологии.

Проанализирована разность электрохимических потенциалов во рту пациентов с металлосодержащими зубными протезами с выявлением гальванических пар.

Проведен статистический анализ с использованием критерия Стьюдента и уровнем достоверности различий $p < 0,05$.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Электрохимический потенциал металлического каркаса коронки на титановом имплантате близок к электродному потенциалу имплантата, меньше по значению у имплантата с более высоким содержанием титана, подвержен двукратному колебанию под действием перемежающейся функциональной нагрузки.

2. При контакте компонентов протезов на имплантатах регистрируются невысокие значения контактного тока и кратковременные всплески величины тока при нарушении поверхности каркаса коронки или имплантата.

3. Диффузия микроэлементов из состава металлокерамических коронок на имплантатах в искусственную слюну зависит от времени экспозиции, количества протетических конструкций и содержания титана в имплантатах. Содержание микроэлементов в ротовой жидкости пациентов с имплантатами выше в сравнении с пациентами с протезами без имплантатов и с экспериментальными данными.

4. Разность электродных потенциалов металлосодержащих протетических конструкций у пациентов с имплантатами и без имплантатов может превышать нормативные значения без субъективных проявлений гальванического синдрома, который, по данным анкетирования врачей, встречается единично, несмотря на наличие факторов риска развития гальванических явлений.

Степень достоверности и апробация результатов

Диссертация соответствует принципам и стандартам доказательной медицины. Достоверность проведенного исследования определяется достаточной репрезентативностью выборки пациентов и данными проведенного клинического исследования, результатов аппаратных методов исследования, выполненных на современном оборудовании с использованием соответствующего программного обеспечения, применением современных методов статистической обработки данных.

Результаты исследования доложены на III Научно-практической конференции молодых ученых с международным участием ГБУЗ МО МОНКИ им. М.Ф. Владимирского (Москва, 2022), Школе-конференции молодых ученых ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России «Ильинские чтения» (Москва, 2022, 2023), V Научно-практической конференции «Научный авангард» и Межвузовской олимпиаде ординаторов и аспирантов МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Москва, 2023), Конференции Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России «Апрельские диспуты – 2023» (Москва, 2023).

Апробация диссертационной работы проведена на заседании кафедры клинической стоматологии и имплантологии АПО ФГБУ ФНКЦ ФМБА России (11.09.2023г.)

Внедрение результатов в практику

Результаты исследования внедрены в практику работы ФГБУЗ «Клинический центр стоматологии» ФМБА России (Москва), Стоматологической клиники «Новодент» (Электросталь), Стоматологической клиники «Семейная стоматология» (Электросталь); в учебный процесс на кафедре стоматологии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, кафедре клинической стоматологии и имплантологии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России.

Личный вклад автора

Автор самостоятельно и в полном объеме провел анализ литературных данных по теме исследования; осуществил измерения разности электрохимических потенциалов у 133 пациентов с металлосодержащими зубными протезами; разработал анкету и осуществил опрос 100 врачей-стоматологов по проблеме гальванического синдрома. С участием автора проведены экспериментальные электрохимические исследования показателей компонентов имплантатов и покрывающих коронок, в том числе при нарушении их поверхности и в условиях перемежающейся функциональной нагрузки; изучена динамика диффузии микроэлементов сплавов и имплантатов в ротовую жидкость в эксперименте и клинике. Автором проведена статистическая обработка полученных результатов и подготовлены публикации по теме исследования.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе научных статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета/Перечня ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук – 6 (из них статей в журнале, включенном в международную базу Chemical Abstracts – 2), в иных изданиях – 6 статей. Получено свидетельство №2023621113 о государственной регистрации «Базы данных факторов риска развития гальванического синдрома у лиц с дентальными имплантатами».

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует пункту 4 «Разработка и совершенствование методов дентальной имплантации» паспорта научной специальности 3.1.7. Стоматология.

Объем и структура диссертации

Работа изложена на 119 страницах компьютерного текста; состоит из введения, обзора литературы, трех глав собственных исследований, обсуждения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы. Диссертация иллюстрирована 19 рисунками и 6 таблицами. Список литературы включает 223 источника, из которых 142 отечественных и 81 зарубежных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Экспериментальное моделирование клинических условий эксплуатации титановых дентальных имплантатов с покрывающими несъемными протезами в части изучения электрохимических показателей проведено в Научно-образовательном центре наноматериалов и нанотехнологий НИТУ «МИСиС».

Анализировались базовые электрохимические показатели как имплантатов в собранном виде, так и их конструкционных компонентов (абатмент, винт, имплантат) и хром-кобальтового каркаса металлокерамической коронки: динамика установления и величина стационарных электрохимических потенциалов; измерение величины контактных токов конструкционных компонентов имплантатов, в том числе с хром-кобальтовым каркасом коронки. Дополнительно моделировались клинические ситуации нарушения оксидной пленки поверхности имплантатов и металлического каркаса покрывающих коронок в процессе эксплуатации; влияния динамической жевательной нагрузки на электрохимические показатели; влияния рН ротовой жидкости; диффузии микроэлементов из состава имплантатов и покрывающих конструкций в ротовую жидкость в зависимости от сроков эксплуатации и количества протезов на имплантатах во рту (соответственно 3 и 6 месяцев; 1 и 3 имплантатов). В исследование взяты имплантаты с разным содержанием титана Grade 4 и Grade 5 (соответственно содержание титана 99,757% и 90,103%).

Комплекс коррозионно-электрохимических исследований образцов дентальных имплантатов и покрывающих металлокерамических коронок включал следующие разделы:

- измерение динамики установления и величины стационарных электрохимических потенциалов дентальных имплантатов с разным содержанием титана и их конструкционных компонентов (абатмент, винт, имплантат, хром-кобальтовый каркас металлокерамической коронки) отдельно и в сборке; при разном уровне рН среды;
- измерение величины тока коррозионного разрушения различных элементов дентальных конструкций, а также их сборок, в случае механического обновления поверхности в искусственной слюне;

- измерение динамики электрохимических потенциалов титановых дентальных имплантатов и хром-кобальтового каркаса металлокерамической коронки под влиянием динамической перемежающейся нагрузки;
- изучение выявляемости ионов металлов дентальных имплантатов с разным содержанием титана и покрывающих хром-кобальтовых каркасов металлокерамических коронок при разном сроке пребывания в искусственной слюне и разным числом имплантатов.

Измерение электродвижущей силы (ЭДС) и плотности тока контактных пар (компонентов имплантата и имплантата с искусственной коронкой) проводили в модельном растворе искусственной слюны. Экспозицию проводили до установления стационарного значения контактной ЭДС и коррозионного тока. Для измерений использовался амперметр В7-35 («КИП ЭТАЛОН», Украина).

Электрохимические измерения проводили на электронном потенциостате IPC Pro MF (НТФ «Вольта», Россия) с программным обеспечением для непрерывной автоматической регистрации электрохимических параметров методами хронопотенциометрии и потенциодинамической вольтамперометрии.

В качестве рабочей электрохимически активной среды использовали раствор искусственной слюны, состав (г/л): Na_2HPO_4 0,26; NaCl 0,70; KSCN 0,33; K_2HPO_4 0,20; NaHCO_3 1,50; KCl 1,20; $\text{pH} = 7,0$ (ГОСТ Р ИСО 10993-15-2001). Для оценки влияния pH среды на электрохимическое поведение также использовали раствор искусственной слюны $\text{pH} = 5,0$.

Изучение влияния обновления (нарушения) поверхности образцов в модельном растворе проводили с помощью потенциостата; измеряли мгновенное значение тока в системе с обновленной поверхностью одного из контактирующих образцов и кинетику восстановления пассивного состояния.

Для механоциклических испытаний в среде использовали испытательный стенд, разработанный в НИТУ «МИСиС» (патент РФ № 2725108), позволяющий создать деформацию для образца, находящегося непосредственно в рабочем растворе (искусственной слюне), в интервале значений, характерных в реальных условиях (частота циклов 0,9 Гц и деформация величиной 1,5 %). Измерение бестокового потенциала до достижения им стационарного значения производилось до начала и при воздействии периодической динамической нагрузки в течение 20 минут (однократный прием пищи).

- В ФГБУЗ «Клинический центр стоматологии ФМБА России» обследованы 98 пациентов:
- 32 пользователя несъемными протезами на имплантатах (основная группа),
 - 35 пользователя с несъемными протезами без имплантатов (группа сравнения 1),
 - 31 пациентов без зубных протезов (группа сравнения 2).

Возраст обследованных составлял в перечисленных группах соответственно $58,2 \pm 3,4$ лет, $56,4 \pm 2,9$ лет, $37,9 \pm 1,6$ лет; среди обследованных были 51 женщина и 47 мужчин. Срок пользования зубными протезами был не менее 3 лет, протезы имели удовлетворительное состояние. Все протезы представляли собой металлокерамические конструкции с металлическим каркасом (фрезерованным или литым) из хром-кобальтового сплава.

Критерии включения в исследование: наличие несъемных протезов на имплантатах или зубах с литыми или фрезерованными каркасами из хром-кобальтового сплава, отсутствие генерализованного пародонтита средней и тяжелой степеней тяжести, срок пользования несъемными протезами не менее 3 лет, отсутствие заболеваний слизистой оболочки рта и ксеростомии, отсутствие обострений заболеваний желудочно-кишечного тракта, нарушений минерального обмена.

Критерии исключения из исследования: наличие несъемных протезов на имплантатах или зубах с литыми или фрезерованными каркасами из хром-никелевого или неизвестного сплава, наличие генерализованного пародонтита средней и тяжелой степеней тяжести, срок пользования несъемными протезами менее 3 лет, наличие заболеваний слизистой оболочки рта и ксеростомии, состояние обострений заболеваний желудочно-кишечного тракта, нарушения минерального обмена.

Аналізу подвергалось содержание в ротовой жидкости обследованных микроэлементов, входящих в состав хром-кобальтового сплава и титановых имплантатов: титан (Ti), кобальт (Co), хром (Cr), алюминий (Al), ванадий (V), молибден (Mo), вольфрам (W), марганец (Mn), никель (Ni), железо (Fe). Использовался метод масс-спектрометрии с применением масс-спектрометра ICP-MS 7500 Series с программным обеспечением («Agilent Technologies Inc.», США) в ФГКУ «111 ГКЦ судебно-медицинских и криминалистических экспертиз» МО РФ. Забор и подготовку ротовой жидкости (нестимулированной слюны не менее 1 мл) выполняли по общепринятой методике утром натощак до чистки зубов.

Для регистрации диффузии микроэлементов титановых имплантатов и покрывных коронок в специализированной лаборатории сертификации и аналитического контроля НИТУ «МИСиС» проведен эксперимент по регистрации микроэлементов из состава зубных протезов на имплантатах после пребывания протезов в контакте с имплантатами (Grade 4 или Grade 5) в искусственной слюне в течение 3 и 6 месяцев. По истечении времени пребывания в искусственной среде она анализировалась методом спектрометрии по содержанию химических элементов протезов и имплантатов: титан (Ti), кобальт (Co), хром (Cr), алюминий (Al), ванадий (V), молибден (Mo), вольфрам (W), марганец (Mn), никель (Ni), железо (Fe) на спектрометре iCAP 6300 Radial View («Thermo Fisher Scientific Inc.», США).

Для выявления частоты и причин развития явлений гальванизма при пользовании протезами на имплантатах разработана анкета, состоящая из 6 разделов и 25 возможных ответов. Анкета отражала количество пациентов с имплантатами, наблюдаемых врачом-стоматологом; состояние периимплантатных тканей; частоту и структуру явлений гальванизма; предположительные причины явлений гальванизма; объективные проявления гальванизма. Опрошены 100 врачей-стоматологов ортопедов и хирургов Москвы и Подмосковья со стажем применения дентальных имплантатов не менее 5 лет.

Проведено обследование на наличие гальванических пар металлических конструкций во рту 133 пациентов в возрасте от 33 до 87 лет (58% женщин и 42% мужчин). У обследованных во рту находились не менее двух металлических конструкций в том числе на имплантатах; срок с момента установки последней металлической конструкции не менее 1 года. У всех пациентов гальванический синдром и патологические изменения слизистой оболочки рта отсутствовали. В зависимости от возрастной категории пациенты разделены на 4 группы: первая группа – 33 пациента молодого возраста от 33 до 44 лет, вторая – 35 пациентов среднего возраста от 45 до 59 лет, третья – 35 пациентов пожилого возраста от 60 до 74 лет, четвертая – 30 пациентов старческого возраста от 75 до 87 лет.

Определение электрохимических потенциалов металлических конструкций во рту проводили по методике, разработанной на кафедре терапевтической стоматологии Института стоматологии имени Е. В. Боровского Первого МГМУ им. И.М. Сеченова. При проведении исследования активным индикаторным электродом являлся электрод из золота 999 пробы, закрепленный в электрододержателе от аппарата ИВН-01 – «Пульптест – Про», связанного с измерительным устройством (мультиметр Fluke 115; Госреестр средств измерений №42446-09). Пассивным электродом сравнения являлся хлорсеребряный электрод ЭХП-1 (регистрационное удостоверение на медицинское изделие № ФСЗ 2012/11643), который помещали на кожу внутренней стороны запястья правой руки. Для выявления гальванических пар вычисляли разность электрохимических потенциалов исследуемых металлических конструкций. Минимальной разностью электрохимических потенциалов, достаточной для появления гальванической пары (гальванического тока), считали 50 мВ.

Статистический анализ цифровых показателей результатов экспериментальных и клинических исследований подвергались статистической обработке по программе Microsoft Office (Excel – 2019). Вычислялись среднее арифметическое значение (M) и стандартная ошибка среднего (m). Использовался критерий Стьюдента для констатации статистической значимости результатов (p). Различия при сравнении показателей считались достоверными при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты собственных исследований

При электрохимическом исследовании имплантатов и покрывающих коронок происходило смещение электрохимических потенциалов в искусственной слюне относительно их исходных значений в положительную область (анодная поляризация), как отражение формирования на их поверхности фазовых защитных слоев. Имплантаты в сборке в пределах 60 секунд устанавливают стационарный электропотенциал -380 ± 15 мВ (при меньшем содержании титана в имплантате) и -115 ± 13 мВ (при высоком содержании титана) (Таблица 1). Потенциал самого имплантата (соответственно -330 ± 11 мВ и -150 ± 13 мВ) близок к таковому имплантату в сборке. Абатменты имплантатов ввиду существенных различий по составу с имплантатами имеют стационарный потенциал, более смещенный в положительную сторону: соответственно -110 ± 10 мВ и -85 ± 5 мВ. Винты близки к электропотенциалу абатментов: -80 ± 4 мВ и -95 ± 4 мВ. Хром-кобальтовый сплав металлокерамических коронок обладает стационарным электропотенциалом -180 ± 12 мВ. Значение потенциала остается достаточно стабильным в ходе экспозиции. Имплантат с более высоким содержанием титана, в том числе в сборке, демонстрирует более высокий потенциал, что делает его более предпочтительным с точки зрения электрохимического поведения.

Таблица 1 – Динамика установления электропотенциалов (мВ) компонентов дентальных имплантатов

Критерии измерений	Абатмент	Винт	Имплантат	Коронка	Имплантат в сборке
Содержание титана в имплантате 90%					
Начало	-170	-130	-150	-160	-350
Стационарное значение	-110	-80	-330	-180	-380
Содержание титана в имплантате 99%					
Начало	-100	-150	-225	-130	-175
Стационарное значение	-85	-95	-150	-180	-115

При экспериментальном моделировании динамической нагрузки титановых имплантатов зафиксировано колебание электропотенциалов в момент нагрузки. В это время наблюдается краткое падение потенциала до двух раз, что связано с нарушением сформированного до этого пассивного оксидного слоя (толщиной около 5-10 нм). По этой же причине наблюдается общее постепенное снижение потенциала в ходе действия циклической нагрузки. Хром-кобальтовый сплав демонстрирует более выраженную усталостную долговечность по

сравнению с титаном, что связано с большей устойчивостью его поверхностных защитных слоев.

Результаты измерения электродвижущей силы (ЭДС) и плотности контактных токов контактных пар компонентов имплантатов, а также имплантата и хром-кобальтового каркаса коронки после экспозиции в искусственной слюне показали незначительные величины ($<0,1$ мкА/см²), что соответствует совершенно стойким сочетаниям материалов относительно коррозии.

Выявлена закономерность зависимости электротоков от целостности поверхности компонентов имплантата. При нарушении поверхности имплантата, абатмента, коронки происходит резкий всплеск тока коррозионного растворения (до 4-12 мкА/см²) длительностью 5-10 секунд. Зафиксированная величина контактных токов при обновлении поверхности отражает невысокую плотность тока, что свидетельствует об их безопасности. Отмечается меньшая величина колебания электротока и более быстрое возвращение к его исходному значению при обновлении поверхности имплантата с высоким содержанием титана.

В экспериментальных условиях в течение 3-6 месяцев в искусственную слюну происходило диффундирование микроэлементами из имплантатов и покрывающих коронок, особенно кобальта, алюминия, ванадия. В емкости вокруг одного имплантата Grade 4 с коронкой через 3 месяца обнаруживались микроэлементы: титан ($0,4\pm 0,04$ мкг/л), кобальт ($3,8\pm 0,6$ мкг/л), хром ($0,5\pm 0,05$ мкг/л), алюминий ($2,6\pm 0,1$ мкг/л), ванадий ($<0,6\pm 0,06$ мкг/л), молибден ($1,5\pm 0,6$ мкг/л), вольфрам ($3,0\pm 0,2$ мкг/л), марганец ($0,9\pm 0,08$ мкг/л), никель ($0,5\pm 0,07$ мкг/л), железо ($<0,6\pm 0,06$ мкг/л) – в сумме $14,4\pm 1,86$ мкг/л (Таблица 2). Имплантат Grade 5 характеризовался большей степенью диффузии микроэлементов алюминия, никеля, марганца в искусственную слюну: титан ($0,4\pm 0,04$ мкг/л), кобальт ($4,3\pm 0,6$ мкг/л), хром ($0,4\pm 0,05$ мкг/л), алюминий ($12,0\pm 1,0$ мкг/л), ванадий ($<0,6\pm 0,06$ мкг/л), молибден ($1,4\pm 0,6$ мкг/л), вольфрам ($3,0\pm 0,2$ мкг/л), марганец ($1,4\pm 0,08$ мкг/л), никель ($1,0\pm 0,07$ мкг/л), железо ($<0,6\pm 0,06$ мкг/л) – в сумме $25,1\pm 2,76$ мкг/л. Протезы на имплантатах с меньшим содержанием титана характеризуется большей степенью диффузии алюминия, кобальта, никеля, марганца ($p < 0,05$). Через 6 месяцев пребывания в искусственной слюне выявляемость конструкционных микроэлементов имплантатов увеличивалась (в сумме $47,5\pm 4,4$ мкг/л для имплантатов из сплава Grade 4 и $58,95\pm 5,9$ мкг/л – Grade 5). С увеличением числа имплантатов до трех в идентичном объеме искусственной слюны при одинаковом сроке контроля 3 месяца количество выявленных микроэлементов увеличивалось (в сумме $34,8\pm 5,3$ мкг/л для имплантатов из сплава Grade 4 и $69,1\pm 7,9$ мкг/л – Grade 5).

Таблица 2 – Содержание микроэлементов состава протезов и имплантатов в искусственной слюне (мкг/л)

Элементы	Grade 4			Grade 5			p (Grade 4 и Grade 5)		
	3 месяца	6 мес.	3 мес. 3 импл.	3 месяца	6 мес.	3 мес. 3 импл.	3 месяца	6 мес.	3 мес. 3 импл.
Ti	0,4	2,0	0,3	0,4	0,65	0,4	>0,05	<0,05	>0,05
Co	3,8	6,8	15,0	4,3	4,3	11,0	<0,05	<0,05	<0,05
Cr	0,5	1,7	1,9	0,4	1,1	1,6	>0,05	>0,05	>0,05
Al	2,6	24,5	4,0	12,0	41,0	40,0	<0,05	<0,05	<0,05
V	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,4	<0,6	>0,05	>0,05	>0,05
Mo	1,5	1,6	1,2	1,4	1,3	1,8	>0,05	>0,05	>0,05
W	3,0	4,0	7,0	3,0	4,0	7,0	>0,05	>0,05	>0,05
Mn	0,9	1,9	2,3	1,4	2,6	3,7	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	0,5	3,8	1,9	1,0	3,0	2,4	<0,05	<0,05	<0,05
Fe	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	>0,05	>0,05	>0,05
Сумма	14,4	47,5	34,8	25,1	58,95	69,1	<0,05	<0,05	<0,05

В клинических условиях результаты масс-спектрометрии ротовой жидкости зарегистрировали достоверную разницу в содержании большинства микроэлементов из состава хром-кобальтового сплава и титановых имплантатов среди групп сравнения: с протезами на имплантатах, с протезами без имплантатов, без протезов (Рисунок 1). В основной группе пользователей металлокерамическими протезами на имплантатах содержание титана в ротовой жидкости составляло $11,9 \pm 1,6$ мкг/л, при наличии идентичных протезов без имплантатов $8,3 \pm 1,0$ мкг/л, без зубных протезов $7,2 \pm 0,8$ мкг/л ($p < 0,05$). Кобальт выявлялся в основной группе, сравнения 1 и сравнения 2 в количестве $4,0 \pm 0,8$ мкг/л, $1,6 \pm 0,4$ мкг/л и $0,7 \pm 0,08$ мкг/л соответственно ($p < 0,05$). Также отмечалась разница в содержании хрома: $20,1 \pm 1,0$ мкг/л, $14,0 \pm 0,7$ мкг/л, $11,2 \pm 0,3$ мкг/л соответственно в основной группе, группе сравнения 1 и группе сравнения 2 ($p < 0,05$). Содержание алюминия в сравниваемых группах было: $158,0 \pm 4,0$ мкг/л у лиц с хром-кобальтовыми протезами на имплантатах, $106,1 \pm 3,0$ мкг/л с идентичными протезами с опорой на зубы, $66,3 \pm 1,9$ мкг/л у лиц без протезов ($p < 0,05$). Марганец содержался в ротовой жидкости с показателями выявляемости $60,0 \pm 2,0$ мкг/л при наличии протезов на имплантатах, $63,3 \pm 2,3$ мкг/л – протезов без имплантатов ($p > 0,05$), $45,7 \pm 1,6$ мкг/л – при отсутствии протезов ($p < 0,05$). Содержание никеля от $15,8 \pm 1,2$ мкг/л в основной группе снижалось до $12,1 \pm 1,0$ мкг/л

в группе сравнения 1 и до $7,2 \pm 0,4$ мкг/л в группе сравнения 2 ($p < 0,05$). Железо содержалось в ротовой жидкости в количестве $76,8 \pm 4,3$ мкг/л в основной группе, $64,2 \pm 3,2$ мкг/л в группе сравнения 1 и $56,0 \pm 2,1$ мкг/л в группе сравнения 2 ($p < 0,05$). Выявляемость ванадия в основной группе, сравнения 1 и 2 составляла $2,3 \pm 0,2$ мкг/л, $1,7 \pm 0,12$ мкг/л, $1,9 \pm 0,17$ мкг/л ($p < 0,05$ между основной группой и сравнения); молибден соответственно $1,9 \pm 0,1$ мкг/л, $0,9 \pm 0,08$ мкг/л, $0,1 \pm 0,03$ мкг/л ($p < 0,05$); вольфрам $-2,3 \pm 0,09$ мкг/л, $0,3 \pm 0,06$ мкг/л, $0,1 \pm 0,04$ мкг/л ($p < 0,05$). В сумме содержание изучаемых микроэлементов в ротовой жидкости составляло $353,1 \pm 15,29$ мкг/л при наличии несъемных протезов на имплантатах, $272,5 \pm 11,86$ мкг/л при наличии протезов без имплантатов и $196,4 \pm 7,42$ мкг/л при отсутствии протезов ($p < 0,05$).

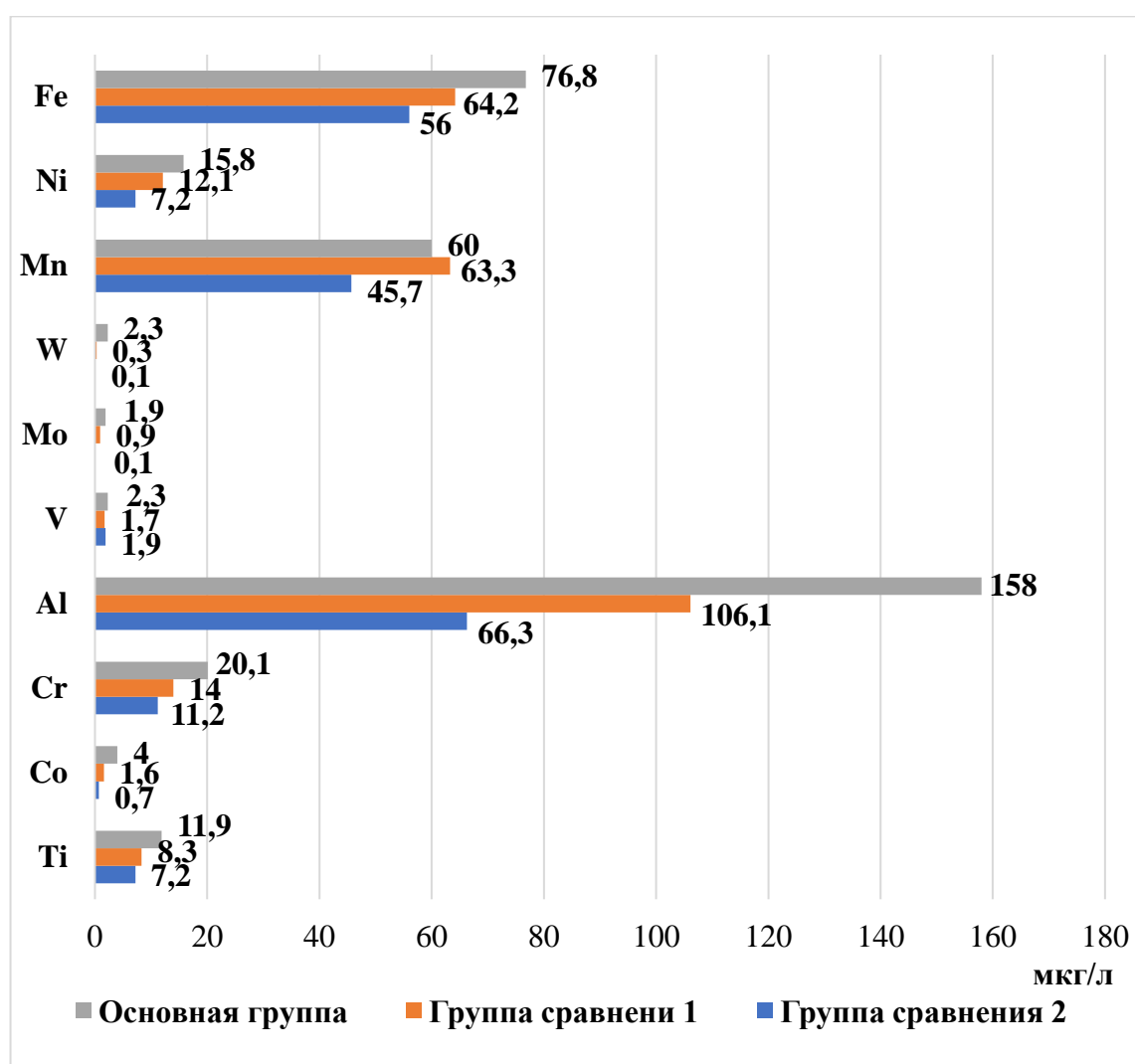


Рисунок 1 – Сравнение содержания в ротовой жидкости микроэлементов из состава хром-кобальтового сплава и титановых имплантатов у лиц с протезами на имплантатах, с протезами без имплантатов и без протезов

При опросе 100 стоматологов, имеющих опыт работы в имплантологии не менее 5 лет, установлено, что мукозит, периимплантит выявлялись на разных сроках контроля

соответственно у 34,3% и 25,0% пациентов с имплантатами; у 7,4% пациентов были удаления имплантатов в связи с их подвижностью. Поломки или расцементировки протезов на имплантатах наблюдались у 17,3%. У 15,1% пациентов с имплантатами врачи выявляли перегрузку имплантатов в связи с недостаточным их количеством. Явления, схожие с синдромом гальванизма, предъявляли 2,1% пациентов с имплантатами. Указанные субъективные явления отмечались, как правило, на фоне воспалительных явлений в периимплантатной десне (97,9% от лиц с субъективными явлениями гальванизма), у лиц с хроническим генерализованным пародонтитом (53,9% от лиц с субъективными явлениями гальванизма). У 43,7% пациентов с субъективными явлениями гальванизма во рту присутствовали протетические конструкции из разных сплавов металлов в связи с неодновременным протезированием. На вопрос о причинах явлений гальванизма во рту у указанных пациентов с имплантатами врачи-стоматологи ответили следующим образом: разнородные металлы во рту (43,7%); протезирование в разное время (24,0%); неблагородный сплав протезов на имплантатах (97,1%); имплантаты из сплава титана Grade 5 (61,3%); покрывные протезы на имплантатах (6,9%); воспалительные явления в периимплантатной десне и пародонте (97,9%) (Рисунок 2). У 1,7% пациентов с явлениями гальванизма производилась элиминация металлосодержащих протезов, что значительно снижало или устраняло субъективные явления гальванизма, у 0,4% таких пациентов потребовалось удаление имплантатов.

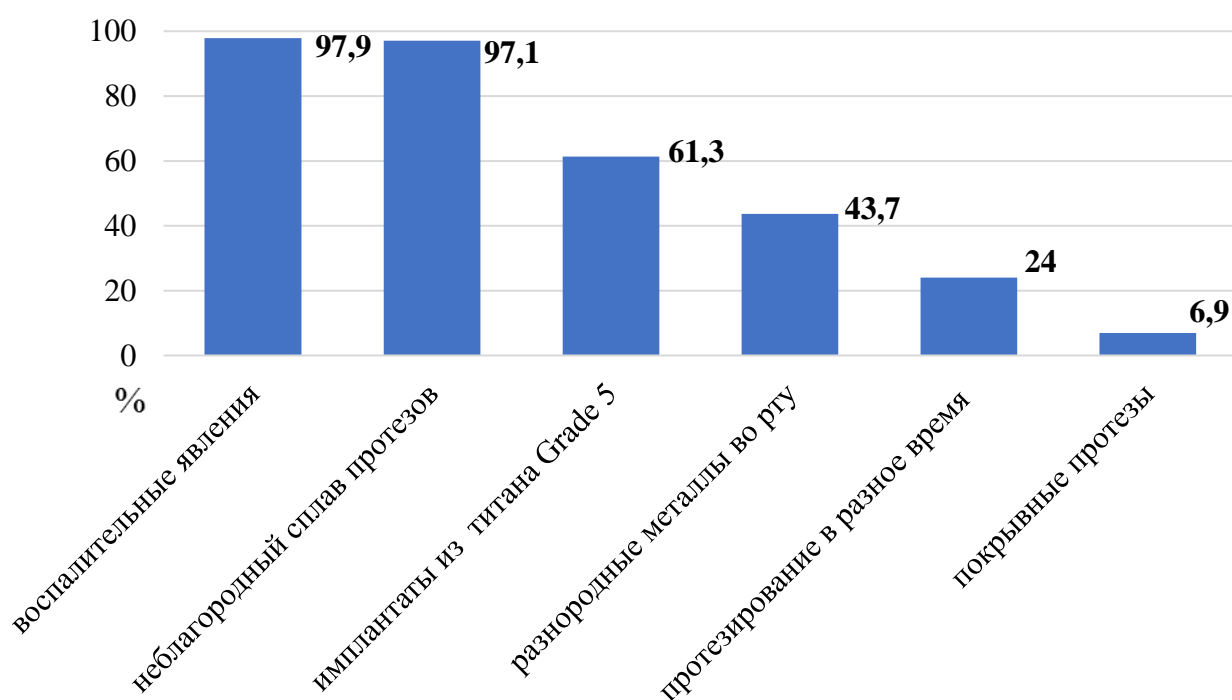


Рисунок 2 – Факторы риска развития явлений гальванизма у лиц с дентальными имплантатами (по данным опроса врачей-стоматологов)

В результате обследования 133 пациентов с металлосодержащими зубными протезами, в том числе на имплантатах, у всех пациентов отсутствовали жалобы, характерные для гальванического синдрома. При измерении электрохимических потенциалов металлических конструкций гальванические пары были обнаружены у 29 человек (21,8%) (Таблица 3). У этих пациентов разность электрохимических потенциалов металлических конструкций была выше 50 мВ. В первой группе обследованных, которую составили лица от 33 до 44 лет, гальванические пары были выявлены у 6 из 33 человек, что составило 18,2%. Во второй группе (возраст 45-59 лет), гальванические пары выявлялись у 8 человек (22,9%). В третьей группе (возраст 60-74 лет), гальванические пары обнаружены у 9 человек (25,7%); в четвертой группе (возраст 75-87 лет) – у 6 человек (20,0%).

Таблица 3 – Электрохимические потенциалы у пациентов с металлосодержащими протетическими конструкциями

Группы обследованных	Выявляемость гальванических пар	Средняя разность электрохимических показателей
По возрасту:		
– от 33 до 44 лет	18,2%	-97,2 ± 35,3 мВ
– от 45 до 59 лет	22,9%	-133,7 ± 37,6 мВ
– от 60 до 74 лет	25,7%	-142,4 ± 42,3 мВ
– от 75 до 87 лет	20,0%	-137,2 ± 51,6 мВ
По количеству протезов:		
– 5,2 ± 2,1	18,2%	-97,2 ± 35,3 мВ
– 7,4 ± 3,5	22,9%	-133,7 ± 37,6 мВ
– 7,9 ± 4,1	25,7%	-142,4 ± 42,3 мВ
– 5,9 ± 1,8	20,0%	-137,2 ± 51,6 мВ
Всего:	21,8%	-127,7 ± 41,4 мВ

Разность электрохимических потенциалов металлических конструкций, расположенных во рту, в исследуемых группах у пациентов с обнаруженными гальваническими парами в среднем составляла $-127,7 \pm 41,4$ мВ. В первой возрастной группе у пациентов молодого возраста среднее значение разности электрохимических потенциалов металлических конструкций, составлявших гальваническую пару, было $-97,2 \pm 35,3$ мВ; во второй группе $-133,7 \pm 37,6$ мВ; в третьей группе $-142,4 \pm 42,3$ мВ; у пациентов старческого возраста (четвертая группа) $-137,2 \pm 51,6$ мВ.

Выявлена зависимость разности электропотенциалов от числа металлосодержащих протетических единиц во рту у обследованных пациентов, поскольку наблюдается рост

указанного показателя с увеличением числа протезов во рту: $-97,2 \pm 35,3$ мВ при количестве протезов $5,2 \pm 2,1$; $-133,7 \pm 37,6$ мВ – $7,4 \pm 3,5$; $-142,4 \pm 42,3$ мВ – $7,9 \pm 4,1$; $-137,2 \pm 51,6$ мВ – $5,9 \pm 1,8$. Отсутствие достоверного отличия в разнице электрохимических потенциалов в двух крайних группах возрастных пациентов, несмотря на снижение числа протезов в крайней по возрасту группе, по-видимому, объясняется наличием у этих пациентов протезов из устаревших конструкционных материалов и разным временем протезирования.

ВЫВОДЫ

1. Стационарный электрохимический потенциал титановых имплантатов с металлокерамической коронкой в процессе самопассивации в искусственной слюне устанавливается в течение 60 секунд, более благоприятен для имплантатов с высоким содержанием титана (от исходных -95 мВ до -150 мВ для имплантатов из сплава Grade 4; от -80 мВ до -330 мВ – из сплава Grade 5).

2. Контактные токи конструкционных компонентов имплантатов и металлокерамических коронок не превышают $0,1$ мкА/см². Нарушение (обновление) поверхности имплантатов и коронки в процессе эксплуатации сопровождается всплеском тока до 12 мкА/см² длительностью до 10 секунд (в меньшей степени у имплантатов из сплава Grade 4), а динамическая функциональная нагрузка – двукратным колебанием электрохимического потенциала.

3. Пребывание титановых имплантатов с металлокерамическими коронками в искусственной слюне сопровождается диффузией микроэлементов из их состава в зависимости от длительности экспозиции и количества имплантатов – в течение 3 месяцев в сумме до $25,1$ мкг/л (при увеличении имплантатов до трёх – $69,1$ до мкг/л; при увеличении экспозиции имплантата до 6 месяцев – до $58,95$ мкг/л) с более выраженной диффузией алюминия от имплантата из сплава Grade 5.

4. Содержание в ротовой жидкости микроэлементов из состава титановых имплантатов и металлокерамических коронок в течение 3 лет увеличивается на $22,8\%$ в сравнении с пациентами с несъемными протезами без имплантатов и на $44,4\%$ с лицами без протезов: соответственно $353,1 \pm 15,29$ мкг/л, $272,5 \pm 11,86$ мкг/л, $196,4 \pm 7,42$ мкг/л.

5. По результатам анкетирования врачей-стоматологов субъективные явления гальванизма редко выявляются у пациентов с протезами на дентальных имплантатах (у $2,1\%$ пациентов), что обусловило необходимость элиминации металлосодержащих протезов у $1,7\%$ таких пациентов и удаление имплантатов у $0,4\%$. Субъективные явления гальванизма при наличии имплантатов сопряжены с выявлением во рту разнородных металлов, протезами из

неблагородных сплавов, разных сроков протезирования, имплантатов из сплава Grade 5, воспалительных явлений в периимплантатной десне и пародонте (соответственно 43,7%, 97,1%, 24,0%, 61,3%, 97,2% от лиц с явлениями гальванизма).

6. Выявляемость гальванических пар металлосодержащих протетических конструкций с разностью электрохимических потенциалов более 50 мВ колеблется в зависимости от количества конструкций (5,2 – 7,9 единиц) от 18,2% до 25,7 % с средним значение разности потенциалов от -97,2 мВ до -142,4 мВ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Ортопедическое лечение с использованием несъемных протезов на дентальных имплантатах целесообразно осуществлять с использованием безметалловых протетических конструкций;

2. При выборе дентальных имплантатов из титана предпочтительнее имплантаты из сплава Grade 4;

3. При необходимости применения металлокерамических протезов на имплантатах необходимо применять хром-кобальтовые сплавы и технологию фрезерования металлических блоков;

4. При конструировании металлокерамических протезов на имплантатах рекомендуется избегать металлической «гирлянды» по краю коронок, полностью покрывая каркас керамикой;

5. При планировании объемов протезирования на имплантатах расширяются показания для замены старых протетических конструкций;

6. Не рекомендуется при протезировании на имплантатах частичное замещение дефектов зубных рядов с отсрочкой замещения некоторых дефектов на отдаленное время;

7. Необходимо соблюдение оптимальной индивидуальной гигиены рта для своевременной элиминации диффундирующих в ротовую жидкость микроэлементов из состава протезов и имплантатов;

8. Рекомендуется соблюдение не реже раз в полгода профессиональная гигиена рта и окклюзионная коррекция для устранения локализованных нарушений металлической поверхности протезов и перегрузки имплантатов;

9. Необходимо серийное производство приборов для регистрации контактных электротоков во рту для широкого использования в стоматологии;

10. Требуется от врача-стоматолога производить четкую запись в медицинской документации пациента о типе и производителе используемых титановых имплантатов, а также о сплаве и технологии изготовления металлокерамического каркаса.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Клинико-рентгенологическая оценка состояния имплантатов с несъемными конструкциями в динамике за 20 лет / Е.Е. Олесов, А.С. Иванов, Р.С. Заславский, **А.В. Рагулин** [и др.] // **Медицина экстремальных ситуаций**. – 2021. – Т.23. – №4. – С. 29-33.
2. Выявляемость конструкционных микроэлементов зубных протезов в ротовой жидкости: статья в сборнике трудов конференции / **А.В. Рагулин**, А.В. Курников, П.В. Кашенко [и др.] // Сборник материалов школы-конференции молодых учёных и специалистов «Ильинские чтения 2022» – 2022 (06-07 октября 2022): сборник тезисов. – Москва: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2022. – С.208-209.
3. **Рагулин, А.В.** Анализ микроэлементов химического состава имплантатов и металлокерамических протезов в ротовой жидкости / **А.В. Рагулин**, А.Е. Середа, Р.Д. Каирбеков // **Материалы III Научно-практической конференции молодых ученых с международным участием в ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского – 2022 (30 мая 2022): сборник тезисов**. – Москва, 2022. – С. 3-5.
4. **Рагулин, А.В.** Факторы отказа пациентов от повторного протезирования на имплантатах / **А.В. Рагулин**, А.С. Романов, Р.С. Заславский. – Текст: непосредственный // **Актуальные вопросы стоматологии**. Сборник научных трудов, посвященный 130-летию основателя кафедры ортопедической стоматологии КГМУ, профессора И.М. Оксмана. – Казань, 2022. – С.317-321.
5. Результаты анкетирования врачей-стоматологов по проблеме гальванических явлений у пациентов с дентальными имплантатами / **А.В. Рагулин**, Р.С. Заславский, Е.Е. Олесов [и др.] // **Российский вестник дентальной имплантологии**. – Москва. – 2022. – Т. 57-58. – № 3-4. – С. 48-52.
6. Содержание микроэлементов в ротовой жидкости у пользователей несъемными протезами на имплантатах / **А.В. Рагулин**, А.Е. Середа, Е.Е. Олесов [и др.] // **Российский вестник дентальной имплантологии**. – Москва. – 2022. – Т. 55-56. - № 1-2. – С.72-77.
7. Экспериментально-клиническое изучение концентрации химических элементов протезов и имплантатов в ротовой жидкости / **А.В. Рагулин**, Е.Е. Олесов, Ю.С. Жукова, В.Н. Олесова // **Российский стоматологический журнал**. – Москва. – 2022. – Т. 26. – № 6. – С. 497-501. **(Chemical Abstracts)**
8. Электрохимические лабораторные исследования дентальных имплантатов / **А.В. Рагулин**, Ю.С. Жукова, В.Н. Олесова [и др.] // **Российский вестник дентальной имплантологии**. – Москва. – 2022. – Т. 57-58. – № 3-4. – С. 11-18.
9. Выявляемость и параметры гальванических пар металлосодержащих зубных протезов / **А.В. Рагулин**, А.Г. Волков, Н.Ж. Дикопова [и др.] // Сборник материалов школы-конференции

молодых учёных и специалистов «Ильинские чтения 2023» – 2023 (15-16 марта 2023): сборник тезисов. – Москва: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2023. – С. 170-171.

10. **Рагулин, А.В.** Причины и профилактика гальванизма при протезировании на имплантатах / **А.В. Рагулин** // Сборник научных трудов Академии Постдипломного Образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России – 2023 (18-19 апреля 2023): сборник тезисов. – Москва, 2023. – С. 18-19.

11. Частота обнаружения гальванических пар металлических конструкций, находящиеся во рту, при отсутствии гальванического синдрома и патологических изменений слизистой оболочки рта / **А.В. Рагулин**, А.Г. Волков, Н.Ж. Дикопова [и др.] // **Российский стоматологический журнал**. – Москва. – 2023. – Т. 27. – № 1. – С. 15-21. (**Chemical Abstracts**)

12. Частота выявления гальванических пар в полости рта / **А.В. Рагулин**, Ю.А. Васильева, Ю.А. Повстанко [и др.] // Сборник статей V Научно-практической конференции «Научный авангард» и Межвузовской олимпиады ординаторов и аспирантов. ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России – 2023(18-19 мая 2023): сборник тезисов. – Москва, 2023. – С. 211-213.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ГС – гальванический синдром

ЗЧС – зубочелюстная система

мВ – милливольт

МК – металлокерамическая коронка

мкг\л – микрограмм на литр

МСМ – масс-спектрометрия

ОПТГ – ортопантомография

СОР – слизистая оболочка рта

ЧЛО – челюстно-лицевая область

ЭДС – электродвижущая сила

ЭП – электропотенциал

ЭХП – электрохимический потенциал