

На правах рукописи

АЛМАСРИ РАША

**ИЗМЕНЕНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА
РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ У ПАЦИЕНТОВ ПРИ ОРТОДОНТИЧЕСКОМ
ЛЕЧЕНИИ В ПЕРИОДЕ ПОСТОЯННОГО ПРИКУСА**

3. 1. 7. Стоматология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2024

Работа выполнена на кафедре стоматологии детского возраста и ортодонтии медицинского института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» Министерства образования и науки Российской Федерации

Научный руководитель: Косырева Тамара Федоровна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии РУДН

Научный консультант: Скальный Анатолий Викторович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской элементонологии РУДН

Официальные оппоненты:

Картон Елена Ароновна, доктор медицинских наук, доцент кафедры ортодонтии ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России.

Макеева Ирина Михайловна, доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный врач РФ, заведующая кафедрой терапевтической стоматологии, директор Института стоматологии имени Е.В. Боровского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится 2024 г. в 14:00 на заседании постоянно действующего диссертационного совета ПДС 0300.022 при ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале УНИБЦ (Научная библиотека) ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6) и на сайте <https://www.rudn.ru/science/dissovet/dissertacionnye-sovety/pds-0300022>

Автореферат разослан « _____ » _____ 2024 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета ПДС 0300.022
кандидат медицинских наук, доцент

Макеева Мария Константиновна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы и степень её разработанности

В настоящее время имеются неоспоримые доказательства того, что коррекция дисбаланса химических элементов - один из важнейших факторов укрепления здоровья и профилактики заболеваний человека. Перспективным направлением современной медицины является изучение элементного «портрета» населения отдельных регионов, а также как дополнительный фактор укрепления здоровья с целью научной разработки и внедрения мероприятий по устранению выявленных элементозов (Агаджанян Н.А., 2009, 2013; Сальникова Е.В. с соавт., 2019; Скальная М.Г. с соавт., 2020; А.В. Скальный, 2022).

На международном (ВОЗ, ЮНИСЕФ, ЮНЕСКО, ФАО) и региональном уровнях правительствами многих стран приняты и реализуются программы по ликвидации глобального дефицита ряда таких важнейших микроэлементов, как йод, фтор, усиливается контроль среды обитания за уровнем техногенного загрязнения тяжелыми металлами для снижения распространенности заболеваний, связанных с дисбалансом химических элементов (микроэлементозов). В РФ этим вопросам также уделяется большое внимание, выпущена научная монография «Элементный статус населения России» (Радыш И.В., Скальный А.В., 2015).

В соответствии с Указом Президента В.В. Путина от 17 января 2022 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», основной задачей Правительства РФ становится здоровье нации.

Одним из важнейших проявлений микроэлементозов является их влияние на состояние здоровья полости рта (Р.В. Карасева, 2007). На протяжении последних десятилетий изучение биологической роли макро- и микроэлементов является одним из актуальных направлений науки о жизни человека (Н.А. Гресь, А.В. Скальный, 2011).

Изменения зубочелюстной системы во многом определяют качество жизни пациентов с аномалиями положения зубов в зоне улыбки, особенно в молодом возрасте. Ортодонтическое лечение направлено на коррекцию аномалий окклюзии зубных рядов и связано с ношением внутриротовой аппаратуры из различных материалов, которые могут нарушать биогомеостаз полости рта (Siargos B. et al., 2007; Menezes LM, et al., 2007; Samina et al., 2013). В настоящее время наиболее популярной и востребованной у пациентов молодого возраста с зубочелюстными аномалиями является коррекция аномалий прикуса брекет-системой с NiTi дугами из сплава никелид титана, обладающих суперэластичностью и памятью формы, и 3D технологией компьютерной печати из пластика системы съемных элайнеров. Длительное ортодонтическое лечение (в течение одного-двух лет) имеет свои

риски и возможные осложнения состояния здоровья пациента, которые особенно проявляются при неудовлетворительной гигиене полости рта (А.И. Грудянов, 2009, 2010; В.М. Гринин, О.О. Янушевич, 2010; Адмакин О.И. с соавт., 2011; И.М. Макеева с соавт., 2014; Д.А. Доменюк с соавт., 2014; С.Н. Вахней, 2015; О.И. Арсенина, 2020; Amini F. et al., 2008; Boreiko S.J. et al., 2021).

Данное положение делает актуальной задачу разработки эффективной методики лечения и профилактики невоспалительных, воспалительных и травматических состояний полости рта при коррекции зубочелюстных аномалий (Брусницына Е.В. с соавт., 2020). При этом необходима разработка сведений о биоэлементном статусе пациентов с зубочелюстными аномалиями, находящихся на аппаратурном лечении.

К сожалению, взрослое население РФ мало осведомлено о здоровье полости рта, а врачи ортодонты - о возможностях коррекций микроэлементозов и химических токсикантов организма. В литературе отсутствуют результаты исследований по изменению макро- и микроэлементного состава ротовой жидкости у пациентов до и в процессе ортодонтического лечения.

Цель исследования: оценить состояние макро- и микроэлементного состава ротовой жидкости у молодых пациентов с внутриротовой ортодонтической аппаратурой из разных материалов в динамике в процессе лечения.

Задачи исследования:

1. Исследовать биоэлементный статус ротовой жидкости пациентов в возрасте 18-25 лет с аномалиями положения зубов и сужением зубных рядов без пародонтальных явлений до наложения ортодонтической аппаратуры.
2. Исследовать водородный показатель кислотно-основного равновесия ротовой жидкости у пациентов до и при прохождении ортодонтического лечения различной аппаратурой в динамике.
3. Исследовать биоэлементный статус ротовой жидкости при ношении несъемной брекет-системы через три и шесть месяцев от начала лечения.
4. Исследовать биоэлементный статус ротовой жидкости при ношении съемной системы 3D элайнеров через три и шесть месяцев от начала лечения.
5. Выявить нагрузку пациентов избытком и дефицитом эссенциальных и токсических микроэлементов в ротовой жидкости при прохождении аппаратурного ортодонтического лечения.

Научная новизна исследования: 1) впервые проведён подробный анализ содержания макро- и микроэлементов ротовой жидкости у пациентов в периоде постоянного прикуса с различной внутриротовой аппаратурой до и в процессе ортодонтической коррекции;

- 2) впервые проведено сравнение концентрации химических элементов ротовой жидкости в динамике при ношении брекет-системы и системы 3D элайнеров;
- 3) впервые исследована нагрузка пациентов избытком и дефицитом химических элементов в ротовой жидкости при прохождении аппаратного ортодонтического лечения.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Внедрение предложенного комплекса диагностических и лечебно-профилактических мер и схемы взаимодействия гомеостатического регулирования с учётом состояния микроэлементов ротовой жидкости позволяет повысить уровень квалифицированной помощи пациентам с нарушениями строения и функций зубочелюстно-лицевой области.

Практическое значение работы. Работа имеет прикладное значение для повседневной практики ортодонтических кабинетов и отделений лечебных учреждений.

Полученные результаты позволяют разработать практические рекомендации, направленные на более широкое использование в практике врача-стоматолога многоэлементного анализа ротовой жидкости для раннего выявления дисмикроэлементозов, а также улучшения качества их профилактики и лечения.

Методология и методы исследования. Программа исследования одобрена этическим комитетом ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» Министерства науки и высшего образования России. Диссертация выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины. В диссертационном исследовании использовались современные методы диагностики и исследования:

- клинические методы обследования взрослых пациентов по общепринятой методике в стоматологии и ортодонтии;
- рентгенологические методы (ортопантомография, КТ головы, телерентгенография);
- биохимические методы (масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой – ИСП-МС);
- рН-метрия ротовой жидкости;
- социологический метод (анкетирование);
- методы статистической обработки и представления полученных данных (программы EXCEL 2010, STATISTICA).

Положения, выносимые на защиту:

1. Пациенты в возрасте 18-25 лет, с сужением зубных рядов и множественными аномалиями положения зубов, без пародонтальных явлений, имеют начальные проявления нарушения биогомеостаза ротовой полости с уменьшением концентрации эссенциальных макро- и микроэлементов, дефицитом кальция, селена и молибдена.

2. Аппаратурное ортодонтическое лечение из металлических сплавов и пластических материалов напрямую связано с биоэлементным статусом ротовой жидкости пациента и может способствовать развитию дисбаланса, а также перераспределению ряда химических элементов (в том числе, токсикантов) и изменению рН ротовой жидкости.
3. Выявлено благоприятное влияние аппаратурного ортодонтического лечения брекет-системой и системой 3Dэлайнеров на организм пациентов при здоровом пародонте без воспалительных проявлений в полости рта, улучшение показателей коэффициентов соотношения токсикантов с эссенциальными макро- и микроэлементами, их сбалансированность через 6 месяцев ортодонтического лечения, что повышает качество жизни молодых пациентов.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность работы подтверждается достаточным количеством обследованных пациентов с применением адекватных и современных методов диагностики, а также достаточным объемом полученных результатов исследований. Обоснованием, для сделанных по результатам исследования выводов, послужило достаточное количество клинико-лабораторных исследований, а также использование современных способов статистического анализа.

На научно-практических конференциях, как всероссийского, так и международного уровня, были представлены и обсуждены материалы диссертационной работы: на межвузовской конференции «Актуальные вопросы стоматологии» Москва, РУДН, 31 марта 2022 г; XIX Симпозиуме с Международным участием «Эколого-Физиологические проблемы адаптации» (Казань, 1-3 июля 2022 г) и Международной научно-практической конференции «Развитие современной науки: теория, методология, практика» г. Москва, 30 апреля 2023.

Апробация диссертации проведена на межкафедральном заседании кафедр стоматологии детского возраста и ортодонтии, пропедевтики стоматологических заболеваний и кафедры медицинской элементологии ФГАОУ ВО «РУДН им. Патриса Лумумбы» (протокол № 0300-42-004/13 от 26.06.2023)

Публикации по теме диссертации. По теме исследования опубликовано 9 научных работ общим объемом 46 страниц, в том числе 5 в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России и «Перечнем РУДН».

Соответствие диссертации паспорту научной специальности Диссертация соответствует паспорту специальности 3.1.7. Стоматология, области исследования согласно п. 6. Разработка и обоснование новых клинико-технологических методов в ортодонтии и ортопедической стоматологии.

Личный вклад автора в выполнении работы. Личное участие автора заключается в осуществлении поиска литературных данных, сопоставлении и обобщении полученной

научной базы по направлению проведенного диссертационного исследования. Соискатель проделала анализ, интерпретацию и изложение полученных данных, провела статистическую обработку материала и дала формулировку выводов и практических рекомендаций. Все клинические и статистические исследования выполнены лично автором.

Внедрение результатов исследования. Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии ФГАОУ ВО «РУДН», кафедры медицинской элементарологии «РУДН» и практику ортодонтического отделения клиники «Стоматология Доктор Жак», а также в работу Автономной некоммерческой организации «Центр биотической медицины» (г. Москва).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, главы материалы и методы исследования, главы собственных исследований, главы обсуждения полученных результатов и заключения, выводов и практических рекомендаций, указателя литературы. Текст диссертации изложен на 112 страницах машинописного текста, иллюстрирован 6 рисунками, содержит 21 таблиц. Указатель литературы включает 149 источников, из них 72 источников иностранных авторов.

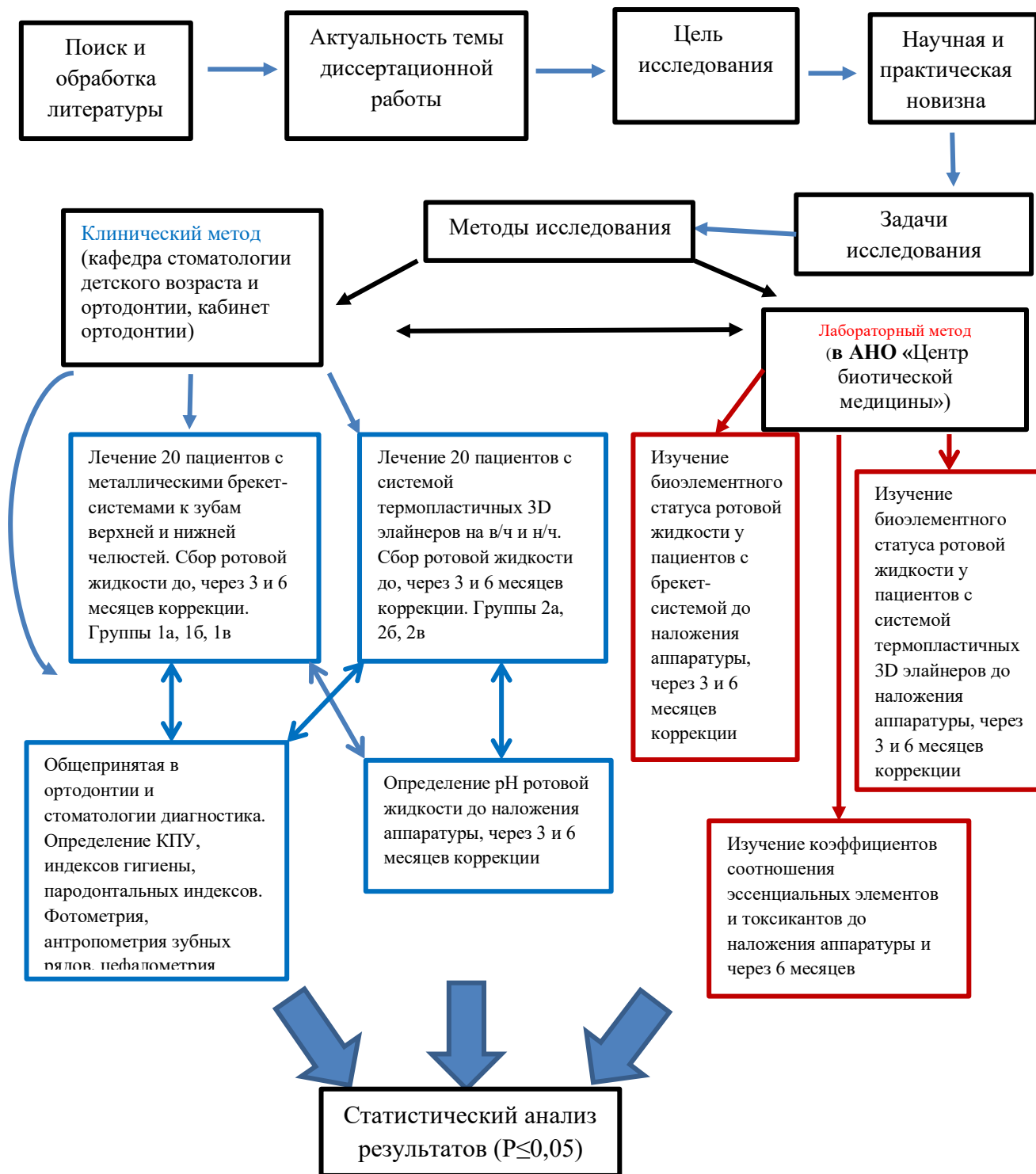
Лабораторные исследования макро- и микроэлементов ротовой жидкости выполнены в АНО «(аттестат аккредитации ГСЭН.311, регистрационный номер в Государственном Центр биотической медицины» (г. Москва) методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе Nexion (Perkin Elmer, США). Все образцы биосубстратов подвергались пробоподготовке согласно требованиям Методических рекомендаций, утвержденных МЗСР РФ. Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи Microsoft Excel XP (Microsoft Corp., США) и Statistic 10.0 (StatSoft Inc., США).

Было проведено 120 исследований биоэлементного статуса ротовой жидкости по 18 химических элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Исследования проведены у пациентов, исходно однородных групп по возрасту, полу и нозологии зубочелюстных аномалий, до и в процессе ортодонтического лечения различной аппаратурой; 120 измерений pH, 232 измерений гигиенических индексов полости рта, 40 ортодонтических протоколов с измерениями, 40 анкет.

Пациенты были выбраны случайным образом с клинических баз кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы в Москве (РФ). Возраст пациентов 18-25 лет (средний возраст $22,4 \pm 2,8$ лет). Молодые люди хотели начать ортодонтическую коррекцию скученного положения зубов с помощью внутриротовой несъемной брекет-системы или съемной системы 3D элайнеров по собственному желанию и согласованию с лечащим врачом-ортодонтом.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Рис. 1. Дизайн исследования



Выполненные процедуры соответствовали этическим стандартам ответственного комитета этики по экспериментам на людях. Данное исследование было одобрено комитетом по медицинской этике РУДН (Протокол № 19/08.06.23) и пациентами предоставлено письменное информированное согласие.

Обобщенные сведения об этапах исследования, источниках получения данных, а также информация о методах сбора материала представлены в таблице 1.

Таблица 1. Общая схема диссертационного исследования

Наименование раздела работы	Количество обследованных n = М/Ж	Метод исследования, оцениваемые параметры; Количество исследований
Клинико-лабораторные исследования (n= 480)		
Оценка состояния здоровья. Опрос и анкетирование.	n = 40, 20/20 18-25 лет	Анализ амбулаторных карт, клиническое и лабораторное обследование стоматологического статуса по общепринятой методике в ортодонтии (КПУ, индекс кровоточивости, индекс гигиены рта, РМА индекс); две группы, шесть подгрупп, 240 иссл.
Пациенты с зубочелюстными аномалиями и исходно здоровым пародонтом, лечившихся металлической брекет-системой	n = 20 10/10 18-25 лет	Определение содержания в ротовой жидкости 18 макро- и микроэлементов методом МС-ИСП до наложения аппаратуры (гр. 1а), через три (гр. 1б) и шесть месяцев (гр.1в) коррекции; 60 исследований.
Пациенты с зубочелюстными аномалиями и исходно здоровым пародонтом, лечившихся системой 3D элайнеров	n = 20 10/10 18-25 лет	Определение содержания в ротовой жидкости 18 макро- и микроэлементов методом МС-ИСП до наложения аппаратуры (гр.2а), через три (гр. 2б) и шесть месяцев (гр.2в) коррекции; 60 исследований.
Пациенты с зубочелюстными аномалиями и здоровым пародонтом, лечившихся брекет-системой и 3D элайнерами	n = 40 20/20 18-25 лет	Изучение водородного показателя ротовой жидкости рН- метром модели рН-2011 в динамике до наложения аппаратуры (гр. 1а и 2а), через три (гр.1б и 2б) и шесть месяцев (гр. 1в и 2в) коррекции; 120 исследований.
Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием методов вариационной статистики. Достоверность различий между средними величинами определяли по критериям Манна-Уитни, t критерию Стьюдента ($p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$).		

Общее состояние пациентов оценивали по субъективным и объективным параметрам. Клиническое стоматологическое обследование проводили по общепринятой методике. Было отобрано 40 практически здоровых пациентов (I, II группа здоровья) с интактными зубами, а также имеющих компенсированную форму кариеса (единичные кариозные поражения – I степень кариеса) без патологии пародонта (индекс РМА <20). Пациенты были разделены на

две группы диспансерного наблюдения. Пациентов разделили на две группы, не различающиеся по полу, возрасту, но различались аппаратурой (металлическая брекет-система с техникой «прямой дуги» или система термопластичных 3D элайнеров из полипропиленгликоля). На разных этапах исследования у этих участников проводилась оценка клинических индексов, изучался состав химических элементов и pH ротовой жидкости в динамике в сравнении с референтными значениями нормы. Все пациенты проходили диагностику аномалий зубочелюстной системы по общепринятой схеме в ортодонтии (фотометрия, антропометрия зубных рядов, цефалометрия).

После первоначальной клинической оценки полости рта всем пациентам было проведено удаление наддесневых зубных отложений с полировкой поверхности зубов, а также даны рекомендации по гигиене полости рта. Было рекомендовано, чтобы они чистили зубы два раза в день. Пациентам выдали зубную пасту и зубные щетки, и просили не использовать никаких других средств по уходу за зубами в течение всего периода исследования. Им также было рекомендовано придерживаться своего обычного режима питания. Назначения для пациентов были сделаны для отбора проб ротовой жидкости (нестимулированной смешанной слюны) через три недели после их первоначальной профессиональной гигиены полости в день наложения ортодонтической аппаратуры.

Первой группе пациентов (n=20) была выполнена фиксация металлических брекетов (Innovation R) на два зубных ряда прямым методом (по 28 брекетов, по 14 – на каждой челюсти, и припасованы по две суперэластичные NiTi дуги с памятью формы. Фиксация брекетов была выполнена прямой техникой, используя адгезив Трансбонд-ХТ (3М Unitek, США). В первой фазе лечения (выравнивание и нивелирование) использовались дуги из сплава никелид титана (NiTi), содержащего 45% никеля и 55% титана, дуги круглого сечения, толщиной 0,014 и 0,016 дюймов.

Через три месяца после фиксации, далее через 6 месяцев, были измерены клинические параметры пародонта, такие как (индекс КПУ, наличие белых пятен, кровотечение при зондировании, глубина зондируемого кармана, индекс зубного налета, индекс гигиены, некариозные поражения).

Второй группе пациентам (n=20) выполнена припасовка 3D элайнеров на два зубных ряда из полипропиленгликоля (Flexaligner и 3D Smail, РФ). Элайнеры носились днем и ночью, кроме периодов приема пищи и чистки зубов и менялись на последующие раз в две недели. Отбор проб ротовой жидкости, определение ее pH и определение индексов полости рта также проводились до наложения аппаратуры, через три и шесть месяцев.

Все полученные при сборе анамнеза данные помещали в анкету-опросник. Стоматологическое обследование проводили по общепринятой поликлинической методике,

результаты заносили в медицинскую карту ортодонтического пациента. Оценивали распространенность (в %) и интенсивность (индекс КПУ) кариеса, индекс появления белых кариозных пятен (WSL), оценивали уровень гигиены полости рта с помощью гигиенического индекса Федорова-Володкиной. Для рентгенологического исследования пародонтита использовалась компьютерная томография. Для диагностики зубочелюстных аномалий проводится КТ, ортопантомография челюстей и телерентгенография головы.

Применялись непараметрические статистические критерии. Данные были описаны с помощью медианы и значений 1-го и 3-го квартилей (Me [Q1; Q3]). Для сравнения признаков в независимых выборках применялся критерий КраскелаУоллиса с последующим попарным сравнением значений в исследуемых группах с контрольной группой с учетом поправки Бонферрони методом Данна (при сравнении 3-х и более групп) и критерий Манна-Уитни (при сравнении 2-х групп). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Измерение pH ротовой жидкости у пациентов с зубочелюстными аномалиями в исследуемых группах до наложения аппаратуры, через 3 и 6 месяцев от начала лечения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения pH ротовой жидкости у пациентов с зубочелюстными аномалиями в исследуемых группах до наложения аппаратуры, через 3 и 6 месяцев от начала лечения

Характер сдвига pH	Группы пациентов с зубочелюстными аномалиями (группы 1а и 2а – до наложения аппаратуры) и видом аппаратурного лечения: (группы 1б и 1в с брекет-системой; группы 2б и 2в – с 3D элайнерами)			Уровень значимости точного критерия Фишера
Группа n1 (%) и подгруппы	1а (n=20) Медиана [Q1; Q3]	1б (n=20) Медиана [Q1; Q3]	1в (n=20) Медиана [Q1; Q3]	Достоверность
Норма (pH 6,8–7,4)	17 (85%) 7,4 [7,0; 7,4]	15 (75%) 7,2 [7,4; 7,0]	10 (50%) 6,8 [6,7; 6,9]	P 1а и 1в <0,001*
Щелочной сдвиг (>7,4)	3 (15%) 7,5 [7,4; 7,6]	нет	нет	
Кислотный сдвиг (<6,8)	нет	5 (25%) 6,9 [6,8; 7,0]	10 (50%) 6,8 [6,7; 7,0]	P 1в и 2в <0,001*
Группа n2 (%) и подгруппы	2а (n=20) Медиана [Q1; Q3]	2б (n=20) Медиана [Q1; Q3]	2в (n=20) Медиана [Q1; Q3]	Достоверность сравнения
Норма (pH 6,8–7,4)	20 (90%) 7,4 [7,0; 7,4]	20 (100%) 7,4 [7,0; 7,4]	20 (100%) 7,2 [7,0; 7,4]	P групп 2а и 2в >0,05
Щелочной сдвиг (>7,4)	2 (10%) 7,5 [7,4; 7,6]	нет	нет	
Кислотный сдвиг (<6,7)	нет	нет	нет	

Примечание: n1 – число пациентов в группе 1; n2 – число пациентов в группе 2; p – значимость различий между группами; * – статистически значимые различия; P сравнения 1а и 1в; P сравнения 2а и 2в; P сравнения 1в и 2в;

Аппаратурное лечение зубочелюстных аномалий брекет-системой сопровождается снижением кислотно-основного равновесия ротовой жидкости, что возможно, происходит в связи с ухудшением условий гигиены полости рта в присутствии несъемной аппаратуры брекетов и дуг по сравнению со съёмными 3D элайнерами (табл.2).

Оценка макроэлементного состава ротовой жидкости у пациентов с зубочелюстными аномалиями до наложения ортодонтических приспособлений

В ротовой жидкости были оценены концентрации четырех макроэлементов у 40 пациентов с зубочелюстными аномалиями в двух группах, шести подгруппах) в табл.2. Концентрация химических элементов в ротовой жидкости сравнивалась с данными диапазона нормы эссенциальных, токсичных, потенциально токсичных и условно эссенциальных химических элементов, установленных в АНО «Центр биотической медицины».

У пациентов с зубочелюстными аномалиями по сравнению со средними данными наблюдается достоверное относительное снижение содержания в ротовой жидкости концентрации кальция, калия и железа. Концентрация кальция не достигает показателей нижней границы нормы на 25,5% ($p < 0,05$), что указывает на его дефицит, а концентрации калия и железа находятся в пределах нижней границы нормы ($p < 0,05$). Медиана магния в представленной возрастной группе молодых людей была в пределах середины допустимого нормального уровня ($p < 0,001$).

Дефицит кальция у молодых людей, страдающих снижением функции жевания на фоне аномалии прикуса, является высоким риском возникновения дисбаланса остальных эссенциальных макро- и микроэлементов. Так, дефицит кальция сказывается на уменьшении соотношения с калием на 37,5% (0,05 при норме 0,08) ($p < 0,001$). Коэффициент Ca/K ротовой жидкости можно использовать для оценки активности кальций регулирующих гормонов как микроэлементное выражение их эффекта с границей минимального соотношения 0,08. Уменьшение его значения указывает на повышение роли кальцитонина в метаболизме кальция. Диспропорция усиливается абсолютным дефицитом кальция на фоне относительной недостаточности калия.

По данным Krupka et al. (2004) у лиц молодого возраста выявлена отрицательная корреляционная связь кальцитонина с коэффициентом соотношения Ca/K, равная у мужчин $r = -0,53$. Уменьшенные значения коэффициента Ca/K указывают на повышение активности гормона кальцитонина.

Остеотропные макроэлементы Ca и Mg также тесно взаимосвязаны. Увеличение содержания кальция сопровождается параллельным ростом магния и, наоборот.

Градиент соотношения кальция с магнием в ротовой жидкости у пациентов с сужением зубных рядов уменьшен, в среднем, на 39,3% ($p < 0,05$) за счет сниженного уровня кальция. Дефицит кальция в ротовой жидкости пациентов отражает недостаточное его поступление в организм, приводит к снижению плотности костной ткани.

Также выявлено уменьшение коэффициента Ca/Fe на 13,5% ($p < 0,05$). Коэффициент соотношения магния к железу Mg/Fe - повышен на 32,5% по сравнению с нормальным соотношением из-за нижнего биологически допустимого референтного уровня железа (0,1-0,2 мкг/мл) ($p < 0,05$).

Кальций в процессе костеобразования играет ведущую метаболическую роль, что обусловлено жестким гомеостазом минеральных компонентов, где кальций является реперным элементом в связи с высокой химической и биологической активностью. Доминирующее его положение в борьбе за активные участки белков определяется химическими особенностями иона кальция: наличием двухвалентной связи и сравнительно небольшим атомным радиусом. Поэтому он успешно конкурирует на всех этапах метаболизма (Барашков с соавт., 2003).

Обладая полимодальным положительным влиянием на кость, кальций запускает каскад процессов костного моделирования и способствует росту и адекватному обновлению костной ткани. Так, он оптимизирует фосфорный метаболизм, вовлекает в процесс моделирования ростовые факторы и кальцитриол; активизирует внутриклеточную ДНК и другие важнейшие внутриклеточные метаболические процессы; препятствует выработке ПТГ; участвует в образовании инсулиноподобного фактора роста 1 (IGF-1); стимулирует пролиферацию и дифференцировку остеобластов; снижает скорость ремоделирования кости.

Магний влияет на костный метаболизм и является природным антагонистом кальция. Недостаток магния уменьшает биодоступность кальция, ведет к гипокальциемии с нарушением метаболизма костной ткани в результате снижения ПТГ и $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. Как дефицит, так и избыток магния приводят к нарушению всасывания кальция в кишечнике.

Калий участвует в процессах остеогенеза опосредованно, обеспечивая биоэлектрический потенциал клетки и гормональную активность надпочечников и щитовидной железы, участвующих в регуляции кальциевого обмена.

По данным анкетирования пациентов возможные причины относительного увеличения риска дефицита кальция и других макроэлементов могут быть связаны со сниженным потреблением молодыми людьми молока и молочных продуктов (54%), а также гиподинамией, длительным увлечением работой за компьютером (56%) и акселерацией (10%).

Показатели изменения макроэлементов ротовой жидкости через три и шесть месяцев ношения ортодонтической внутриротовой аппаратуры

Показатели медианы макроэлементов через три месяца коррекции брекет-системой находятся в дисбалансе, но через шесть месяцев достоверно улучшаются по отношению к значениям нормы и исходной ситуации (таблице 3). Концентрация кальция и железа в ротовой жидкости повышаются, соответственно на 47% и в 4,6 раза ($p < 0,05$). Уровень кальция повышаясь, достигает нижней границы нормы. Концентрация железа повышается до среднего уровня значений нормы, а калия и магния незначительно снижаются, оставаясь в пределах нормы.

Содержание кальция в ротовой жидкости, как ведущего биоэлемента в процессе костеобразования при ортодонтическом лечении, способствует балансу и метаболическим связям с уровнями магния и калия. Коэффициенты соотношения Ca/Mg и Ca/K через шесть месяцев лечения брекет-системой достигают нормы, соответственно 9,5 и 0,08 ($p < 0,001$).

Таблица 3. Оценка макроэлементного состава ротовой жидкости (в мкг/мл) у пациентов первой группы через три и шесть месяцев ношения несъемной брекет-системы по сравнению с исходным уровнем и градиентами макроэлементов в норме (* $p \leq 0,05$)

Макроэлементы	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1а группы до лечения	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1б группы через 3 мес леч	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1в группы через 6 мес леч	P групп 1а и 1в
Калий	623,3 [570;680]	693,0 [558;775]	567,8↓[510;623]	< на 9%*
Кальций	29,6↓ [23;32]	57,9 [47;62]	45,25↑[40; 49]	> 1,5 раза*
Магний	5,3 [4,4; 5,9]	5,23 [3,8;5,9]	4,69↓[3,5; 4,8]	< на 11,5%*
Железо	0,2 [0,1; 0,3]	0,3 [0,2; 0,4]	0,46↑ [0,3; 0,5]	>2,3 раза*
Ca/K	0,05↓	0,08	0,08	*
Ca / Mg	5,68↓	11,0	9,5	*
Ca / Fe	148,0	193,0	98,4↓	*
Mg / Fe	26,5↑	17,4	10,2↓	*

Таким образом, кальций, калий и магний взаимно дополняют друг друга в функции формирования основ костной ткани. Изменение данных градиентов можно расценивать как отражение улучшения энергетического обеспечения метаболизма кальция. Коэффициент соотношения макроэлементов Ca/Mg (9,5) в ротовой жидкости можно считать биомаркером перестройки костной ткани. Коэффициенты соотношения Ca/Fe и Mg /Fe (98,4 и 10,2.) уменьшаются на 35% и 45% через шесть месяцев ношения брекет-системы от исходной

ситуации (при норме Ca/Fe и Mg/Fe 148 и 26,5) за счет значительного повышения уровня железа, кальция и снижения концентрации магния.

Результаты ортодонтического лечения через три месяца ношения брекет-системы малозаметны. Однако при лечении брекет-системой через полгода аномалии положения зубов и конгруэнтность челюстей значительно улучшаются, нормализуется ширина и форма зубных рядов, повышается костная структура и плотность челюстей.

При коррекции аномалий положения зубов и сужения зубных рядов системой 3D элайнеров перестройка происходит медленно под действием термопластичных кап, покрывающих зубные ряды. Через три месяца коррекции элайнерами отмечаются незначительные изменения в концентрации макроэлементов K, Ca, Mg и Fe в ротовой жидкости, связанные с началом перестройки зубных рядов (таблице 4).

Таблица 4. Оценка макроэлементного состава ротовой жидкости (в мкг\мл) у пациентов второй группы через три и шесть месяцев ношения 3D элайнеров по сравнению с исходным уровнем и градиентами макроэлементов в норме ($p < 0,05$)

Макроэлементы	Медиана[Q ₁ ;Q ₃] 2а группы до лечения	Медиана[Q ₁ ;Q ₃] 2б группы через 3 мес леч	Медиана[Q ₁ ;Q ₃] 2в группы через 6 мес леч	P групп 2а и 2в
Калий	618,0 [560; 633]	634,0 [570; 658]	663,0 [610;693]	> 7% *
Кальций	32,7↓[28; 36]	29,7 [274; 32]	38,05[33; 40]	> 16% *
Магний	5,1 [4; 6]	5,32 [4,3; 5,9]	5,07 [4; 5,7]	=*
Железо	0,445[0,3; 0,5]	0,589 [0,4; 0,6]	0,745↑[0,6; 0,9]	> 94% *
Ca/K	0,05↓	0,05	0,06	*
Ca / Mg	6,4↓	5,7	7,6	*
Ca / Fe	148,0↓	66,7	51,7↓	*
Mg / Fe	26,5↑	8,9	6,8↓	*

Однако через шесть месяцев во второй группе исходно низкая концентрация кальция повышается на 11%, но не достигает нижней границы нормы ($p < 0,05$). Медиана магния остается на исходном уровне ($p < 0,05$) в пределах нормы. Концентрация калия повышается в пределах 7% от исходного уровня. Уровень железа повышается на 94%, перекрывая верхнюю границу нормы на 25% ($p < 0,05$).

В отличие от 1 группы, Ca/K и Ca/Mg остаются на низком уровне и не достигают показателей в норме. Концентрация кальция в ротовой жидкости повышается на 16%, не достигая значений нижней границы нормы. Коэффициенты соотношения Ca/Fe, Mg/Fe уменьшаются, соответственно до 51,7; 6,8, не достигая нормальных значений ($p < 0,05$) за счет значительного повышения уровня железа. Градиент Ca/Mg повышается до 7,6, но не достигает значения нормы 9,2 ($p < 0,05$). Таким образом, тенденция изменения соотношения концентрации макроэлементов Ca/K, Ca/Mg, Ca/Fe, Mg/Fe при коррекции элайнерами в

течение шести месяцев больше отличается от нормы, по сравнению с коррекцией брекет-системой.

Сравнение концентрации макроэлементов в ротовой жидкости у молодых пациентов с брекет-системой (гр.1) и системой 3D элайнеров (гр.2) до наложения аппаратуры показало характерные исходные низкие уровни кальция, калия и железа. Медиана кальция была ниже нижней границы нормы (дефицит) в обеих группах. Медиана калия соответствовала нижней границе нормы. У юношей обеспеченность калием была выше, чем у девушек на 30% ($p \leq 0,001$).

Таким образом, динамика изменения концентрации изученных эссенциальных макроэлементов в ротовой жидкости у пациентов первой группы с брекет-системой в полости рта в течение трех и шести месяцев имеет небольшую изменчивость по сравнению со второй группой. Кальций повышается на 47% и 16,4% ($p < 0,001$), Магний уменьшается на 11,5% и 0,6%, Железо увеличивается на 90,5% и 94,4% ($p < 0,001$). У пациентов второй группы отмечается дисбаланс в ротовой жидкости концентрации К, Са, Mg и Fe.

При анализе соотношения уровней макроэлементов Са/К в ротовой жидкости у пациентов, лечившихся брекет-системой, сниженный от нормы (0,08) градиент соотношения кальций/калий $0,05 \uparrow$ через шесть месяцев повышается до 0,08 по сравнению с исходным уровнем ($p < 0,05$), достигая соотношения Са/К в норме ($p < 0,05$), за счет значительного повышения уровня кальция.

При ношении брекет-системы происходит снижение рН ротовой жидкости в сторону нейтральной и слабокислой реакции, отмечается изменение градиентов соотношения Са/К (повышение до уровня нормы) и Mg/Fe (уменьшение, не достигая 50% до уровня нормы), что связано с увеличением концентрации ионов железа и кальция, уменьшением концентрации магния и калия в ротовой жидкости и усилением обменных процессов с активной перестройкой зубных рядов.

В противоположность этому, при лечении системой термопластических 3D элайнеров из полипропилен-гликоля не происходит снижение рН ротовой жидкости. Наблюдается дисбаланс электролитов в ротовой жидкости. Появляется избыток уровня железа (на 27,5%) по отношению к верхней границе нормы и недостаток уровня кальция, который увеличивается до 38 мкг/мл (дефицит), не достигая нижней границы нормы.

В частности, наблюдается резкое снижение градиента Mg/Fe из-за увеличения концентрации железа в ротовой жидкости и небольшое снижение градиента Са/К, по-видимому, в связи с изменением времени (уменьшение) контакта ротовой жидкости с эмалью зубов, также изменением обмена кальцием и магнием, процессов реминерализации через толщину элайнеров. Однако соотношение уровней Са/Mg достигает нормальных значений,

соотношение Ca/Fe остается ниже нормы, но достигает уровня первой группы, что подтверждает перестроечные остеогенные процессы модификации роста челюстей.

Оценка микроэлементного состава ротовой жидкости у пациентов до наложения ортодонтических приспособлений, через три и шесть месяцев лечения съемной и несъемной аппаратурой из разных материалов

В специальной литературе отсутствуют данные об изменениях в обмене таких эссенциальных микроэлементов как цинк, медь, марганец, селен, кобальт и молибден у пациентов с зубочелюстными аномалиями до и в процессе лечения ортодонтической аппаратурой из металлических сплавов и пластика. В табл. 5, 6 представлены данные медианы концентрации эссенциальных и токсичных микроэлементов до наложения аппаратуры по сравнению с референтными значениями нормы.

Таблица 5. Уровень эссенциальных микроэлементов (мкг/мл) в ротовой жидкости у пациентов с ЗЧА до наложения аппаратуры по сравнению с референтными значениями нормы (*P≤0,05)

Микроэлементы	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1 группы	Межквартильный диапазон нормы	P
Zn	0,3 [0,3; 0,5]	0,3-3	*
Cu	0,028 [0,02; 0,03]	0,02-0,06	*
Se↓	0,0016↓ [0,0014; 0,006]	0,01-0,04	*<на 84%
Mn	0,0115 [0,01; 0,02]	0,01-0,06	*
Co	0,0005 [0,0003; 0,0007]	0,0003-0,001	*
Mo↓	0,0009↓ [0,0008; 0,0009]	0,001-0,005	*<на 10%
Zn/Cu	12,57↓	15	*<в2,3 раза
Cu/ Mo	31,1↑	20	*> в 2,6 раза

Таблица 6. Уровень условно эссенциальных, потенциально токсичных и токсичных химических элементов (мкг/мл) в ротовой жидкости у пациентов с ЗЧА до наложения аппаратуры по сравнению с референтными значениями нормы (*P≤0,05)

Микроэлементы	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1 группы	Межквартильный интервал нормы	P
Условно эссенциальные			
Никель	0,0255 [0,012; 0,038]	0-0,04	*
Мышьяк	0,0014 [0,011; 0,0015]	0-0,01	*
Потенциально токсичные			
Серебро	0,0022 [0,002; 0,0024]	0-0,03	*
Золото	0,0006 [0,0004; 0,0008]	0-0,02	*
Токсичные			
Ртуть	0,003 [0,001; 0,007]	0-0,01	*
Свинец	0,003 [0,002; 0,004]	0-0,01	*
Кадмий	0,001 [0,0009; 0,0011]	0-0,001	*
Таллий	0,0001 [0,0001; 0,0001]	0-0,001	*

Концентрации эссенциальных микроэлементов в ротовой жидкости у пациентов: медь, марганец, кобальт в первой и второй группах до начала ортодонтического лечения соответствовали нижней границе нормы ($p < 0,05$). Концентрация селена в ротовой жидкости была на 84% ниже – (дефицит). Уровень молибдена исходно был на 10-30% ниже нижней границы нормы – (дефицит).

Уровни условно эссенциальных (Ni, As) элементов в ротовой жидкости до начала лечения были в пределах биологически допустимых значений. То же наблюдалось в отношении концентрации потенциально токсичных Ag, Au, и токсичных элементов: Hg, Pb, Cd, Tl, только концентрация кадмия была на уровне верхней границы нормы ($p < 0,05$).

В представленном исследовании нами просчитывалось большинство химических элементов в ротовой жидкости ортодонтических пациентов, однако для обсуждения отбирались только статистически достоверные различия ($p < 0,05$).

Через три месяца от начала лечения уровень эссенциальных микроэлементов (цинк, медь, марганец, кобальт и молибден) ротовой жидкости в подгруппе 1б с брекет-системой повысился незначительно, в пределах референтных значений, при этом особенно повысился Цинк (в 2,5 раза), ($P < 0,05$). Еще через три месяца количество перечисленных микроэлементов значительно возросло ($P < 0,05$) (подгруппа 1в) (табл. 7), за исключением, уровня Кобальта ($>$ на 13%) и Молибдена ($>$ на 12%), значения, которых практически не изменились, но остались в пределах нижней границы нормы. Концентрация Селена в ротовой жидкости увеличилась в 4,8 раза, но так и не достигла уровня нижней границы нормы ($P < 0,05$), оставаясь в дефиците. Через шесть месяцев от начала лечения уровень Цинка увеличился в 4,7 раза, оставаясь в пределах нормы ($P < 0,05$). Уровень Меди повысился в 2,5 раза, превысив верхнюю границу нормы на 58% ($P < 0,05$) (избыток).

Таблица 7. Оценка эссенциальных микроэлементов состава ротовой жидкости (в мкг/мл) у пациентов первой группы до наложения аппаратуры, через три и шесть месяцев ношения несъемной брекет-системы по сравнению с исходным уровнем и градиентами макроэлементов в норме (* $p \leq 0,05$)

Микроэлементы	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1а группы до лечения	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1б группы через 3 мес леч	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1в группы через 6 мес леч	P групп 1а и 1в
Zn	0,35 [0,3; 0,5]	0,89 [0,4; 1,0]	1,65↑ [1,3; 1,9]	$P \leq 0,05^*$
Cu	0,028 [0,02; 0,03]	0,035 [0,02; 0,05]	0,096 ↑ [0,07; 0,1]	$P \leq 0,05^*$
Se↓	0,0016 ↓ [0,0014; 0,006]	0,0028 [0,0015; 0,005]	0,0078 [0,006; 0,0084] ↓	$P \leq 0,05^*$
Mn	0,0115 [0,01; 0,0014]	0,0176 [0,014; 0,018]	0,023 [0,019; 0,025]	$P \leq 0,05^*$
Co	0,0005 [0,0003; 0,0007]	0,0006 [0,0004; 0,0008]	0,0006 [0,0005; 0,0009]	$P \leq 0,05^*$
Mo↓	0,0009 ↓ [0,0008; 0,0009]	0,0012 [0,0009; 0,0014]	0,0014 [0,0012; 0,0017]	$P \leq 0,05^*$
Zn/Cu	12,57↓	25,58	17,2↑	$>$ на 14,7%
Cu/ Mo	3,1↓	29,0↑	68,6↑	$>$ в 3,4р.

В подгруппе 2б (табл. 8), пациенты которых лечились 3D элайнерами, через три месяца от начала лечения уровни цинка и меди остались в тех же пределах, остальные эссенциальные микроэлементы (марганец, селен, кобальт и молибден) повысились, соответственно, на 36,8%, 72%, 60%, 30% ($P < 0,05$).

Затем в следующие три месяца лечения в подгруппе 2в эссенциальные микроэлементы повышаются от исходного уровня, при этом уровень цинка увеличился в 7 раз, но остался в пределах нормальных значений ($P < 0,05$). Уровень меди повысился на 75%, превысив верхнюю границу нормы на 52% ($P < 0,05$). Уровень селена увеличился в три раза и достиг нижней границы нормы. Марганец увеличился в 2 раза, кобальт в 3,5 раза, в пределах нормы ($P < 0,05$). Уровень молибдена понизился в 2,85 раза, но остался в пределах нижней границы нормы ($P < 0,05$). Увеличение уровня в ротовой жидкости железа, кобальта, цинка, молибдена коррелируют с показателями воспаления (Юрасов В.В. с соавт., 2022; Морозова Г.Д. с соавт., 2022). Перестроечные процессы сопровождаются реакцией асептического воспаления.

Таблица 8. Оценка эссенциальных микроэлементов состава ротовой жидкости (в мкг/мл) у пациентов второй группы до наложения аппаратуры, через три и шесть месяцев ношения съемной системы 3DЭлайнеров по сравнению с исходным уровнем и градиентами макроэлементов в норме (* $p \leq 0,05$)

Микроэлементы	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 2а группы до лечения	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 2б группы через 3 мес леч	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 2в группы через 6 мес леч	P групп 2а и 2в
Zn	0,258↓[0,2; 0,4]	0,257[0,2; 0,3]	2,11↑[1,6; 2,4]	$P \leq 0,001^*$
Cu	0,024[0,02; 0,03]	0,023[0,02; 0,03]	0,095 ↑[0,07; 0,1]	$P \leq 0,001^*$
Se ↓	0,0016↓[0,0014; 0,006]	0,0057[0,004; 0,008]	0,01↑[0,008; 0,02]	$P \leq 0,001^*$
Mn	0,012[0,009; 0,014]	0,019[0,016; 0,02]	0,025↑[0,019; 0,028]	$P \leq 0,001^*$
Co	0,0002[0,0001; 0,0003]	0,0005[0,0003; 0,0007]	0,0007↑[0,0005; 0,0009]	$P \leq 0,001^*$
Mo ↓	0,0007↓[0,0006; 0,0008]	0,001[0,0009; 0,0014]	0,002↑[0,0017; 0,0023]	$P \leq 0,001^*$
Zn/Cu	10,73↓	11,2	22,2↑	> на 48%
Cu/ Mo	34,28↑	23,0	47,5↑	> в 2,4раза

В сравнении с первой группой, у пациентов второй группы в ротовой жидкости эссенциальные микроэлементы повысились через шесть месяцев ношения элайнеров в большей степени (табл. 7,8). В обеих группах пациентов произошло увеличение концентрации меди выше биологически допустимого уровня (в группе 1в на 58%, в группе 2в – на 52%). Медь необходима для нормального образования белков соединительной ткани – коллагена и эластина. Предполагается, что превышение биологически допустимых уровней меди в организме человека может способствовать избыточному коллагенообразованию (Кудрин с соавт., 2000). Медь также регулирует метаболизм и транспорт железа в организме, оказывает влияние на метаболизм липидов.

Коэффициенты соотношения Zn/Cu и Cu/Mo достоверно повышены в первой и во второй группах. При сохранении колебаний абсолютных показателей этих эссенциальных элементов вверх в нормальном диапазоне имеет место выраженный их дисбаланс. Причем, участие меди более значимо, так как их дисбаланс может отразиться на активности щелочной и кислой фосфатаз – важнейших ферментов, участвующих в регуляции синтеза костной ткани (Авцын с соавт., 1991).

Условно эссенциальные микроэлементы ротовой жидкости Никель и Мышьяк в подгруппах 1а и 2а до лечения были в пределах нормы (табл. 9,10) Через три месяца от начала лечения их показатели в подгруппах 1б и 2б снизились и оставались в пределах нормальных значений. Через шесть месяцев от начала лечения в подгруппе 1в с брекет-системой значения Никеля повысились на 64,7% от исходного уровня до 0,042 мкг/мл, что на 5% выше верхних верхней биологически допустимого уровня Ni (0,04 мкг/мл) (P <0,05). У пациентов, лечившихся элайнерами, уровень Никеля снизился на 22,7% и остался в пределах нормальных значений (P <0,05).

Таблица 9. Оценка условно эссенциальных микроэлементов, потенциально токсичных и токсичных элементов состава ротовой жидкости (в мкг/мл) у пациентов первой группы до наложения аппаратуры, через три и шесть месяцев ношения несъемной брекет-системы по сравнению с исходным уровнем (*p≤0,05)

Микроэлементы	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1а группы до лечения	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1б группы через 3 мес лечения	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 1в группы через 6 мес лечения	P групп 1а и 1в
Ni	0,0255 [0,012; 0,038]	0,0188 [0,015; 0,022]	0,042↑ [0,034; 0,044]	P <0,05*
As	0,0014 [0,011; 0,0015]	0,0013 [0,0011; 0,0014]	0,0013 [0,0011; 0,0014]	P <0,05*
Ag	0,0022 [0,002; 0,0024]	0,0002 [0,00018; 0,00024]	0,0074↑[0,0028; 0,0091]	P <0,05*
Au	0,0006 [0,0004;0,0008]	0,0005 [0,0003; 0,0007]	0,0037↑ [0,001; 0,005]	P <0,05*
Hg	0,003 [0,001; 0,007]	0,0028 [0,0015; 0,0034]	0,0054↑ [0,0042; 0,0066]	P <0,05*
Pb	0,003 [0,002; 0,004]	0,0028 [0,0024; 0,0042]	0,0054↑ [0,004 ; 0,0062]	P <0,05*
Cd	0,001 [0,0009; 0,0011]	0,0004 [0,00025; 0,0006]	0,0029↑ [0,0015; 0,0033]	P <0,05*
Tl	0,0001[0,0001; 0,0001]	0,0001 [0,0001; 0,0001]	0,0001 [0,0001; 0,0001]	P <0,05*

Таблица 10. Оценка условно эссенциальных микроэлементов, потенциально токсичных и токсичных элементов состава ротовой жидкости (в мкг/мл) у пациентов второй группы до наложения аппаратуры, через три и шесть месяцев ношения системы 3D элайнеров по сравнению с исходным уровнем (*p≤0,05)

Микроэлементы	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 2а группы до лечения	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 2б группы через 3 мес леч	Медиана [Q ₁ ; Q ₃] 2в группы через 6 мес леч	P групп 2а и 2в
Ni	0,022 [0,012; 0,037]	0,01[(0,008; 0,0012]	0,005↓[0,003; 0,006]	P <0,05*
As	0,00165 [0,0011;0,0018]	0,0014 [0,0012; 0,0016]	0,0014↓[0,0011; 0,0017]	P <0,05*
Ag	0,0002 [0,0001; 0,0004]	0,0002[0,0001; 0,0003]	0,0001↓ [0,0001; 0,0002]	P <0,05*
Au	0,00085[0,0004; 0,001]	0,00024 [0,00012; 0,00036]	0,0006↓ [0,0003; 0,0008]	P <0,05*

Hg	0,0033 [0,001; 0,007]	0,0009 [0,0006; 0,001]	0,0002↓ [0,0001; 0,0003]	P <0,05*
Pb	0,003 [0,002; 0,004]	0,002 [0,001; 0,003]	0,005↑ [0,003; 0,0065]	P <0,05*
Cd	0,001 [0,0009; 0,0011]	0,0009 [0,0007; 0,0011]	0,001 [0,0009; 0,0012]	P <0,05*
Tl	0,0001[0,0001; ,0001]	0,0001 [0,0001; 0,0001]	0,00005↓[0,00003;0,0001]	P <0,05*

Во второй группе токсичные микроэлементы Свинец повысился на 66% в пределах нормальных значений (P <0,05), Таллий уменьшился на 50% (P <0,05), а Кадмий и Ртуть – не изменились (табл.10).

Следует отметить, что концентрация Мышьяка и уровень потенциально токсичных ультрамикроэлементов в ротовой жидкости Серебро и Золото были в пределах нормальных значений у пациентов групп 1 и 2 до лечения. Концентрации токсичных микро- и ультрамикроэлементов ротовой жидкости (Свинец, Кадмий, Ртуть) в группе 1 повысились через шесть месяцев лечения во всех пробах, но были в пределах нормальных допустимых значений, за исключением Кадмия, уровень которого превысил верхнюю границу нормы в 2,9 раза (P <0,05) (избыток). Уровень Таллия оставался без изменений в пределах биологически допустимых значений. Следовательно, риск избытка токсичного Кадмия может отражать избыточное поступление в организм данного элемента и снижение иммунитета пациента, особенно при недостатке концентрации Селена. Однако концентрацию токсикантов следует рассматривать в отношении к их функциональным антагонистам в виде эссенциальных макро- и микроэлементов (табл. 11).

Таблица 11. Соотношение содержания в ротовой жидкости пациентов, проходивших аппаратную коррекцию прикуса брекет-системой, токсичных и эссенциальных химических элементов – антагонистов по сравнению с биологически допустимым уровнем (БДУ)

Коэффициент	БДУ	До лечения	Через 6 мес леч	P
Cd/Zn	0,001/0,3=0,003	0,001/0,35=0,00285↓	0,0029/1,65=0,00175↓	P <0,05*
Cd/Cu	0,001/0,02=0,05	0,001/0,028=0,035↓	0,0029/0,096=0,03↓	P <0,05*
Pb/Ca	0,01/40=0,00025	0,003/29,6=0,0001↓	0,0054/45,25=0,00012↓	P <0,05*
Pb/Mg	0,01/3,5=0,0028	0,003/5,3=0,00056↓	0,0054/4,69=0,0012↓	P <0,05*
Pb/Zn	0,01/0,3=0,033	0,003/0,35=0,0085↓	0,0054/1,65=0,0033↓	P <0,05*
Pb/Fe	0,01/0,1=0,1	0,003/0,2=0,015↓	0,0054/0,46=0,012↓	P <0,05*
Ni/Zn	0,04/0,3=0,13	0,0255/0,35=0,072↓	0,042/1,65=0,025↓	P <0,05*
Ni/Fe	0,04/0,1=0,4	0,0255/0,2=0,13↓	0,042/0,46=0,091↓	P <0,05*

Функциональными антагонистами свинца являются магний, кальций, цинк, железо. В табл. 12 представлены значения градиентов кадмия, свинца и никеля с их антагонистами с результатами через 6 мес. лечения брекет-системой и системой 3D элайнеров.

Из табл. 12 видно, у пациентов в возрасте 18-25 лет с аномалиями положения зубов и сужением зубных рядов при здоровом пародонте до наложения брекет-системы нагрузки

содержания токсических элементов (кадмий, свинец и никель) в ротовой жидкости находятся ниже биологически допустимого уровня.

Таблица 12. Соотношение содержания в ротовой жидкости пациентов, проходивших аппаратную коррекцию прикуса термопластичными элайнерами, токсичных и эссенциальных химических элементов – антагонистов по сравнению с биологически допустимым уровнем (БДУ)

Коэффициент	БДУ	До лечения	Через 6 мес. леч.	P
Cd/Zn	0,001/0,3=0,003	0,001/0,258=0,0039	0,001/2,11=0,0005↓	P <0,05*
Cd/Cu	0,001/0,02=0,05	0,001/0,024=0,04↓	0,001/0,095=0,01↓	P <0,05*
Pb/Ca	0,01/40=0,00025	0,003/32,7=0,00009	0,005/38,05=0,00013↓	P <0,05*
Pb/Mg	0,01/3,5=0,0028	0,003/5,1=0,00059	0,005/5,07=0,00098↓	P <0,05*
Pb/Zn	0,01/0,3=0,033	0,003/0,258=0,0116↓	0,005/2,11=0,0023↓	P <0,05*
Pb/Fe	0,01/0,1=0,1	0,003/0,3=0,01	0,005/0,745=0,0067↓	P <0,05*
Ni/Zn	0,04/0,3=0,13	0,022/0,258=0,085↓	0,005/2,11=0,0023↓	P <0,05*
Ni/Fe	0,04/0,1=0,4	0,022/0,3=0,073↓	0,005/0,745=0,0067↓	P <0,05*

Через шесть месяцев коррекции аномалии прикуса системой термопластичных элайнеров все коэффициенты соотношения токсикантов с эссенциальными химическими элементами (их функциональными антагонистами) были меньше значений БДУ.

При сравнении значений коэффициентов с ситуацией до и после лечения термопластичными элайнерами, коэффициенты токсикантов уменьшились, за исключением показателей коэффициентов со свинцом: Pb/Ca, Pb/Mg, которые увеличились в процессе лечения, соответственно, на 44,4%, 66,1%, но остались ниже БДУ. Следует отметить, что за период лечения полгода нагрузка концентрации свинца в ротовой жидкости пациентов увеличилась на 66,7%, а его функциональных антагонистов: уровень кальция и железа повысился, соответственно, на 16,4% Ca и на 148,3% Fe или в 1,5раза, концентрация цинка - возросла в 8,2 раза, при этом концентрация Mg не изменилась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микроэлементы – компоненты закономерно существующей сложной физиологической системы, участвующей в регулировании жизненных функций организма, обладающей избирательным поглощением определенных микроэлементов, их избирательной концентрацией в клетках, тканях, органах, волосах, крови, ротовой жидкости и др., а также селективной элиминацией, которые обеспечивают поддержание микроэлементного гомеостаза. Дисбаланс микроэлементов можно рассматривать как пусковой механизм дизрегуляторной патологии, а его коррекцию – как саногенетический механизм.

Нами определены изменения концентрации эссенциальных макро- и микроэлементов при проведении аппаратного ортодонтического лечения у молодых пациентов. Из токсических элементов выявлена настороженность в отношении кадмия, свинца и никеля.

Через шесть месяцев коррекции брекет-системой и улучшения окклюзионных соотношений в полости рта градиенты соотношения кадмия, свинца и никеля становятся еще ниже, характеризуя уменьшение их токсической нагрузки на организм пациента. Несмотря на абсолютное увеличение концентрации токсикантов в ротовой жидкости, при этом произошло значительное повышение их антагонистов - эссенциальных элементов Zn, Cu, Ca, Fe, соответственно, в 4,7 раза, в 3,4 раза, в 1,5 раза, в 2,3 раза ($p \leq 0,05$).

В целом, следует отметить благоприятное влияние аппаратного ортодонтического лечения брекет-системой и системой 3Dэлайнеров на организм пациентов, улучшение показателей коэффициентов соотношения токсикантов с эссенциальными макро- и микроэлементами, их сбалансированность, что повышает качество жизни молодых пациентов.

Выявлен «возрастной» дефицит (на уровне нижней границы нормы) эссенциальных элементов: Mg, Ca, K, Zn, Fe, что согласуется с данными Н.А. Гресь и А.В. Скального (2011). Результаты анкетирования молодых людей свидетельствуют о дефиците кальция в их питании, что обусловлено недостаточным потреблением, в первую очередь, молока и его производных, что подтверждает наше исследование.

ВЫВОДЫ

1. Пациенты в возрасте 18-25 лет с аномалиями положения зубов, сужением зубных рядов и здоровым пародонтом в биоэлементном статусе ротовой жидкости имеют дефицит кальция на 18-25,5%, селена на 84%, молибдена на 10-18%, эссенциальные, условно эссенциальные, потенциально токсичные и токсичные микроэлементы соответствуют нижней границе нормы.

2. Между сдвигами pH ротовой жидкости в разных подгруппах исследования в возрастной категории пациентов 18-25 лет, существуют определенные различия. У пациентов с зубочелюстными аномалиями до наложения аппаратуры статистически не различался водородный показатель ротовой жидкости: в среднем, он составлял 7,4 единиц слабощелочной реакции, и соответствовал верхней границе нормальных референтных значений pH ($p < 0,05$). После наложения брекет-системы через три и шесть месяцев наблюдается тенденция снижения от исходного уровня кислотно-основного равновесия смешанной слюны из слабощелочной в нейтральную или слабокислую (на 8,1%) ($p < 0,05$), в отличие у пациентов с элайнерами pH остается без изменений или происходит смещение pH в сторону нейтральной реакции (на 2,7%) ($p < 0,05$).

3. У пациентов, лечившихся брекет-системой через шесть месяцев, наблюдается улучшение элементного состава, но имеется нагрузка избытка уровня железа, меди, кадмия, и

дефицита селена. Несмотря на абсолютное увеличение концентрации токсикантов (кадмия, свинца и никеля) в ротовой жидкости, их действие нивелируется за счет значительного повышения их функциональных антагонистов (эссенциальных элементов Zn, Cu, Ca, Fe), соответственно, в 4,7 раза, в 3,4 раза, в 1,5 раза, в 2,3 раза ($P < 0,05$). Недостаточный исходный уровень кальция и молибдена повышается до нижней границы нормы. Уровень селена повысился от исходного в 4,8 раза, не достигнув нижней границы нормы на 22% (остался дефицит).

4. В отличие от пациентов с брекет-системой при лечении элайнерами наблюдается более положительная динамика элементного состава ротовой жидкости. Через полгода недостаточный исходный уровень кальция достоверно повышается на 16,4% до нижней границы нормы. Концентрации железа и меди повышаются – на 94,4% и 75%, превысив верхнюю границу нормы, создают нагрузку избытка ($P \leq 0,05$). Уровень селена увеличился в три раза и достиг нижней границы нормы ($P \leq 0,05$).

5. Через шесть месяцев коррекции аномалии прикуса системой термопластичных элайнеров все коэффициенты соотношения токсикантов с эссенциальными химическими элементами были меньше биологически допустимого уровня (БДУ). Нагрузка токсиканта свинца и его показатели коэффициентов Pb/Ca, Pb/Mg, незначительно увеличились в процессе лечения, но остались ниже БДУ, что возможно связано с саногенетическим механизмом организма.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Референтные значения макро- и микроэлементов в биосубстрате ротовой жидкости, взятых у взрослых пациентов, могут быть использованы в диагностике и прогнозе течения стоматологических заболеваний.

2. Многоэлементный анализ ротовой жидкости позволяет индивидуально контролировать схему коррекции минерального обмена и лечения дефицита эссенциальных элементов кальция и селена.

3. Коэффициент соотношения уровней Ca/Mg в ротовой жидкости, равный в норме $9,0 \pm 0,5$, может рассматриваться как маркер активного протекания перестроечных остеотропных процессов при аппаратурном ортодонтическом лечении у молодых пациентов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных Перечнями РУДН/ВАК

1. Алмасри Р., Гальченко А.В., Яковлев А.В., Скальный А.А., Киричук А.А., Орлова О.Ю., Баринов А.В., Титов Н.В., Коробейников Т.В. Оценка взаимосвязи содержания химических элементов в волосах и химического состава рациона у студентов первого курса

РУДН. // Микроэлементы в медицине 2020. 21(2): 41–48 DOI: 10.19112/2413-6174-2020-21-2-41-48.

2. Алмасри Раша, Юрасов В.В., Морозова Г.Д., Садыков А.Р., Намиот Е.Д., Лобанова Ю.Н. Изучение связи концентраций олова и сурьмы с показателями С-реактивного белка в сыворотке крови. // Микроэлементы в медицине/Trace elements in medicine, 2022, 23(1): 41–46 DOI: 10.19112/2413-6174-2022-23-1-41-46.

3. Алмасри Р., Косырева Т.Ф., Скальный А.А., Катбех И., Абакелия К.Г., Бирюков А.С., Камганг В.Н. Высвобождение ионов никеля из металлических никель-титановых дуг в ротовую полость в период ортодонтического лечения // Endodontics day-to-day, 2022, Volume 20, 1. 79-84. DOI: 10.36377/1726-7242-2022-20-1-79-84.

4. Алмасри Р., Косырева Т.Ф., Горбунова Н.В., Воейкова О.В., Альхамза Г. Оценка водородного показателя рН кислотно-основного равновесия ротовой жидкости у пациентов до наложения ортодонтических приспособлений, через три и шесть месяцев лечения съёмной и несъёмной аппаратурой из разных материалов. [https://doi.org/10.35556/idr-2023-4\(105\)](https://doi.org/10.35556/idr-2023-4(105)) с4-9.

5. Алмасри Р., Косырева Т.Ф., Бирюков А.С., Воейкова О.В., Самойлова М.В., Горшунова Н.В., Гарави А. Эффект ортодонтической коррекции сужения зубных рядов верхнечелюстным несъёмным аппаратом с винтом в период пубертатного скачка в росте. // Стоматология детского возраста и профилактика. Май 2023:23(2);92-101. <https://doi.org/10.33925/1683-3031-2023-564>.

Публикации в других изданиях

6. Almasri Rasha, Kamgang Nzeugang Wilfrid, Kosyрева Tamara Fedorovna, Nokam Kamdem Gimel Stephane, Zilefac Brian Ngokwe, Tchuala Moukam Laetitia. Perception of Cameroonian Parents about Orthodontic Tooth Positioner // Modern approaches in dentistry and oral health care. Volume 5 - Issue Lupine publishers 4. pp.485-490. DOI:10.32474/MADONC.2022.05.000216 August 16, 2022.

7. Алмасри Р., Косырева Т.Ф., Скальный А.В. Влияние никель-титановых дуг на полость рта ортодонтического пациента в течение двух месяцев. //Актуальные вопросы стоматологии. /Сборник тезисов межвузовской конференции Москва, РУДН, с.7-8. УДК 616.31:001(063)31 марта 2022 г.

8. Алмасри Р., Косырева Т.Ф. Изменение уровня макроэлементного состава ротовой жидкости при ношении металлической брекет-системы. //Сборник тезисов научных трудов по материалам международной научно-практической конференции 30 апреля 2023 г. с.109-111. удк 001.1 ббк 60 р.17.

9. Алмасри Р., Альнасер Х. Мини-винты в ортодонтии. //Сборник тезисов научных трудов по материалам международной научно-практической 30 апреля 2023 г. С.111-112. УДК 001.1 ББК 60. Р.17

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВОЗ – всемирная организация здравоохранения

ЗЧА – зубочелюстные аномалии

МЭ – микроэлементозы

NiTi – сплав никелид титана, нитинол

РДУ- референтный допустимый уровень нагрузки токсиканта в ротовой жидкости

Алмасри Раша

Изменение макро- и микроэлементного состава ротовой жидкости у пациентов при ортодонтическом лечении в периоде постоянного прикуса

В исследовании представлено состояние макро- и микроэлементного состава ротовой жидкости у молодых пациентов с внутриротовой ортодонтической аппаратурой из разных материалов до наложения ортодонтической аппаратуры и в динамике в процессе лечения.

Исследован pH ротовой жидкости при ношении несъемной брекет-системы и съемной системы 3D элайнеров. Выявлена нагрузка пациентов избытком и дефицитом эссенциальных и токсических микроэлементов в ротовой жидкости при прохождении аппаратурного ортодонтического лечения.

Rasha Almasry. Changes in the macro- and microelement composition of oral fluid in patients with orthodontic treatment in the period of permanent teeth

The study presents the state of the macro- and microelement composition of oral fluid in young patients with intraoral orthodontic equipment made of different materials before the application of orthodontic equipment and in dynamics during treatment. The pH of the oral fluid was studied when wearing a non-removable bracket system and a removable 3D aligner system. The burden of patients with excess and deficiency of essential and toxic trace elements in the oral fluid during the passage of hardware orthodontic treatment was revealed.