

На правах рукописи

Марков Николай Михайлович

**Оценка адаптационных механизмов нейро-мышечной системы зубо-
челюстного комплекса при ортодонтическом лечении дистальной окклюзии**

14.01.14 – «Стоматология»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Москва – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно – лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный консультант:

доктор медицинских наук, профессор **Кречина Елена Константиновна**

Официальные оппоненты:

Гроева Юлия Александровна – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, профессор кафедры ортодонтии.

Гвоздева Людмила Михайловна – доктор медицинских наук, профессор, Негосударственное образовательное частное учреждение дополнительного профессионального образования «Медицинский стоматологический институт», заведующая кафедрой детской стоматологии и ортодонтии.

Косырева Тамара Федоровна - доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» Министерства образования и науки, заведующая кафедрой стоматологии детского возраста и ортодонтии.

Ведущая организация: Академия постдипломного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства России».

Защита состоится «26» декабря 2019 г. в 10-00 часов на заседании Диссертационного совета (Д. 208.111.01) при Федеральном государственном бюджетном учреждении «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 119021, Москва, ул. Тимура Фрунзе д. 16 (конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте www.cniis.ru Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно – лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Автореферат разослан «25» ноября 2019 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
кандидат медицинских наук

Гусева Ирина Евгеньевна

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования

Всё больше внимания практикующие ортодонты уделяют не только нормализации окклюзии при ортодонтическом лечении, но и установлению миодинамического равновесия мышц челюстно-лицевой области и нормализации пострурального статуса [Карпова В.С., 2016; Польша Л.В. и др., 2017; Климова Т.В. и др. 2019; Felicio С.М., Sidequesrky F.V., Tartaglia G.M., Sforza С., 2009].

При комплексном подходе лечение ортодонтических пациентов не только проходит быстрее, но и результаты лечения стабильны, а ретенционный период значительно укорачивается [Григоренко А.А., 2012]. Изучению мышц челюстно-лицевой области посвящено достаточно большое количество работ. Изучено функциональное состояние жевательных мышц у пациентов с глубокой резцовой окклюзией и тесным положением передних зубов [Лисовская В.Т., 2011], мезиальной окклюзией до и после миофункционального лечения на съёмных ортодонтических аппаратах [Арсенина О.И., 2016], установлено существенное изменение функционального состояния жевательных мышц у детей в период раннего сменного прикуса с сагиттальными аномалиями окклюзии [Верзилова и др. М.В., 2013].

Проведена электромиографическая оценка результатов ортодонтического лечения пациентов с вертикальными аномалиями окклюзии с использованием преортодонтических трейнеров, определена эффективность миофункциональной коррекции у детей 6-9 лет по результатам электромиографии жевательных и височных мышц, отмечено влияние функционального состояния мышц челюстно-лицевой области на формирование у детей дистальной окклюзией с использованием электромиографии и обследования врачом-ортопедом осанки [Бирюкова О.П., 2005] и стабилметрической платформы [Quadrelli С., Gheorgiu M., Marchetti С., Ghiglione V., 2005].

Результаты измерения биоэлектрической активности жевательных мышц у пациентов с физиологической окклюзией показали, что физиологическая окклюзия может не сопровождаться нормальной симметричной мышечной активностью, а у пациентов с аномалиями окклюзии, наоборот, жевательная мускулатура иногда функционирует симметрично.

Особый интерес представляет степень влияния функции зубочелюстной системы на нейромышечные структуры, отвечающие за поддержание баланса тела [Погосян И.А., 2007; Червоток А.Е., 2009; Кузнецова Т.Е., 2013; Брагин С.Е., 2015]. Для оценки степени подобных влияний использовались разнообразные методы: поструральное обследование [Гаже П.-М., Вебер Б., 2008], компьютерная топография [Бирюкова О.П. 2005], кинезиография [Климова Т.В., 2019],

электромиография [Цимбалистов А.В., Статовская Е.Е., Соснина Ю.С. и др., 2010; Кастаньо Е.Б. и др., 2019; Felicio С.М., Sidequesrky F.V., Tartaglia G.M., Sforza С., 2009] и стабилметрия [Худоногова Е.Я., 2006; Бугровецкая Е.А. и др., 2008; Рублева И.А. и др., 2015]. Все представленные методы оценки степени влияния зубочелюстной системы на структуры опорно-двигательного аппарата основаны на гипотезе, рассматривающей человеческий организм как функциональную целостность [Майерс Т.В., 2012]. Изменение величины биопотенциала жевательной мускулатуры, модифицируя миофасциальное натяжение, способно привести к изменению взаимного расположения структур опорно-двигательного аппарата, что отражается в динамике изменения показателей вышеописанных методов. Одной из распространенных и доступных методик для оценки изменений постурального статуса в процессе ортодонтического лечения, является стабилметрическое обследование [Скворцов Д.В., 2010].

Однако в литературе нет достаточных сведений об изучении этих вопросов у пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов на этапах ортодонтического лечения.

В связи с этим, исследование является актуальным для повышения эффективности уровня диагностики и лечения пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов (ДОЗР).

Степень разработанности темы исследования

В рамках реализации системного подхода при лечении пациентов с ДОЗР, существует необходимость определения прогностически значимых предикторов адекватного ортодонтического лечения и адаптации зубо-челюстного комплекса к изменившимся условиям функционирования. Использование одного критерия – функциональной активности жевательной мускулатуры – явно недостаточно для получения целостной картины динамических изменений, возникающих в ответ на коррекцию положения зубов и смещения нижней челюсти. При изменении позиции нижней челюсти, меняется поток афферентных проприоцептивных импульсов от периодонта и структур височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС), что должно отразиться на активности моторной коры головного мозга и изменении паттерна активации жевательных мышц, так как рисунок движения определяется его сенсорным эскизом. Согласно теории построения движений Н.А. Бернштейна (1991) моторный навык формируется с участием иерархически организованных моторных центров нервной системы, где каждый уровень отвечает конкретным целям и выполняет определенную функцию.

Исходя из этих постулатов, адаптивность двигательного навыка может быть оценена по объему активированных моторных зон головного мозга при выполнении определенных стереотипных действий [Inamochi и др., 2017].

В литературе представлены отдельные клинические случаи ортодонтического лечения пациентов с динамикой изменений показателей фМРТ [Onozuka M. et al., 2002; Mohlin B. et al., 2007; Pimenidis M.Z., 2009; Otsuka T. et al., 2011; He S.-S., 2014]. Представленные данные подчеркивают необходимость мониторинга функционального состояния зубочелюстной системы и центральной нервной системы при проведении ортодонтического лечения, что необходимо для выявления закономерностей процессов адаптации структур ЦНС к изменениям окклюзионных взаимоотношений.

Цель исследования

Повышение эффективности ортодонтического лечения пациентов с дистальной окклюзией на основе комплексного изучения процессов адаптации зубо-челюстного комплекса по данным морфо-функционального состояния, постурального статуса и нейромышечных взаимоотношений.

Задачи исследования

1. Изучение особенностей клинико-рентгенологических и антропометрических данных у пациентов с дистальной окклюзией.
2. По данным ЭМГ провести анализ состояния жевательной мускулатуры у пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов до и на этапах ортодонтического лечения.
3. Изучить особенности постурального статуса у пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов по данным стабилومتрии и оптической компьютерной топографии в процессе ортодонтического лечения.
4. По данным фМРТ провести анализ активности нейронов моторной коры головного мозга при дистальной окклюзии до и на этапах ортодонтического лечения у пациентов с данной патологией.
5. Изучить взаимосвязь активности жевательных мышц и моторных зон коры головного мозга с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) у пациентов с данной патологией.
6. На основании корреляционного анализа оценить взаимосвязь функциональных показателей постурального статуса с состоянием нейромышечного баланса челюстно-лицевой области и данными фМРТ у пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов.
7. Провести сравнительную оценку процессов адаптации протекающих в зубо-челюстной системе на этапах ортодонтического лечения в зависимости от вида применяемой аппаратуры.

8. Разработать диагностические критерии для определения уровня адаптации к изменениям окклюзионных взаимоотношений в процессе ортодонтического лечения.

Научная новизна

Впервые проведен комплексный анализ морфо-функционального состояния челюстно-лицевой области у пациентов с дистальной окклюзией. По данным электромиографии выявлены особенности состояния жевательных мышц на этапах ортодонтического лечения. По данным компьютерной топографии и стабилومتрии впервые изучено состояние постурального статуса и выявлено его влияние на морфо-функциональное состояние зубочелюстного комплекса при ортодонтическом лечении пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов. Впервые по данным функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) проведен анализ периферических и центральных нейромышечных взаимоотношений при проведении ортодонтического лечения пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов, что позволяет выявить уровень адаптации к изменениям окклюзионных взаимоотношений. Впервые по данным фМРТ проведен анализ динамических изменений, происходящих в моторной коре головного мозга при проведении ортодонтического лечения пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов, что характеризует поэтапное формирование новой жевательной функции.

Впервые проведен корреляционный анализ всех функциональных показателей и установлена их взаимосвязь до и на этапах ортодонтического лечения пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов и научно обоснован алгоритм функциональной диагностики. Впервые проведена оценка адаптационных процессов в зубо-челюстном комплексе на сроках активного и ретенционного периодов при ортодонтическом лечении пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость заключается в изучении процессов адаптации зубо-челюстного комплекса по данным морфо-функционального состояния, постурального статуса и нейромышечных взаимоотношений на этапах ортодонтического лечения пациентов с дистальной окклюзией.

Разработан и обоснован комплекс диагностических критериев оценки морфо-функционального состояния челюстно-лицевой области при дистальной окклюзии зубных рядов для мониторинга и оценки эффективности результатов ортодонтического лечения.

Результаты комплексного клинико-функционального исследования процессов адаптации на основе изучения взаимосвязи морфо-функционального состояния зубочелюстной системы, постурального статуса, нейромышечных взаимоотношений позволяют установить сроки адаптации и разработать рекомендации по ведению пациентов на этапах ортодонтического лечения.

По данным функциональных исследований научно обоснованы этапы ортодонтического лечения в зависимости от применяемого метода.

Методология и методы исследования

Диссертация выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины. Используются клинические, морфометрические функциональные (электромиография, стабилметрия, функциональная топография, магнитно-резонансная томография, функциональная магнитно-резонансная томография) и статистические методы исследования с проведением корреляционного анализа по Пирсону. Объектом изучения были 105 пациентов в возрасте от 18 до 35 лет с дистальной окклюзией зубных рядов на этапах ортодонтического лечения. Предмет исследования – ортодонтическое лечение пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов, процессы адаптации зубочелюстного комплекса по данным стабилметрии, электромиографии и нейромышечных взаимоотношений.

Положения, выносимые на защиту

1. В процессе адаптации при ортодонтическом лечении пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов к изменению окклюзионных контактов с формированием опоры во фронтальном отделе зубного ряда происходит сначала снижение биопотенциала действия жевательных мышц, что связано с активацией периодонто-мышечного и миостатического рефлексов, и затем последовательное восстановление биопотенциала жевательной мускулатуры в конце ортодонтического лечения, что свидетельствует о процессе приспособления к вновь сформированным окклюзионным контактам и перераспределению активности жевательной мускулатуры с формированием более гармоничного жевательного паттерна.

2. По данным фМРТ установлено, что симметричное распределение числа активных нейронов в моторной коре между правым и левым полушарием головного мозга, при индексе латерализации $< 0,1$, сочетающееся с симметричным распределением суммарного биопотенциала жевательной мускулатуры с правой и левой стороны, свидетельствует о гармоничной работе нейро-мышечной системы зубо-челюстного комплекса.

3. В процессе адаптации на этапах ортодонтического лечения у пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов показатели стабилотрии и компьютерной топографии отражают нарушение стабильности тела в пространстве, причем, чем более выражено снижение биопотенциала действия жевательной мускулатуры и количества окклюзионных контактов, тем больше отклонение стабилотрических и топографических показателей.

4. По данным корреляционного анализа на этапах ортодонтического лечения пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов выявлены высокие взаимосвязи биоэлектрической активности жевательных мышц с динамикой показателей стабилотрии, компьютерной топографии и функциональной магнитно-резонансной томографии, что дает основание считать их изменения маркерами течения компенсаторно - приспособительных реакций в процессе формирования новых окклюзионных взаимоотношений.

Степень достоверности и апробация результатов

Степень достоверности определяется достаточным количеством пациентов группы исследования (105 человек) с дистальной окклюзией зубных рядов (ДОЗР), адекватными и современными методами исследования (клинические – 540 иссл., лабораторные – 300 иссл., функциональные (электромиография – 560 иссл., стабилотрия – 540 иссл., функциональная топография – 560 иссл., телерентгенография – 210 иссл., МРТ - 96 иссл., фМРТ – 210 иссл.), рентгенологические – 105 иссл.) и статистической обработкой данных с корреляционным анализом по Пирсону. Добровольное участие пациентов в исследовании подтверждалось их письменным согласием.

Результаты исследования доложены на Научной конференции «Дорсопатия – междисциплинарная патология» (Москва, 2013); 90-м конгрессе Европейского общества ортодонтотв (Варшава, 2014); VI Международном конгрессе «Санаторно-курортное оздоровление, лечение и реабилитация больных социально значимыми и профессиональными заболеваниями» (Сочи, 2014); 16 Съезде ортодонтотв России (Санкт-Петербург, 2014); 91-м конгрессе Европейского общества ортодонтотв (Венеция, 2015); 9-м Всемирном конгрессе Международного общества физической и реабилитационной медицины (Берлин, 2015); 20-м Европейском конгрессе физической и реабилитационной медицины (Лиссабон, 2016); на конгрессе «Медицина для спорта 2016» (Москва, 2016); 17 Съезде ортодонтотв России (Санкт-Петербург, 2016); Европейской конференции по радиологии (Вена, 2017); «20 Съезде ортодонтотв России» (Сочи, 2019).

Апробация диссертации проведена на совместном заседании сотрудников отделения функциональной диагностики, ортодонтического отделения, отдела

лучевой диагностики, отделения детской госпитальной ортодонтии ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России 11 апреля 2019 года.

Внедрение результатов исследования

Материалы используются в учебном процессе при обучении ординаторов и аспирантов и внедрены в ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России.

Личный вклад автора в выполнение работы

Автор принимал непосредственное участие на всех этапах выполнения данного исследования: анализ научной литературы по выбранной теме, проведение клинических исследований, отбор пациентов, удовлетворяющих критериям включения в исследование, составление плана клинико-функциональных исследований и последующего ортодонтического лечения 105 пациентов, последующего наблюдения с применением клинических и функциональных методов, статистическая обработка данных с корреляционным анализом по Пирсону и анализ полученных результатов.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 22 научных работы, из них 13 в журналах, рекомендованных ВАК.

Объем и структура работы

Диссертационная работа изложена на 273 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, обсуждения результатов собственных исследований и заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Список литературы содержит 241 источник, из них отечественных – 125, зарубежных – 116. Диссертационная работа содержит 55 таблиц, иллюстрирована 46 рисунками.

Содержание работы

Материал и методы исследования

Для решения цели и задач исследования было обследовано 105 человек с дистальной окклюзией зубных рядов (ДОЗР), в возрасте от 18 до 35 лет, из них 56 женщин и 49 мужчин.

Все пациенты были разделены на 2 группы, по виду применяемой аппаратуры, которые в свою очередь делились на 2 подгруппы по гендерному признаку.

В 1-ю группу вошли 54 пациента в возрасте 18-35 лет с ДОЗР, которым лечение проводили с применением самолигирующих систем с ангулированным

пазом (брекет-система Damon-clear, фирмы Ormco, США) и функционального несъемного телескопического аппарата Twin Force Bite Corrector Double Lock, фирмы Orto organizers (США).

В подгруппу 1а вошли 29 (27,6%) женщин, в подгруппу 1б вошли 25 (23,8%) мужчин.

Во 2-ю группу вошли 51 пациент в возрасте 18-35 лет с ДОЗР, лечение которым проводили с применением ортодонтических капп 3D Smile (фирма «ДОММАР», РФ), которые позволили провести коррекцию положения зубов в трех плоскостях: вертикальной, трансверсальной и сагиттальной, которые были разделены на 2 подгруппы – 2а и 2б.

В подгруппу 2а вошли 27 (25,7%) женщин, в подгруппу 2б вошли 24 (22,9%) мужчины.

Критерии включения:

- пациенты в возрасте 18-35 лет с ДОЗР (зубоальвеолярная форма):
- симметрия в работе жевательной мускулатуры,
- норма или субнорма по значению интегрального индекса – нарушения ориентации и формы туловища, при проведении оптической компьютерной топографии,
- преобладание в работе правой руки над левой, так называемая «праворукость», так как у правшей и левшей разное напряжение мышц спины и шеи, обеспечивающие подобный двигательный стереотип).

Критерии исключения:

- другая патология прикуса,
- выраженная асимметрия в работе жевательной мускулатуры,
- преобладание в работе левой руки – левши.

Динамическое наблюдение в 1-ой группе проводили в 5 этапов: 1-ый этап - до лечения; 2-ой этап - перед постановкой аппарата Twin Force; 3-ий этап сразу после снятия аппарата Twin Force(срок ношения составил 3-6 месяцев); 4-ый этап - после снятия ортодонтической аппаратуры; 5-ый этап, спустя 6 месяцев, после окончания ортодонтического лечения. Средний срок лечения в группе 1 составил 1,7 года.

Динамическое обследование во 2-ой группе, проводили в 4 этапа: 1-эй этап - до лечения; 2-ой этап - спустя 6 месяцев от начала лечения; 3-ий этап - после снятия ортодонтической каппы; 4-ый этап, спустя 6 месяцев, после окончания ортодонтического лечения. Средний срок лечения в группе 2 составил 2,1 года.

Ортодонтическое лечение состояло из следующих фаз:

- а) Фаза нивелирования и дистального перемещения зубов;
- б) Фаза стягивания;
- в) Фаза установки в вертикальном положении;

- г) Фаза коррекции;
- д) Фаза юстировки;
- е) Фаза ретенции.

Эффективность ортодонтического лечения оценивалась по данным клинико-рентгенологических, антропометрических и функциональных методов исследования – электромиографии, функциональной магнитно-резонансной томографии – фМРТ, стабилотрии и компьютерной оптической топографии.

Клиническое обследование пациентов проводили по стандартной методике, которая включала выяснение жалоб, сбор анамнеза жизни и заболевания, осмотр лица в профиль и анфас. Во время беседы с пациентами обращали внимание на произношение отдельных звуков, тип дыхания, глотание и мимику. При осмотре полости рта определяли состояние слизистой оболочки, преддверия и собственно полости рта, положение отдельных зубов, форму и размеры зубных дуг, смыкание и зубных рядов.

При измерении гипсовых моделей челюстей определяли величину, форму и положение отдельных зубов, форму и размеры зубных рядов, симметричность их сегментов, тип смыкания зубных рядов. Изучение диагностических моделей челюстей проводили по общепринятым методам: Пона (Pont), Коркхауза (Korkhaus).

Методом ортопантомографии с помощью установки VARAVIEWEPOCS S (ф. J. Morita MFG. Corp., Япония) было изучено состояние зубов, зубных рядов, пародонта, расположение подъязычной кости; величина носовой полости и гайморовых пазух; расположение суставных головок в суставных ямках; ветви и углы нижней челюсти.

С помощью установки VARAVIEWEPOCS S (ф. J. Morita MFG. Corp., Япония) *на телерентгенограммах* головы в боковой проекции проводили определение профильного типа лица: с измерением углов положения и инклинации челюстей друг к другу и к плоскости переднего отдела основания черепа. Проводилось измерение размера нижней трети лица по Rickets. Определение наклона апикальных базисов челюстей. А также измерялось положение верхних 6-х зубов относительно линии К.

Для определения биоэлектрической активности собственно жевательных, височных, надподъязычных, грудинно-ключично-сосцевидных и трапециевидных мышц проводили поверхностную электромиографию при помощи прибора «Синапсис» (Россия).

Анализируя данные ЭМГ, оценивались качественные (динамика, ритмичность, координация, насыщенность) и количественные: максимальная амплитуда биоэлектрической активности (БЭА).

Биоэлектрическая активность всех исследуемых мышц, измерялась в состоянии покоя (биопотенциал покоя) и с использованием функциональных проб (биопотенциал действия).

Для оценки постурального статуса проводили метод стабилотрии с помощью стабилотформы ST-150 (Россия).

Для интерпретации результатов стабилотрического исследования использовалось программное обеспечение Stabip (Биософт-М, Россия) и определялись следующие параметры: X - координаты положения центра давления во фронтальной плоскости (мм); Y - координаты положения центра давления в горизонтальной плоскости (мм); L - длина пути статокинезиограммы (мм); V - скорость статокинезиограммы (мм/с); S - площадь статокинезиограммы (мм²); E_i – индекс энергозатрат, для поддержания вертикальной стойки (Дж).

Протокол стабилотрического исследования состоял из двух функциональных проб: глаза открыты; глаза закрыты.

Комплексная диагностика включала мониторинг состояния осанки, который проводился с помощью прибора «Топограф компьютерный оптический бесконтактный определения деформации позвоночника ТОДП», Россия (Рег. уд. ФСЗСР №ФС 02010038/3533-06).

Для диагностики пространственного положения основных звеньев туловища использовались следующие параметры: во фронтальной плоскости – перекос плечевого пояса относительно горизонтали (⁰), перекос углов лопаток относительно горизонтали (⁰), перекос тазового пояса относительно горизонтали (⁰), наклон туловища относительно вертикали (⁰); в горизонтальной плоскости – поворот плечевого пояса (⁰), поворот углов лопаток (⁰), поворот тазового пояса (⁰), угол скручивания туловища (⁰); в сагиттальной плоскости – наклон таза относительно вертикали кпереди (⁰), наклон туловища относительно вертикали (⁰).

Состояние позвоночного столба оценивалась по следующим параметрам: боковое отклонение линии остистых отростков от средней линии туловища C7-S3 во фронтальной плоскости (влево и вправо) (мм); физиологические изгибы позвоночника в сагиттальной плоскости – высота дуги поясничного лордоза (мм), высота дуги грудного кифоза (мм). А также оценивались интегральные индексы нарушений ориентации и формы туловища: общий интегральный индекс; интегральный индекс во фронтальной плоскости; интегральный индекс в горизонтальной плоскости; интегральный индекс в сагиттальной плоскости.

Метод функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) проводили с помощью томографа Siemens Magnetom Avanto (ФРГ) с напряженностью магнитного поля 1,5Т в Центре лучевой диагностики ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» МЗ РФ.

Оценивали следующие показатели фМРТ – коэффициент латерализации, объем зоны активации коры головного мозга (в вокселях). Индекс латерализации позволяет оценить симметрию работы моторной коры. Значения индекса более 0,1 принимали в качестве порогового значения для определения функциональной асимметрии моторной коры. При значении индекса менее 0,1 активность моторных зон двух полушарий мозга определялась как симметричная. Размер вокселя функциональных изображений составил 3,6 мм x 3,6 мм x 4 мм.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием метода вариационной статистики с применением критерия Стьюдента с проведением корреляционного анализа по Пирсону (Кп) и при помощи компьютерных программ Microsoft Excel и Microsoft Access.

Результаты собственных исследований и их обсуждение

По данным клинического обследования пациентов, были определены характерные признаки для изучаемых видов аномалий окклюзии.

При внешнем осмотре пациентов с ДОЗР явных асимметрий и аномалий лица не выявлено. По положению резцов пациенты с ДОЗР распределились следующим образом: у 42(40%) человек – нормальное резцовое перекрытие; у 34(32,4%) человек – глубокая резцовая окклюзия; у 11(10,5%) человек – глубокая резцовая дизокклюзия, из них у 6 (5,7%) человек с протрузией резцов, у 5 (4,8%) человек с ретрузией резцов; у 18(17,1%) человек – сагиттальная резцовая дизокклюзия, сагиттальная щель не превышала 3 мм [Markova M.V. et al., 2014; Ivanov V.V. et al., 2016].

Биометрический анализ гипсовых моделей до ортодонтического лечения показал, что выявлено сужение зубных рядов в области первых верхних и нижних премоляров, равное $3,83 \pm 0,33$ мм ($p < 0,001$) и $3,21 \pm 0,71$ мм ($p < 0,01$), соответственно. Сужение между верхними и нижними первыми молярами составило $4,99 \pm 1,12$ мм ($p < 0,001$) и $5,52 \pm 2,69$ мм ($p < 0,05$), соответственно. Отмечено увеличение длины переднего отрезка верхнего зубного ряда (по Korkhaus) на $1,30 \pm 0,17$ мм ($p \leq 0,05$), укорочение переднего отрезка нижнего зубного ряда на $0,55 \pm 0,01$ мм ($p \geq 0,05$) (Таблица 1).

Таким образом, при изучении диагностических моделей, полученных до лечения, было выявлено достоверное сужение верхнего и нижнего зубных рядов, а также удлинение переднего отрезка верхнего зубного ряда.

После окончания ортодонтического лечения в области первых верхних и нижних премоляров произошло расширение зубного ряда на $4,23 \pm 0,41$ мм ($p < 0,001$) и на $2,80 \pm 0,21$ мм ($p < 0,01$), соответственно.

Таблица 1 - Показатели биометрических измерений гипсовых моделей челюстей у пациентов с ДОЗР до и после ортодонтического лечения

	Ширина зубного ряда между зубами 1.4- 2.4 (мм)	Ширина зубного ряда между зубами 1.6- 2.6 (мм)	Ширина зубного ряда между зубами 3.4- 4.4 (мм)	Ширина зубного ряда между зубами 3.6- 4.6 (мм)	Длина переднего сегмента верхнего зубного ряда (мм)	Длина переднего сегмента нижнего зубного ряда (мм)
До лечения	34,89 ±1,53	47,11±0,95	35,71 ±1,63	46,72±1,34	19,55±0,36	16,34± 0,68
После лечения	39,12± 0,38	51,90 ±0,74	38,51 ±0,64	53,31± 0,85	18,46± 0,28	17,10 ±0,67
Норма	38,72± 0,47	52,10 ±0,80	38,92 ±0,79	52,31± 0,85	18,25± 0,15	16,89 ±0,54
Различие (с нормой)	-3,83±0,33	-4,99±1,12	-3,21±0,71	-5,59±2,69	1,30±0,17	-0,55±0,01
Различие (с исходными данными)	-4,23±0,41	-4,79±0,92	-2,80±0,21	-6,59±0,87	1,09±0,07	-0,76±0,02
p ₁	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,05	>0,05
p ₂	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	>0,05	>0,05

Примечание: p₁ – достоверность различия по сравнению с нормой, p₂ – достоверность различия по сравнению с исходными данными

Ширина зубного ряда в области первых моляров верхней и нижней челюсти также возросла на 4,79±0,92 мм (p<0,001) и 6,59±0,87 мм (p<0,05), соответственно. Достигнуто уменьшение переднего сегмента верхнего зубного ряда на 1,09±0,07 мм (p>0,05) и увеличение переднего сегмента нижнего зубного ряда на 0,76±0,02 мм (p>0,05). После проведения ортодонтического лечения произошло достоверное увеличение верхнего и нижнего зубных рядов, а также нормализация переднего сегмента верхнего и нижнего зубных рядов. Подобный результат согласуется с данными других авторов [Ленько Т.Н., 2008; Арсенина О.И., 2009; Маркова М.В., 2011; Бароева И.В., 2015; Грачев Н.С. и др., 2017].

Результаты изучения ТРГ в боковой проекции и ОПТГ показал, что у 74% пациентов наблюдался дефицит места для третьих моляров. Среднее значение \angle SNA до ортодонтического лечения составило 84,0±3,0°, что сохранялось и после лечения. Показатель положения нижней челюсти до лечения \angle SNB составил 77,0±3,0°, что не изменилось и после лечения. Полученные данные свидетельствовали, что у всех пациентов преобладала зубоальвеолярная форма дистальной окклюзии. Достоверным изменениям подверглось расстояние от дистального края U6 до линии К (70,5±1,5мм до лечения; после - 67,0±0,6мм, p<0,05). Таким образом, по данным цефалометрического анализа боковой ТРГ, можно заключить, что коррекция положения зубов у пациентов с ДОЗР осуществлялась за счет дистализирующего эффекта ортодонтической аппаратуры. Применение аппарата Twin Force приводило к дистальному смещению зубов верхней челюсти, примерно также, как и лечение с применением ортодонтических

капп. Полученные данные согласуются с рядом других авторов [Маркова М.В., 2011; Верзилова М.В., 2013; Попов С.А., 2013].

Анализ результатов магнитно-резонансной томографии ВНЧС показал, что из 105 обследованных у 48 (45,7%) пациентов было установлено нарушение функции ВНЧС разной степени выраженности. Полная вентральная дислокация диска с репозицией встречалась после лечения у 18 (17,1%) человек. Дегенеративные изменения суставных дисков были выявлены у 14 (13,3%) человек. Такой показатель как гипермобильность сустава после лечения остался неизменным и составил 8,6%. Количество выявленной внутрисуставной жидкости после лечения снизилось в 2 раза, до 6 (5,7%) человек.

Проведенное ортодонтическое лечение не вызвало значительных изменений большинства признаков дисфункции ВНЧС в положительную сторону, некоторые же из них сохранили свою неизменность после лечения. Подобные результаты связаны с длительностью течения патологических процессов, протекающих в ВНЧС, что привело к необратимым структурным нарушениям, неподдающихся консервативной терапии, что согласуется с данными других авторов [Надточий А.Г., Арсенина О.И., Ленъко Т.Н., Хубулова Н.З., 2006; Арсенина О.И., 2009, 2016].

По данным электромиографии (ЭМГ) было установлено, что в *группе 1 (в подгруппах 1а и 1б)* на 1-ом этапе лечения не был зафиксирован повышенный биопотенциал покоя в жевательных мышцах и в группе надподъязычных мышц. Наибольший рост биопотенциала жевательной мускулатуры справа был зафиксирован на этапе 2 в период основного расширения зубных дуг и уменьшения количества и качества окклюзионных контактов. При этом, значения показателя выросли в 1,7 – 3,0 р. ($p < 0,001$), на 3 этапе лечения, после снятия аппарата Twin Force, биопотенциал покоя жевательных мышц справа в *подгруппе 1а и 1б* увеличился еще в 1,6 р. и в 1,8 р. ($p < 0,001$), соответственно, и вернулся к исходным значениям на 4-ом и 5-ом этапах. (Таблица 2, Рисунок 1,2).

По данным ЭМГ в этих подгруппах на 1-ом этапе лечения был зафиксирован преобладающий биопотенциал действия височных мышц над собственно жевательными как с правой, так и с левой стороны. На 2-ом этапе на момент снижения количества окклюзионных контактов, произошло снижение биопотенциала действия жевательных мышц с двух сторон в 1,6 – 2,0 р. ($p < 0,001$), что продолжилось и на 3-ем этапе лечения в *подгруппе 1а* в 1,3 р. ($p < 0,01$), а в *подгруппе 1б*, показатели остались неизменными. Биопотенциал действия надподъязычных мышц возрос в 1,1 – 1,2 р. ($p < 0,01$). Подобные изменения происходили на фоне сформировавшегося под действием аппарата Twin Force протрузионного положения нижней челюсти с формированием окклюзионных контактов во фронтальном отделе.

Таблица 2 – Динамика биоэлектрической активности жевательных мышц в группе 1

Наименование мышцы		Амплитуда биоэлектрического потенциала жевательных мышц в покое												Амплитуда биоэлектрического потенциала действия жевательных мышц											
		m.temporalis D.(мкВ)		m.temporalis S.(мкВ)		m. masseter D.(мкВ)		m. masseter S.(мкВ)		Надподъязычные D.(мкВ)		Надподъязычные S.(мкВ)		m.temporalis D.(мкВ)		m.temporalis S.(мкВ)		m. masseter D.(мкВ)		m. masseter S.(мкВ)		Надподъязычные D.(мкВ)		Надподъязычные S.(мкВ)	
		Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б
Период лечения	До лечения, этап 1	3,2± 0,41	4,5+ 0,7	6,00± 1,81	3,7+ 0,38	4,2± 0,68	5,2+ 0,45	2,2± 0,31	7+ 0,92	5,00± 0,81	3,5+ 0,04	5,00± 0,69	5,5+ 0,6	1868,2± 195,56	2365,5 ± 251,3	1942,6± 210,09	2318,5± 198,3	1527,2± 134,31	2687,5 ± 247,34	1481,8± 152,08	2742,5± 283,5	365,4± 40,03	530,00± 48,6	370,6± 35,74	492,5± 50,5
	Перед Twin Forge, этап 2	6,2± 0,73*	6,4+ 0,82*	7,2± 0,73	10,3+ 1,83*	8,2± 1,1*	8,4+ 1,1*	5,00± 0,78*	7,5+ 0,45	5,4± 0,94	5,5+ 0,62*	4,6± 0,55	6,1+ 0,83	847,6± 98,25*	1605,00± 148,7*	860± 82,3*	1445±1 36,7*	714,8± 62,13*	1517,00 ± 160,1*	787,4± 58,35*	1569,5± 148,4*	383,2± 34,74	520,00± 39,5	414,00± 49,7	517,5± 48,2
	После Twin Forge, этап 3	12,2± 1,5*, *	10,1+ 1,47*, **	11,4± 2,13*, **	11,7+ 2,35*	10,6± 1,32*, **	8,2+ 0,73	8,4± 1,01*, **	9,5+ 1,55*, **	3,00± 0,28*, **	5,5+ 0,71*	3,2± 0,41*, **	5,6+ 0,5**	805± 67,46*	1585,00± 161,2*	642,2± 70,71*	1577,5± 160,3*	594,4± 55,63*, **	1424,00 ± 138,7*	542,00± 60,5*, ***	1412,6± 136,5*	474,6± 52,49*, **	590,52± 40,3*, **	554,4± 61,62*	560,4± 50,82*
	После снятия, этап 4	4,6± 0,52*, ***	4,2+ 0,6**, ***	6,8± 0,61 ***	3,25+ 0,42 ***	3,6± 0,44*, **	5,5+ 0,7**, ***	5,5± 0,42*, ***	4,5+ 0,3*, ***	4,4± 0,39 ***	4+ 0,37*, ***	4,8± 0,68 ***	4,6+ 0,48* *	874,6± 91,99*	2067,65± 189,5*, ***	982,6± 89,1*, **	1920,24 ±187,6* ***	900,2± 87,66*, **	1867,85 ± 191,2*, ***	837,00± 74,89*, ***	1987,41± 212,72*, ***	443,6± 47,75*, **	535,5± 47,65	416,4± 34,67** *	516,6± 58,71 ***
	Спустя 6 месяцев после окончания лечения, этап 5	3,5± 0,67*, ***	4,6+ 0,52*, **	4,55± 0,37 ***	3,51+ 0,27 ***	4,1± 0,56 ***	4,9+ 0,38* ***	4,1± 0,65*, ***	5,2+ 0,61*, ***	4,3± 0,74 ***	3,5+ 0,42* ***	4,35± 0,47 ***	4,9+ 0,35* *	1428,25 ± 127,68* ***	1987,1± 203,45*, **	1441,45 ± 151,65*, ***	1820,15 ±178,5* ***	1502,15± 113,98 ***	1910,40 ±202,45 ***	1398,55 ± 92,13 ***	1874,8± 178,5*, **	407,25± 39,01 ***	467,63± 50,1***	423,0± 51,43** *	525,73± 54,1 ***

Примечание: * достоверные различия между 1-ым и 2-ым этапом лечения при $p < 0,001$; ** достоверность различия между 2-ым и последующими этапами лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,01$; *** достоверность различия между 3-им и последующими этапами лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,01$; **** достоверность различия между 4-ым и 5-ым этапом при $p < 0,001$ до $p < 0,01$.

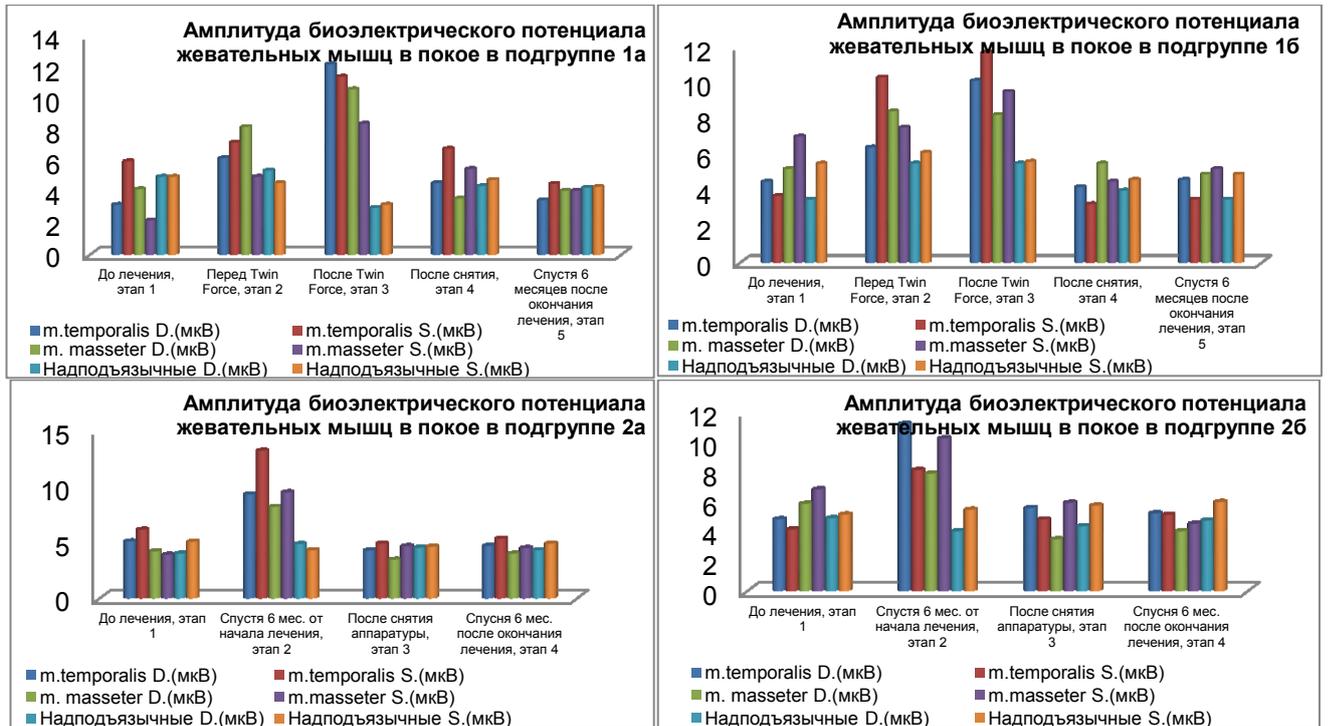


Рисунок 1 – Динамика биопотенциала жевательных мышц в покое в процессе ортодонтического лечения

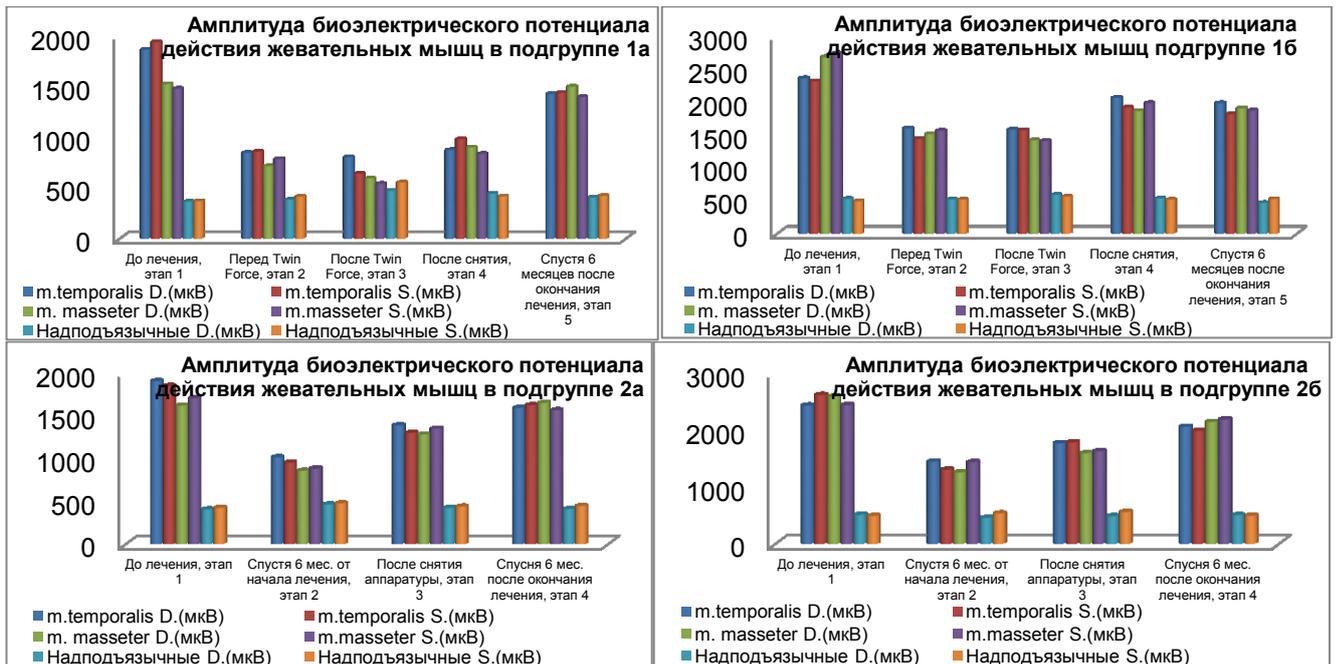


Рисунок 2 – Динамика биопотенциала действия жевательных мышц в процессе ортодонтического лечения

На 4-ом этапе, *биопотенциал действия* жевательной мускулатуры увеличился в 1,3 р. ($p < 0,01$) и уменьшился в группе надподъязычных мышц в *подгруппе 1а* в 1,3 р. ($p < 0,01$) с двух сторон и в 1,1 р. ($p < 0,05$) в *подгруппе 1б* слева и далее оставался неизменным. На 5 этапе биопотенциал действия в *подгруппе 1а* вырос в

1,7 p. ($p < 0,01$) относительно 4 этапа, в *подгруппе 1 б* оставался неизменным. Суммарный биопотенциал жевательных мышц, будучи составным показателем, менялся в процессе лечения соответственно изменениям жевательной мускулатуры.

Также в подгруппе 1а, отмечалось снижение биопотенциала покоя и действия грудинно-ключично-сосцевидной и трапециевидной мышц. В процессе лечения особо обращает на себя внимание снижение биопотенциала действия трапециевидной мышцы, который снизился на 2-ом этапе справа и слева в 1,1 - 1,2 p. ($p < 0,05$); на 3-ем этапе в 1,4 p. ($p < 0,01$) с двух сторон, после снятия аппарата Twin Force, что сохранялось на 4-ом и 5-ом этапе, что коррелировало с динамикой жевательной мускулатуры.

Динамика *биопотенциала действия* грудинно-ключично-сосцевидной мышцы в процессе ортодонтического лечения была различной (Таблица 3, Рисунок 3). Наиболее значимым результатом явилось снижение биопотенциала действия грудинно-ключично-сосцевидной мышцы с двух сторон к 5-му этапу лечения относительно 1-го этапа в 1,6 p. ($p < 0,001$), что коррелировало со снижением биопотенциала действия трапециевидной мышцы на 5-ом этапе по отношению к началу лечения.

В *подгруппе 1б* динамика биопотенциала покоя и действия этой группы мышц была аналогичной.

Полученные данные свидетельствовали о реакции функциональных мышечных групп туловища на изменения биоэлектрической активности, происходящей в жевательной мускулатуре в процессе ортодонтического лечения.

Во *2 группе, подгруппах 2 а и 2 б*, повышение *биопотенциала покоя* жевательных мышц зафиксировано на 2 этапе ортодонтического лечения в 1,5-2,0 p. ($p < 0,001$). Данный этап характеризовался расширением зубных дуг и устранением скученности зубов. Впоследствии по мере увеличения количества окклюзионных контактов и адаптации зубочелюстной системы к новому взаиморасположению челюстей на 3-ем и 4-ом этапах, происходило снижение биопотенциала покоя до исходного уровня.

При этом, снижение *биопотенциала действия* жевательных мышц отмечали также на 2-ом этапе лечения в среднем в 1,9 p. ($p < 0,001$), что обусловлено изменением количества и качества окклюзионных контактов вследствие расширения зубных дуг.

На 3-ем этапе ортодонтического лечения, после снятия ортодонтической аппаратуры, биопотенциал действия жевательных мышц с двух сторон повышался в среднем в 1,3-1,4 p. ($p < 0,01$).

Таблица 3 -Динамика изменений биоэлектрического потенциала действия m. sternocleidomastoideus, m. trapezius в группе 1 в процессе лечения.

Наименование мышцы		Амплитуда биоэлектрического потенциала											
		sternocleidomastoideus D.(мкВ)		sternocleidomastoid eus S.(мкВ)		sternocleidomastoid eus D.(мкВ)		sternocleidomastoid eus S.(мкВ)		trapezius D.(мкВ)		trapezius S.(мкВ)	
Функциональная проба		Поворот головы влево		Поворот головы влево		Поворот головы вправо		Поворот головы вправо		Поднятие плечей		Поднятие плечей	
		Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б
Период лечения	До лечения, этап 1	339,0± 41,21	669± 72,3	109,6± 9,12	146,5± 16,5	130,8± 11,84	164± 16,2	401,4± 34,85	720,0± 69,8	901,4± 79,63	1656,5± 171,7	945,2± 87,69	1782,5± 183,4
	Перед Twin Force, этап 2	249,6± 19,75*	740,5± 81,2	102,0± 11,47	141,5± 13,5	148,0± 15,36*	151,5± 14,9	374,8± 41,57	704,2± 64,2	798,6± 64,35*	1202± 110,9*	815,6± 76,37*	1390,5± 127,5*
	После Twin Force, этап 3	321,2± 28,99**	600± 58,9**	103,2± 8,74	127,82± 12,2	110,0± 9,47*,**	144,5± 15,7	373,8± 28,75	767,0± 80,2	596,2± 51,77*,* *	1400± 134,8*,* *	523,6± 49,21*,**	1248,5± 139,4*
	После снятия, этап 4	280,8± 31,16*,* **	641,5± 72,5	77,2± 5,41*,**, ***	132,5± 14,5	132,6± 11,72***	145,9± 13,8	358,0± 39,24*,	801,1± 74,6**	565,6± 60,99*,* *	1578,03± 167,5**	474,2± 37,59*,**	1398,5± 142,8*
	Спустя 6 месяцев после окончания лечения, этап 5	266,55± 30,15*,* **	650,5± 64,8	128,1± 10,32*, **,***,* ***	142± 13,74	115,25± 8,81*, **,****	157,5± 16,3	305,1± 27,62*,* *,***,** **	780,00± 69,5	556,4± 49,03*,* *	1330,4± 128,5*, ****	550,7± 42,07*,**	1284,6± 116,7*

Примечание: * достоверные различия между 1-ым и последующим этапом лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,05$; ** достоверность различия между 2-ым и последующими этапами лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,05$; *** достоверность различия между 3-им и последующими этапами лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,05$; **** достоверность различия между 4-ым и 5-ым этапом при $p < 0,001$ до $p < 0,05$.

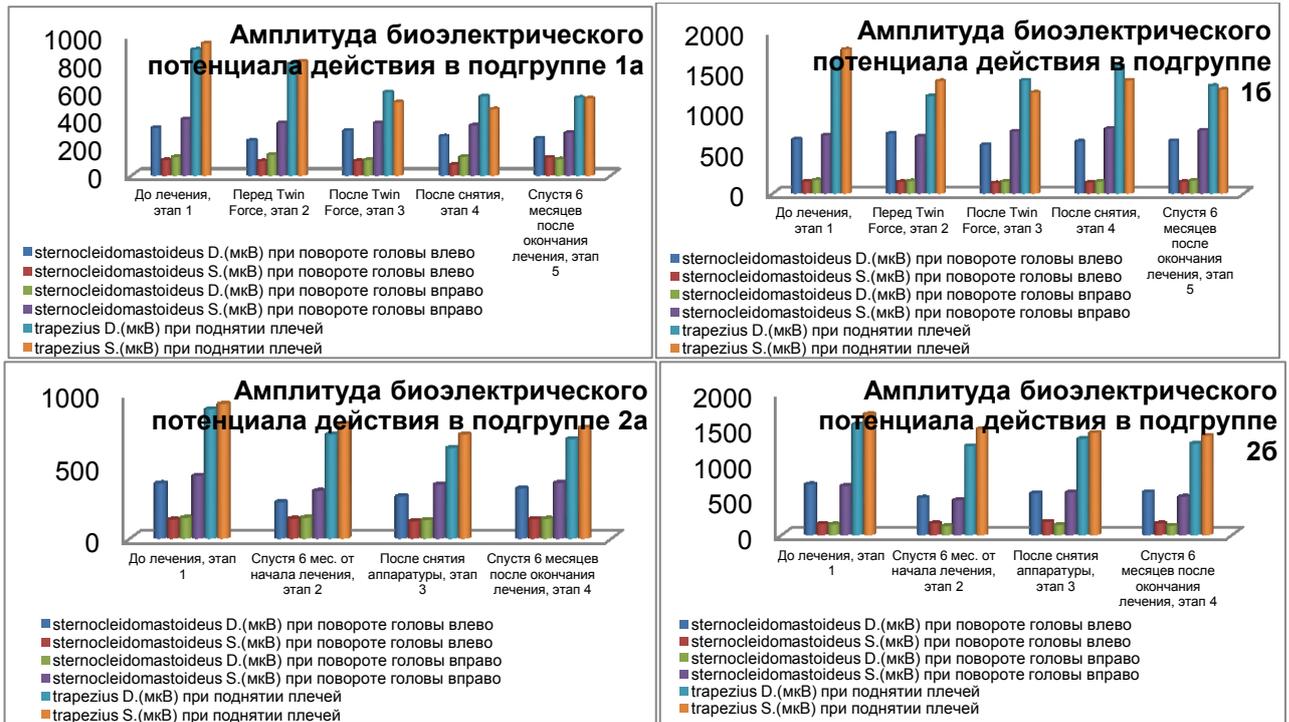


Рисунок 3 - Динамика биопотенциала действия *m. sternocleidomastoideus* и *m. trapezius* в процессе ортодонтического лечения

На 4-ом этапе по мере увеличения окклюзионных контактов и перестройки жевательной мускулатуры в связи с изменением взаиморасположения челюстей, биопотенциал действия увеличивался в 1,3-1,4 р. ($p < 0,01$) относительно 3 этапа. Достоверных изменений в динамике биопотенциала действия надподъязычных мышц на этапах ортодонтического лечения не было отмечено (Таблица 4, см. Рисунок 1,2).

Динамика суммарного биопотенциала жевательных и надподъязычных мышц справа и слева в подгруппе 2а и 2б, соответствовала динамике биопотенциала жевательной мускулатуры в процессе лечения.

В подгруппе 2а и 2б на 2-ом этапе лечения произошло снижение биопотенциала действия грудинно-ключично-сосцевидной и трапециевидной мышц в среднем в 1,3 р. ($p < 0,05$), что коррелировало со снижением биопотенциала действия жевательной мускулатуры на фоне уменьшения количества окклюзионных контактов (Таблица 5, см. Рисунок 3). На 3-ем этапе отмечали вновь повышение биопотенциала грудинно-ключично-сосцевидных мышц при пробе поворот головы вправо в 1,2 р. ($p < 0,01$).

На 4-ом этапе лечения, спустя 6 месяцев после снятия аппаратуры, биопотенциал действия грудинно-ключично-сосцевидной и трапециевидной мышц оставался сниженным относительно 1-го этапа лечения, как и потенциал действия жевательной мускулатуры.

Таблица 4 – Динамика биоэлектрической активности жевательных мышц в группе 2

Наименование мышцы		Амплитуда биоэлектрического потенциала жевательных мышц в покое												Амплитуда биоэлектрического потенциала действия жевательных мышц											
		m.temporalis D.(мкВ)		m.temporalis S.(мкВ)		m. masseter D.(мкВ)		m.masseter S.(мкВ)		Надподъязычные D.(мкВ)		Надподъязычные S.(мкВ)		m.temporalis D.(мкВ)		m.temporalis S.(мкВ)		m. masseter D.(мкВ)		m.masseter S.(мкВ)		Надподъязычные D.(мкВ)		Надподъязычные S.(мкВ)	
		Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б
Период лечения	До лечения. Этап 1.	5,1±0,61	4,8±0,52	6,15±1,03	4,12±0,81	4,2±0,68	5,84±0,64	3,9±0,42	6,81±0,71	4,00±0,73	4,87±0,66	5,07±0,67	5,12±0,49	1901,4±210,32	2428,4±275,35	1843,7±192,54	2615,5±283,43	1615,4±178,23	2587,0±241,74	1701,54±182,62	2436,3±218,26	405,15±51,44	512,23±41,28	423,67±45,72	489,63±54,63
	Спустя 6 месяцев от начала лечения. Этап 2.	9,3±0,81*	11,2±1,45*	13,2±0,73*	8,1±0,91*	8,2±1,3*	7,86±0,92*	9,49±1,31*	10,23±1,54*	4,86±0,62	4,0±0,72	4,3±0,52	5,44±0,67	1015,6±124,53*	1448,1±162,45*	952,68±87,24*	1304,5±145,38*	857,22±92,13*	1257,6±134,72*	882,64±79,14*	1439,6±150,12*	462,67±38,15	456,65±52,17	475,78±51,32	534,83±48,18
	После снятия аппаратуры. Этап 3.	4,29±0,49*	5,56±0,57*	4,9±0,61*	4,79±0,58*	3,46±0,44*	3,46±0,44*	4,67±0,72*	5,9±0,83*	4,53±0,57	4,33±0,48	4,62±0,59	5,72±0,64	1386,81±142,91***	1768,6±181,32**,	1298,65±123,17***	1784,4±172,45**,	1281,16±132,22*,	1595,2±164,72**,	1348,46±142,26***	1632,3±158,73*	422,87±43,6	486,37±45,13	438,15±49,51	560,56±60,11
	Спустя 6 месяцев после окончания лечения. Этап 4.	4,7±0,58*	5,2±0,68**	5,35±0,48*	5,11±0,72*	4,0±0,52*	4,0±0,52**	4,5±0,53*	4,5±0,53***	4,3±0,61	4,72±0,58	4,9±0,48	5,96±0,81	1588,72±162,13***	2057,3±215,78***	1621,15±145,81*,	1987,1±246,24**,	1648,71±158,34***	2141,5±195,63***	1562,92±168,32*,	2185,7±242,51***	410,34±47,13	505,73±61,44	445,67±54,86	494,62±52,43

Примечание: * достоверность между 1-ым и последующими этапами лечения при коэффициенте достоверности $p < 0,001$; ** достоверность между 2-ым и последующими этапами лечения при коэффициенте достоверности $p < 0,001$.

Таблица 5 - Динамика биоэлектрического потенциала действия m. sternocleidomastoideus, m. trapezius в группе 2 на этапах наблюдений

Наименование мышцы		Амплитуда биоэлектрического потенциала											
		sternocleidomastoideus D.(мкВ)		sternocleidomastoid eus S.(мкВ)		sternocleidomastoideus D.(мкВ)		sternocleidomastoideu s S.(мкВ)		trapezius D.(мкВ)		trapezius S.(мкВ)	
Функциональная проба		Поворот головы влево		Поворот головы влево		Поворот головы вправо		Поворот головы вправо		Поднятие плечей		Поднятие плечей	
		Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б	Подгруппа 2а	Подгруппа 2б
Период лечения	До лечения. Этап 1.	379,0± 51,24	710,4± 81,2	128,7± 13,21	151,4± 22,16	140,7± 13,62	145,3± 15,2	431,3± 42,35	686,3± 75,5	890,7± 91,46	1554,4± 180,7	927,6± 85,23	1697,5± 176,3
	Спустя 6 месяцев от начала лечения. Этап 2.	249,6± 19,75*	520,7± 62,6*	134,7± 12,27	160,42± 19,6	141,4± 13,56	120,6± 13,3*	326,8± 32,57*	485,6+ 52,7*	715,6± 81,42*	1247,6± 134,4*	790,3± 66,13*	1488,6± 152,1
	После снятия аппаратуры. Этап 3.	289,4± 32,15*,**	584,5± 60,9	116,3± 14,6**	182,1± 28,3	125,8± 12,71	136,45± 16,7	370,0± 51,73	595,3± 67,3**	623,4± 70,41*	1350,4± 145,7	715,78± 59,42*	1436,4± 160,3*
	Спустя 6 месяцев после окончания лечения. Этап 4.	343,1± 28,41**,** *	600,4± 78,6*	131,8± 14,23	159,3± 18,4	134,2± 14,65	127,7± 14,5	381,6± 44,7	535,6± 58,2*	684,1± 64,37*	1281,5± 152,7*	763,1± 68,54*	1394,6± 145,8*

Примечание: * достоверные различия между 1-ым и последующим этапом лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,05$; ** достоверность различия между 2-ым и последующими этапами лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,05$; *** достоверность различия между 3-им и последующими этапами лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,05$.

Таким образом, следует отметить, что во всех группах обследуемых, основное снижение биопотенциала действия жевательных мышц, было связано со снижением количества окклюзионных контактов, что приводило к перегрузке отдельных групп зубов и активации периодонто-мышечного рефлекса [Рубинов И.С., 1970]. В группе обследуемых 1, лечившихся с применением аппарата Twin Force, подобное снижение было характерно для этапов 2 и 3. Для группы 2 – это в наибольшей степени этап 2. По мере формирования нового окклюзионного соотношения и увеличения числа фиссуно-бугорковых контактов, периодонто-мышечный рефлекс прекращал свое действие, что приводило к восстановлению величины биопотенциала действия, но при этом к 5-му этапу лечения в группе 1 и 4-му этапу группы 2, биопотенциал действия был ниже, чем в начале лечения.

Подобный результат укладывается в концепцию наименьшей энергозатратности для достижения результата любой функциональной системы и как следствие является подтверждением положительного течения приспособительных процессов к вновь сформированным окклюзионным контактам [Анохин П.К., 1968].

При резком изменении количества окклюзионных контактов происходит повышение биопотенциала покоя жевательных мышц. Подобная тенденция прослеживается во всех группах обследуемых, различие лишь состоит в количестве этапов лечения. Так, в группе 1 наиболее высокий биопотенциал покоя выявлен на этапах лечения 2 и 3, а в группе 2 на этапе 2. Именно на этих этапах происходит резкое изменение качества и количества окклюзионных контактов.

Достоверное изменение биопотенциала действия надподъязычных мышц в процессе ортодонтического лечения, являющихся не только антагонистами собственно жевательных и височных мышц, но и мышцами участвующими в поддержании положения головы, происходило только у пациентов группы 1.

Подобная тенденция связана с применением аппарата Twin Force на 2 этапе лечения. Именно в этот период нижняя челюсть занимает переднее положение с минимальным количеством окклюзионных контактов во фронтальном отделе, ведущих к нестабильной мышечно-скелетной позиции, что приводит к рефлекторному сокращению надподъязычной мускулатуры для стабилизации нижней челюсти. Снижение биопотенциала действия височной и собственной жевательной мышц приводило к повышению биопотенциала действия надподъязычных мышц на 3-ем этапе в момент снятия аппарата Twin Force. К 4 и 5 этапу, по ходу нормализации окклюзии активность группы надподъязычных мышц снижалась.

Оценивая динамику изменений биопотенциала покоя трапецевидной и грудинно-ключично-сосцевидной мышц во всех группах пациентов, можно заключить, что достоверно значения изменялись лишь в группе 1. Подобный

результат скорее всего связан с особенностью применяемой аппаратуры. Так, при использовании аппарата Twin Force в *группе 1*, происходит резкое изменение положения нижней челюсти в наибольшей степени, чем в *группе 2*, что влияет на тонус близлежащих мышечных групп (трапециевидная и грудинно-ключично-сосцевидная мышцы) посредством фасций объединяющихся в содружественные функциональные образования. В результате изменение тургора, возникшее в жевательной мускулатуре вследствие ортодонтического лечения, передается по всей функциональной мышечной группе, что имеет свое отражение в колебании биопотенциала покоя. Полученные данные согласуются с данными ряда авторов [Felicio C.M., Sidequesrky F.V., Tartaglia G.M., Sforza C., 2009].

Несмотря на то, что результаты исследования динамики изменения биопотенциала действия грудинно-ключично-сосцевидной и трапециевидной мышц, в каждой группе имеют свою специфику, тем не менее явно видна взаимосвязь между снижением биопотенциала действия жевательной мускулатуры на 2 и 3 этапе в *подгруппах 1а и 1б* и этапе 2 в *подгруппах 2а и 2б* со снижением биопотенциала действия жевательных мышц. Возможно предположить, что такая взаимосвязь обусловлена передачей напряжения по функциональной мышечной группе. При снижении биопотенциала жевательной мускулатуры, снижается биопотенциал мышц в низлежащих регионах. Полученные данные согласуются с результатами ряда авторов [Цимбалистов А.В. и др., 2010; Климова Т.В. и др., 2019] и вносят новые данные о состоянии нейромышечного баланса на этапах ортодонтического лечения.

В результате лечения во всех группах обследуемых, разность биопотенциала жевательной и височной мышц после окончания лечения существенно снижалась, что свидетельствовало о перераспределении активности жевательной мускулатуры с формированием более гармоничного жевательного паттерна.

Результаты изучения функциональной магнитно - резонансной томографии показали, что на 1-ом этапе лечения количество вокселей с правой и левой стороны было фактически одинаковым. К этапу 2 в *группе 1*, произошло снижение количества вокселей слева в 2,0-3,3 р. ($p < 0,001$), справа в 2,0-2,6 р. ($p < 0,001$). Данный этап характеризовался уменьшением количества и качества окклюзионных контактов, что привело к резкому падению биопотенциала действия жевательной мускулатуры. На 3-ем этапе в момент снятия аппарата Twin Force нижняя челюсть занимала, как правило, гиперпротрузионное положение с окклюзией во фронтальном отделе, что приводило к еще большему снижению биопотенциала жевательных мышц. В процессе обследования было выявлено увеличение активных нейронов слева относительно второго этапа в 1,5-2,0 р. ($p < 0,001$), при этом справа количество вокселей в *подгруппе 1а* осталось неизменным, а в *подгруппе 1б* увеличилось в 1,4 р. ($p < 0,001$) (Рисунок 4).

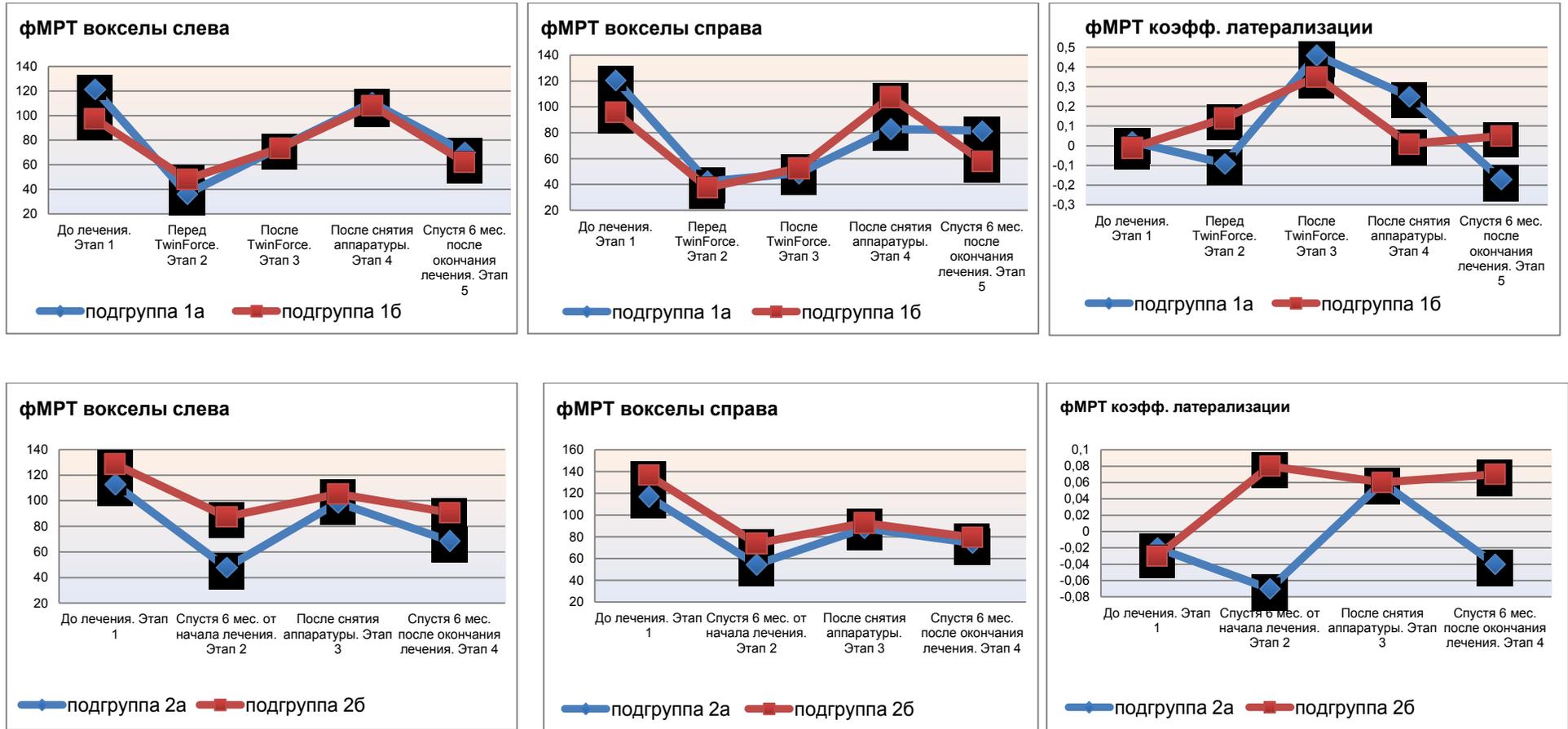


Рисунок 4 – Динамика показателей фМРТ в группах 1 и 2

На 4-ом этапе - этапе окончания активной фазы ортодонтического лечения - на момент увеличения количества окклюзионных контактов и, как следствие, связанное с ним повышение биопотенциала действия жевательной мускулатуры, повысилось достоверно относительно 3-го этапа количество вокселей слева в 1,5-3,0 р. и справа в 2 р. ($p < 0,001$).

На 5-ом этапе спустя 6 месяцев после окончания лечения количество окклюзионных контактов продолжило расти, как и биопотенциал жевательных мышц, при этом количество вокселей снизилось относительно 4-го этапа слева в 1,6-1,7 р. и справа в 1,6-1,8 р. ($p < 0,001$). Индекс латерализации, показывающий степень симметрии активных нейронов правого и левого полушария сенсомоторной коры головного мозга, наиболее значимо изменялся на 3-ем этапе лечения и составил в подгруппе 1а и 1б $0,46 \pm 0,051$ ($p < 0,001$) и $0,35 \pm 0,04$ ($p < 0,001$), соответственно. Значения данного индекса больше 0,2 свидетельствуют о наличии значительной разницы между количеством активных нейронов левого и правого полушарий головного мозга. Такая дисгармония отмечалась только на 3 этапе лечения и была связана с применением аппарата Twin Force.

В *группе 2 (подгруппа 2 а и 2 б)* на 1-ом этапе в процессе обследования выявлено симметричное распределение количества вокселей в правом и левом полушарии.

На 2-м этапе количество вокселей слева и справа резко снижалось в 1,5-2,4р. и 1,9-2,1 р., соответственно, ($p < 0,001$), что как и в группе 1 обусловлено резким снижением количества окклюзионных контактов и падением биопотенциала жевательной мускулатуры. На 3-ем этапе - окончании активной фазы ортодонтического лечения - произошло резкое увеличение количества вокселей с правой и левой стороны по отношению ко 2-му этапу в 1,6 и 2,1 р. в подгруппе 2а ($p < 0,001$) и в 1,2 р. ($p < 0,05$) в подгруппе 2б, соответственно, что связано с ростом количества окклюзионных контактов и увеличением биопотенциала действия жевательных мышц. На 4-ом этапе лечения, спустя 6 месяцев после окончания лечения, произошло уменьшение количества вокселей слева и справа по отношению 3-му этапу лечения: в *подгруппе 2а* в 1,4 р. слева ($p < 0,01$) и справа в 1,2 р. ($p < 0,05$), а в *подгруппе 2б* в 1,1 р. ($p < 0,05$) и в 1,2 р. ($p < 0,05$), соответственно.

При этом, по отношению к 3-му этапу количество окклюзионных контактов увеличилось и биопотенциал действия жевательной мускулатуры возрос. Индекс латерализации на всех этапах свидетельствовал о симметричной работе обоих полушарий (см. Рисунок 4).

При этом пациенты, лечившиеся с применением брекет систем и аппарата Twin Force (*группа 1*) показали более выраженную асимметрию в активации

нейронов моторной коры с правой и левой стороны, в отличие от пациентов, лечившихся с применением ортодонтических капп (*группа 2*).

Подобная асимметрия в активации нейронов в группе 1 была выражена на 3-м этапе ортодонтического лечения.

Данный этап характеризовался снятием аппарата Twin Force, как правило, в этот момент нижняя челюсть оказывается в гиперпротрузионном положении, а окклюзионный контакт находится в области резцов. Исходя из этого, можно заключить, что совместное применение аппарата Twin Force и брекет-системы, за счёт форсированного изменения окклюзионных контактов, приводит к резкой смене жевательной программы. В отличие от этого ортодонтические каппы, постепенно меняя окклюзионные контакты, вероятно, оказывают более плавное воздействие на приспособительные процессы.

Следует отметить, что в процессе ортодонтического лечения во всех группах пациентов происходило динамическое изменение окклюзионных взаимоотношений. Подобная ситуация приводит к постоянному «обновлению» биомеханики движения нижней челюсти (жевательной функции) от одного лечебного этапа к другому.

Для того чтобы объяснить, как формируется новый навык - новая жевательная функция, необходимо описать уровни построения движения, согласно теории Бернштейна Н.А. (1991).

Первым уровнем, на котором происходит начальное формирование любого движения является – уровень тонуса (А), так называемый фоновый уровень. Структуры входящие в него – красные ядра, спинной мозг. Функцией уровня (А) является создание тонуса в мышцах.

Следующий уровень построения движения – это уровень мышечно-суставных уязок (В) или уровень синергий (таламо-палидарный уровень). Структуры входящие в этот уровень – таламус, бледный шар. Главная его функция – быть библиотекой уже заученных движений, а также управлять синергиями или содружественными движениями.

За уровнем синергий следует уровень пространства (С) или пирамидно-стриальный уровень. Данный уровень включает в себя полосатое тело, пирамидные поля. Основная его функция – это встраивание движения в пространство с использованием двигательных фонов уровня (В).

После уровня пространства (С) следует еще один уровень — это уровень действия (D). Данный уровень включает в себя кору больших полушарий. Его главная функция – планирование действия, формирование новых движений. Уровень действия (D), управляет действиями и их составными частями – движениями-звеньями, хранящимися в более низовых уровнях (В) и (С). Именно изменения протекающие на данном уровне фиксируются при помощи фМРТ.

Исходя из вышесказанного можно отметить, что в процессе ортодонтического лечения от этапа к этапу, происходит построение новой жевательной функции, что объясняет причину изменения количества активных нейронов в моторной коре и колебание величины биопотенциала действия жевательной мускулатуры.

Механизм построения нового жевательного паттерна на примере данного исследования, можно представить следующим образом. В *группе 1* у пациентов, лечившихся с применением брекет систем и аппарата Twin Force, на 2-ом и 3-ем этапах ортодонтического лечения окклюзионные контакты наиболее неравномерно распределены и малочисленны. Подобная ситуация приводит к перегрузкам отдельных зубов, что включает безусловный рефлекс, получивший название периодонто-мускулярного [Рубинов И.С., 1970]. Данный рефлекс приводит к резкому, фактически в 1,9 р. от изначальной величины, снижению биопотенциала действия жевательной мускулатуры. Известным является факт, что периодонто-мускулярный рефлекс, как и все прочие рефлексы, управляется с уровня (А), включающим в себя ствол мозга и красные ядра. Данный уровень значительно более древний по отношению к уровню действия (D) находящийся в моторной коре. Тем самым, можно предположить, что снижение количества пулов активных нейронов обусловлено не снижением активности жевательной мускулатуры, а блокировкой на изначальном, рефлекторном уровне (А), активного формирования нового жевательного акта с включением дополнительной моторной коры уровня (D).

Уменьшение количества вокселей по данным фМРТ, отражает снижение активности нейронов коры головного мозга. На 3-ем этапе лечения в *подгруппах 1а и 1б* в момент снятия аппарата Twin Force происходило достоверное увеличение количества вокселей относительно 2-го этапа лечения. При этом суммарный биопотенциал жевательной мускулатуры, оставался либо немногим меньше, либо фактически неизменным относительно 2-го этапа лечения. Скорее всего подобный результат объясняется началом формирования нового двигательного паттерна в условиях протрузии нижней челюсти. Дело в том, что применение аппарата Twin Force составляло 6 месяцев, за это время происходило постепенное «торможение» безусловного периодонто-мускулярного рефлекса с повышением активности моторной коры головного мозга. При этом, исходя из того, что количество активных нейронов хоть и увеличилось относительно 2-го этапа лечения, но все же остается в 1,4 р. меньше, чем на этапе 1. Из чего можно сделать вывод о продолжающемся главенстве уровня движения (А) с его безусловными рефлексами способствующими поддержанию низкого биопотенциала действия жевательной мускулатуры. Далее в процессе ортодонтического лечения в *группах 1 и 2* на этапе 4-е, происходил рост суммарного биопотенциала действия жевательной мускулатуры. Росло и

количество активных нейронов в моторной коре головного мозга. На этом этапе, определяется прямая зависимость количества активных нейронов от активности жевательной мускулатуры. К 4-му этапу ортодонтического лечения в *группе 1 и 2*, происходит увеличение количества и качества окклюзионных контактов. Подобная тенденция приводит к прекращению действия периодонто-мускулярного рефлекса, с выходом на передний план уровня построения движения (D), основной задачей которого является построение новой жевательной программы. По данным фМРТ отмечается активный рост количества вокселей, означающий активацию дополнительных пулов нейронов. На 5-м этапе ортодонтического лечения, особенностью которого является увеличение количества окклюзионных контактов, отмечается нелинейная зависимость активации нейронов и суммарного биопотенциала жевательной мускулатуры. Так, биопотенциал действия на 5-ом этапе в группе 1, увеличился в среднем в 1,7 р. относительно 4-го этапа, а количества вокселей относительно 4-го этапа, уменьшилось в 1,3 р. Данный результат свидетельствует о формировании не только стабильной окклюзии к окончанию ортодонтического лечения, но и к построению новой жевательной программы с переходом управления движения на более низовые уровни, уровни (B) и (C). Данный факт подтверждается снижением количества вокселей, в моторной коре по данным фМРТ, что свидетельствует о снижении роли последней в контроле жевательного акта. Именно переход регуляции жевания на бессознательный уровень, с выработкой двигательных автоматизмов, свидетельствует о благоприятном течении адаптационных процессов, протекающих в ответ на изменения, происходящие в процессе ортодонтического лечения.

Аналогичная динамика показателей фМРТ и ЭМГ жевательной мускулатуры отмечается в *группе 2*. Для этой группы и для *группы 1*, соответствует представленный выше механизм течения компенсаторных реакций и как следствие выводы по полученным результатам аналогичны.

Следует отметить, что полученные данные являются новыми.

Анализ результатов стабилметрического исследования показал, что в *подгруппе 1a* наиболее выраженные изменения произошли в положении центра давления в сагиттальной плоскости по оси «Y» на 3-ем этапе лечения. В пробе «глаза открыты» показатель положения центра давления по оси «X» по отношению ко 2-му этапу возрос в 1,4 р. ($p < 0,01$), что свидетельствовало о смещении общего центра массы тела вправо. На 3 этапе его значения уменьшились в 1,3 р. ($p < 0,01$), что свидетельствовало о его смещении общего центра массы тела кпереди. На 4-ом этапе положение центра давления по оси «X», сместилось влево, показатель снизился в 1,3 р. ($p < 0,01$) по отношению к 3-му этапу. Значения показателя положения центра давления по оси «Y», увеличилось в 1,2 р. по отношению к 3-му

этапу ($p < 0,05$), что свидетельствовало о смещении общего центра массы тела кзади. На 5-ом этапе, все показатели оставались неизменными по отношению к 4 этапу (Таблица 6, Рисунок 5,6,7,8).

В пробе – «глаза закрыты» на 3-ем этапе лечения показатель положения центра давления по оси «X», увеличился по отношению к этапу 2 в 0,9 р. ($p < 0,05$), что привело к смещению общего центра массы тела влево. Значения показателя положения центра давления по оси «Y», уменьшились по отношению к этапу 2 в 1,3 р. ($p < 0,01$), что соответствовало смещению общего центра массы тела кпереди. Также на 3-ем этапе, произошло снижение длины (L) и скорости (V) статокинезиограммы по отношению ко 2-му этапу в 1,3 р. ($p < 0,05$).

На 4-ом этапе показатель положения центра давления по оси «X» уменьшился в 1,6 р. ($p < 0,001$), что свидетельствовало о смещении общего центра массы тела вправо. Значение положения центра давления по отношению к 3-му этапу увеличилось в 1,2 раза, что свидетельствовало о смещении центра давления кзади ($p < 0,01$).

На 5-ом этапе лечения в пробе «глаза закрыты» значения длины и скорости статокинезиограммы возросли по отношению к 4-му этапу в 0,9 р. ($p < 0,05$).

В подгруппе 1 б, в пробе «глаза открыты» достоверное смещение центра давления происходило исключительно во фронтальной плоскости по оси «X». Центр давления на 3-м этапе относительно 2-го этапа сместился влево ($p < 0,001$). На 4-ом этапе лечения, показатель центра давления вернулся к положительному значению, что свидетельствовало о смещении центра давления вправо, относительно 3-го этапа ($p < 0,001$). Все прочие параметры стабилотрии в данной пробе не имели достоверных изменений в процессе ортодонтического лечения.

В пробе «глаза закрыты» основные изменения происходили также во фронтальной плоскости по оси «X». Помимо изменений во фронтальной плоскости, достоверно изменялось положение центра давления в сагиттальной плоскости по оси «Y» с 1-го этапа по 2-ой, величина показателя положения центра давления по оси «Y» увеличилась в 1,2 р., что свидетельствовало о смещении общего центра массы тела кзади ($p < 0,01$).

В подгруппе 2а, на 2-ом этапе при пробе «глаза открыты» произошло наиболее сильное снижение значения показателя центра давления по сагиттали (ось Y) в 1,4 р. ($p < 0,01$), что свидетельствовало о смещении общего центра массы тела кпереди (Таблица 7, см. Рисунок 5,6,7,8). На 3-ем этапе лечения этот показатель увеличился в 1,1 р. ($p < 0,01$), что свидетельствовало о смещении общего центра массы тела кзади.

На 4-ом этапе лечения его значения снизились относительно 1 этапа лечения в 1,2 р. ($p < 0,01$).

Таблица 6 – Динамика стабилметрических показателей в группе 1 при функциональной пробе «глаза открыты» и «глаза закрыты», в процессе лечения

Функциональная проба		«Глаза открыты»												«Глаза закрыты»											
		X(мм)		Y(мм)		L(мм)		V(мм/с)		S(мм ²)		Ei(Дж)		X(мм)		Y(мм)		L(мм)		V(мм/с)		S(мм ²)		Ei(Дж)	
		Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б	Подгруппа 1a	Подгруппа 1б
Этапы лечения	До лечения, этап 1	2,14± 0,31	1,72± 0,18	-32,56± 3,11	-45,85± 4,78	229,00± 21,12	300,5± 32,71	7,63± 0,62	10,1± 1,31	157,92± 16,35	172,5± 18,2	1,31± 0,19	1,72± 0,15	1,91± 0,26	2,86± 0,31	-31,35± 2,78	-36,6± 4,3	359,2± 40,0	324,01± 31,93	11,97± 1,04	10,80± 1,23	167,± 17,06	164,45± 17,81	3,7+ 0,41	2,51± 0,31
	Перед TwinForce, этап 2	1,82± 0,18	1,96± 0,21	-30,94± 2,43	-48,15± 4,38	226,4± 17,27	282,0± 25,64	7,55± 0,82	9,40± 0,89	181,16± 19,43	184,7± 19,81	1,28± 0,16	1,85± 0,21	2,09± 0,18	5,41± 0,38*	-33,72± 3,9	-44,15± 4,8*	333,8± 29,83	348,53± 37,14	11,13± 1,60	11,62± 1,65	191,± 20,79	189,34± 20,25	3,19+ 0,37	2,92± 0,34
	После TwinForce, этап 3	2,47± 0,23* *	-2,74± 0,31**,**	-24,44± 2,1**,**	-52,4± 4,91	239,6± 19,41	320,5± 33,71	7,99± 0,52	10,68± 1,81	173,8± 18,30	204,5± 21,31	1,28± 0,20	1,98± 0,27	1,61± 0,20* *	-3,03± 0,27* **	-23,27± 2,47* **	-41,5± 3,7	272,00± 31,06* **	366,04± 30,76	9,07± 0,88* **	12,20± 1,73	173,± 16,23	181,75± 19,17	3,41+ 0,42	2,86± 0,29
	После снятия, этап 4	1,35± 0,17* ***	1,8± 0,19***	-28,61± 3,47* **	-46,65± 5,12	229,8± 24,71	305,5± 28,5	7,66± 0,91	10,18± 1,1	167,91± 18,95	191,8± 20,12	1,13± 0,14	1,67± 0,14	2,6± 0,23* ** ***	2,92± 0,34** ***	-27,47± 1,96* ** ***	-39,9+ 4,3	271,6± 26,13* **	306,76± 28,85	9,05± 1,27* **	10,22± 1,81	176,± 18,91	169,17± 18,62	3,62+ 0,37	2,58± 0,27
	Спустя 6 месяцев после окончания лечения, этап 5	1,32± 0,21* ***	1,91± 0,18***	-28,91± 2,41***	-50,82± 4,75	240,45± 18,36	297,0+ 24,7	8,01± 1,76	9,90± 1,74	177,84± 15,19	189,6± 17,31	1,24± 0,17	1,78± 0,18	2,24± 0,27* **	3,40± 0,42** ***	-25,59± 3,11* **	-40,23+ 3,8	316,1± 29,98*** ****	337,84± 34,31	10,53± 1,1*** ****	11,26± 1,43	171,± 15,86	176,23± 16,89	3,22+ 0,29	2,72± 0,30

Примечание: * достоверные различия между 1-ым и последующим этапом лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,05$; ** достоверность различия между 2-ым и последующими этапами лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,05$; *** достоверность различия между 3-им и последующими этапами лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,05$

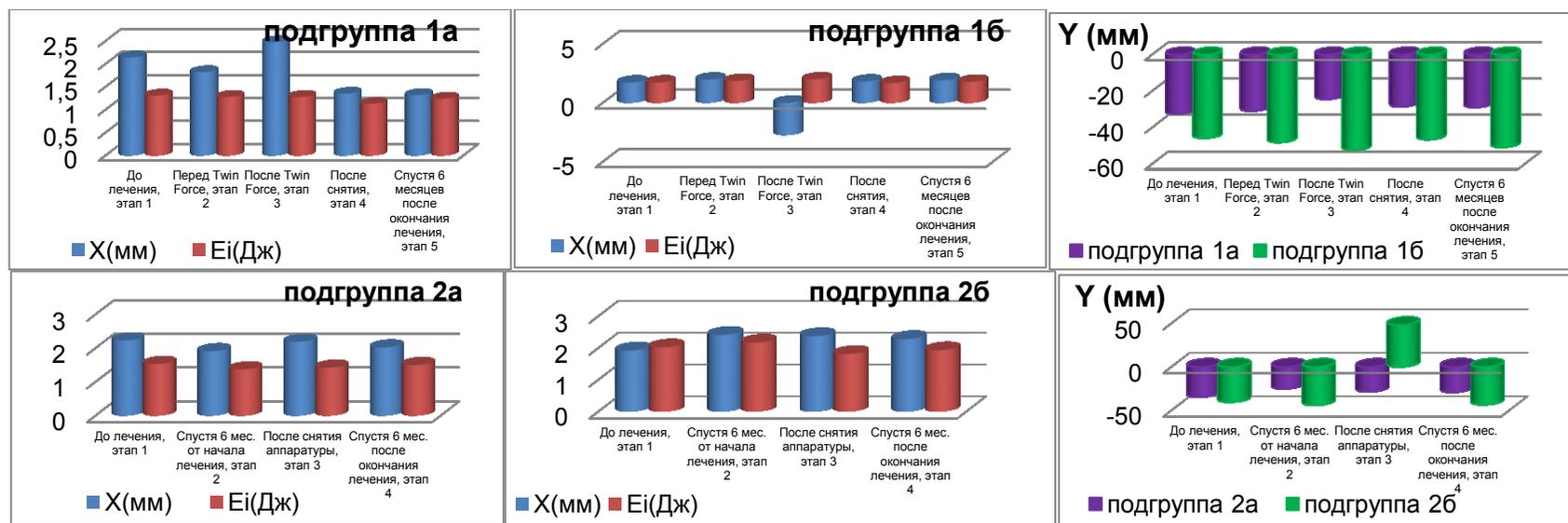


Рисунок 5 – Динамика показателей стабилотрии при пробе «глаза открыты» на этапах ортодонтического лечения

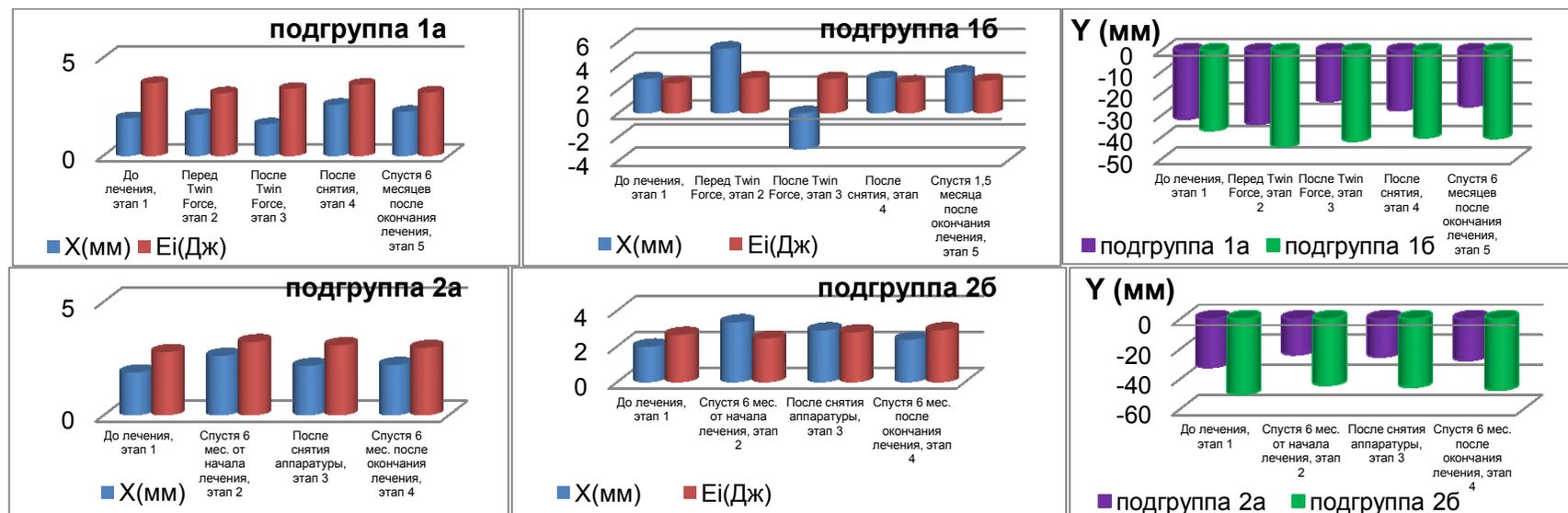


Рисунок 6 - Динамика показателей стабилотрии при пробе «глаза закрыты» на этапах ортодонтического лечения

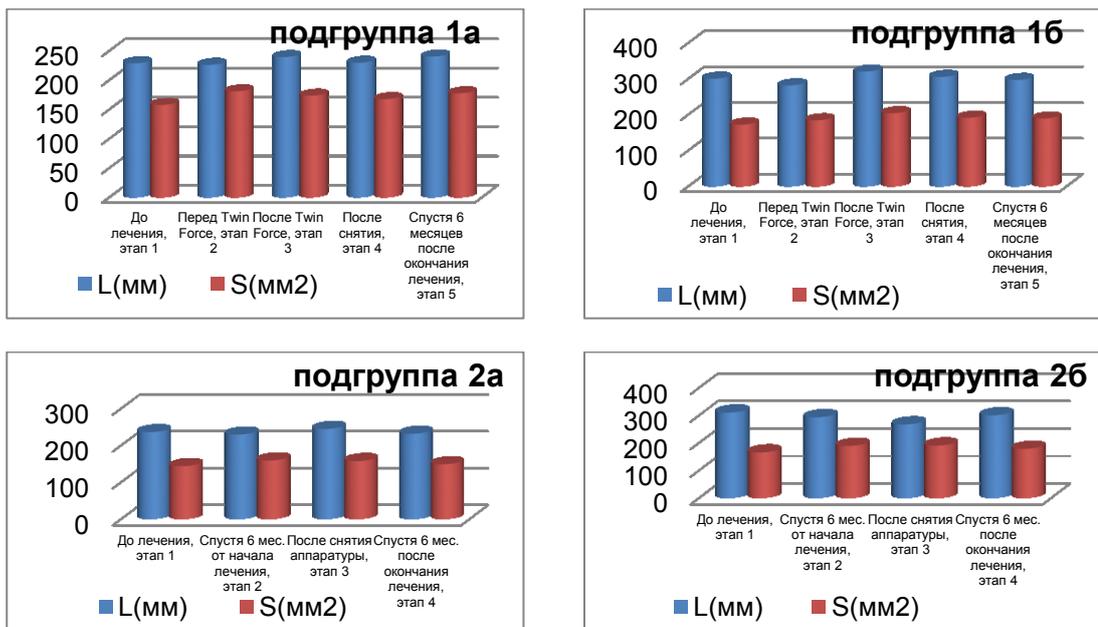


Рисунок 7 - Динамика показателей стабилотрии при пробе «глаза открыты» на этапах ортодонтического лечения

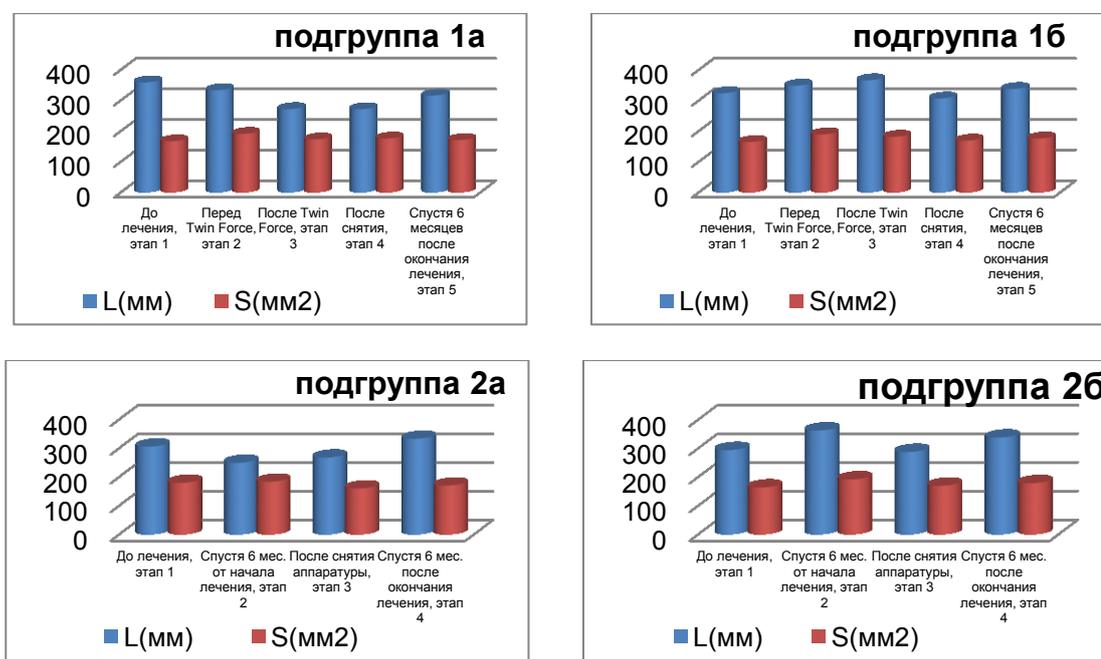


Рисунок 8 - Динамика показателей стабилотрии при пробе «глаза закрыты» на этапах ортодонтического лечения

Таблица 7 –Динамика стабилметрических показателей в группе 2 при функциональной пробе «глаза открыты» и «глаза закрыты» в процессе лечения

Функциональная проба		«Глаза открыты»												«Глаза закрыты»											
		X(мм)		Y(мм)		L(мм)		V(мм/с)		S(мм ²)		Ei(Дж)		X(мм)		Y(мм)		L(мм)		V(мм/с)		S(мм ²)		Ei(Дж)	
		Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б	Подг уппа 2а	Подг уппа 2б
Этапы лечения	До лечения. Этап 1.	2,23± 0,28	1,92± 0,25	-34,84± 4,24	-40,53± 5,54	236,03± 24,51	310,19± 40,71	7,87± 0,82	10,34± 2,34	143,62± 16,41	165,45± 18,8	1,53± 0,21	2,02± 0,27	1,88± 0,23	1,98± 0,28	-32,15± 3,64	-50,34± 5,25	305,62± 28,92	293,82± 32,45	10,19± 1,63	9,79± 1,01	179,52±1 9,58	163,47± 18,92	2,78± 0,34	2,64± 0,29
	Спустя 6 месяцев от начала лечения. Этап 2.	1,91± 0,22	2,41± 0,28*	-25,17± 3,13*	-44,17± 6,18	229,4± 19,16	293,14± 37,82	7,63± 0,71	9,77± 1,82	159,12± 17,42	189,13± 22,64	1,37± 0,18	2,17± 0,31	2,61± 0,32*	3,34± 0,42*	-23,72± 2,71*	-44,14± 4,92	249,24± 26,78*	362,17± 41,24*	8,31± 0,92*	12,07 ± 1,83*	183,43±2 0,62	191,56± 24,83	3,22± 0,38	2,43± 0,34
	После снятия аппаратуры. Этап 3.	2,19± 0,19	2,37± 0,29*	-28,64± 3,45**,**	48,11± 6,12	244,6± 25,12	267,14± 33,87	8,15± 0,67	8,90± 9,94	157,46± 14,91	190,46± 23,72	1,42± 0,16	1,81± 0,24	2,17± 0,26* *	2,89± 0,34*	-25,16± 1,89*	-45,44± 5,88	267,42± 28,13*	287,37± 30,13**	8,91± 0,89*	9,57± 0,97* *	159,86±1 7,21	169,42± 19,1	3,08± 0,27	2,78± 0,31
	Спустя 6 месяцев после окончания лечения. Этап 4.	2,02± 0,24	2,28± 0,31	-29,15± 3,12*	-43,58± 5,84	231,5± 21,62	300,25± 38,93	7,71± 0,85	10,01± 1,55	148,78± 15,23	178,62± 19,41	1,50± 0,13	1,93± 0,19	2,21± 0,31*	2,37± 0,31*, ** ***	-27,61± 3,24*	-47,37± 5,27	332,75± 37,82**,* **	337,54± 37,21**,* ***	11,09± 1,78**,* *	11,25 ± 1,36* *, ***	170,09±1 6,74	178,53± 22,46	2,96± 0,31	2,9± 0,42

Примечание: * достоверные различия между 1-ым и последующим этапом лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,01$; ** достоверность различия между 2-ым и последующими этапами лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,01$; *** достоверность различия между 3-им и последующими этапами лечения при $p < 0,001$ до $p < 0,01$.

При этом, на 2-ом этапе при пробе «глаза закрыты» произошло увеличение показателя центра давления во фронтальной плоскости по оси «X» относительно 1-го этапа лечения в 1,4 р., что свидетельствовало о смещении общего центра массы тела вправо ($p < 0,001$). Показатель положения центра давления в сагиттальной плоскости по оси «Y» относительно 1-го этапа лечения снижался в 1,4 р. ($p < 0,001$), что свидетельствовало о перемещении общего центра массы тела кпереди. Длина (L) и скорость (V) статокинезиограммы, уменьшилась относительно 1-го этапа в 1,2 р. ($p < 0,01$). На 3-ем этапе лечения по оси «X», показатель положения центра давления уменьшался, смещался левее относительно 2-го этапа лечения в 1,2 р., что свидетельствовало о смещении общего центра массы тела влево. На 4-ом этапе лечения длина и скорость статокинезиограммы увеличились относительно 3-го этапа в 1,3 р. ($p < 0,01$).

В подгруппе 2б, на 2-ом этапе в пробе «глаза открыты», произошло увеличение показателя по оси «X» в 1,7 р. относительно 1-го этапа лечения, что свидетельствовало о смещении центра давления вправо ($p < 0,001$). Все прочие показатели в процессе лечения оставались неизменными.

При этом, в пробе «глаза закрыты» произошло увеличение показателя по оси «X» в 1,7 р. относительно 1-го этапа, что свидетельствовало о смещении центра давления вправо. Также произошло увеличение значения длины (L) и скорости (V) статокинезиограммы в 1,2 р., относительно 1-го этапа ($p < 0,01$). На 3-ем этапе длина и скорость статокинезиограммы снизилась относительно 2-го этапа лечения в 1,3 р. ($p < 0,001$). Также, на 4-ом этапе лечения отмечалось их увеличение относительно 3-го этапа лечения в 1,1 и 1,2 р., соответственно, ($p < 0,01$).

Таким образом, следует отметить, что на 1-ом этапе между пробами «глаза открыты» и «глаза закрыты» отмечается существенная разница. Так, в подгруппе 1а и подгруппе 2а, такие показатели как скорость (V), длина (L) статокинезиограммы, а также индекс энергозатрат (E_i), были более выражены в пробе «глаза закрыты».

В подгруппе 1 б и подгруппе 2 б, такое отличие касалось только индекса энергозатрат (E_i). Подобный результат связан с исключением зрения из механизма поддержания баланса тела в вертикальной стойке, что ведет к повышению нагрузки на оставшиеся функциональные системы с увеличением значения вышеперечисленных показателей. Отличие в составе показателей связано с гендерным отличием между женщинами и мужчинами. Скорее всего за счет анатомических особенностей ряд показателей реагируют на проводимое лечение более выражено.

Анализ результатов показал, что чем более выражено снижение биопотенциала действия жевательной мускулатуры и количества окклюзионных

контактов, тем больше отклонение центра давления от изначальной позиции. Так, в группе 1 основные изменения положения центра давления наблюдались на этапе 2 и 3 в момент наиболее нестабильного положения нижней челюсти, связанного со снижением количества окклюзионных контактов, обусловленное первоначальным расширением зубных дуг с последующим применением аппарата Twin Force. В группе 2 подобные изменения положения центра давления наблюдались на 2 этапе лечения.

Более выраженные изменения положения центра давления по сагиттали (ось Y) были выявлены в, так называемых, «женских» группах, в *подгруппе 1a*, на этапе 3, а также в *подгруппе 2a*, на этапе 2. Произошло смещение центра давления кпереди в обеих пробах относительно предыдущего этапа лечения.

Преимущественное смещение центра давления во фронтальной плоскости (ось «X») было характерно для «мужских» групп. Так, в подгруппе 1 б, на 2-ом этапе в обеих пробах происходило смещение центра давления вправо, а на 3-ем этапе лечения, после снятия аппарата Twin Force, в момент, когда нижняя челюсть находится в гиперпротрузионном положении, центр давления смещался левее. В подгруппе 2 б, наибольший сдвиг проекции общего центра массы тела по оси «X» произошел на 2-ом этапе лечения, в момент наибольшего снижения биопотенциала действия жевательной мускулатуры.

По мере приспособления всех систем к изменениям окклюзии, происходил возврат фактически всех стабилметрических показателей до исходного уровня, за исключением положения центра давления по сагиттали в *подгруппе 1a* и *подгруппе 2a*. Данный параметр уменьшался относительно 3-го и 2-го этапа лечения, но при этом проекция общего центра массы тела после лечения оставалась несколько кпереди относительно состояния до лечения. Таким образом, диапазон показателей в процессе лечения имел отличия от этапа к этапу, что дает основание считать изменение стабилметрических показателей в процессе лечения маркерами течения компенсаторных реакций в процессе формирования новых окклюзионных взаимоотношений. Следует отметить, что полученные данные являются новыми по отношению к более ранним работам [Бугровецкая Е.А. и др., 2008; Червоток А.Е., 2009; Рублева И.А., 2010].

Анализ результатов компьютерной оптической топографии показал, что на 1 этапе ортодонтического лечения в *подгруппе 1a*, основные изменения показателей компьютерной топографии происходили на 3 этапе лечения. В момент снятия аппарата Twin Force, на 3-ем этапе лечения, произошло увеличение отклонения туловища влево в 5,8 и 6,9 р. ($p < 0,001$), относительно 2 и 3 этапа лечения, соответственно, по вертикали во фронтальной плоскости. Также, на 3-м этапе произошло уменьшение отклонения остистых отростков вправо по отношению ко 2-му этапу в 2,2 р., соответственно, ($p < 0,001$). На 4-ом этапе, сразу

после снятия ортодонтической аппаратуры показатель наклона туловища во фронтальной плоскости уменьшился относительно 3 этапа лечения в 6,5 р. ($p < 0,001$). Также, на 4-ом этапе продолжилось уменьшение наклона остистых отростков вправо относительно 3-го этапа ортодонтического лечения в 3,9 р. ($p < 0,001$). На 5-ом этапе лечения, спустя 6 месяцев после окончания лечения, произошло отклонение остистых отростков вправо, оно увеличилось относительно 4-го этапа в 1,7 р. ($p < 0,001$) (Рисунок 9,10).

Основные изменения в *подгруппе 1 б*, в положении ориентации туловища в пространстве наблюдались в двух показателях - угол скручивания туловища в горизонтальной плоскости и наклон туловища в сагиттальной плоскости.

При этом основные изменения произошли на 3-ем этапе лечения на момент снятия аппарата Twin Force. Так, угол скручивания туловища на 3-ем этапе, уменьшился по отношению к этапам 1, 2, 4 и 5, изменив свое значение с положительного на отрицательное, что свидетельствовало о развороте плечевого пояса относительно таза справа налево ($p < 0,001$).

Также, на 3 этапе лечения относительно 1, 2 этапов, значение наклона туловища по сагиттали относительно вертикальной плоскости изменилось с положительного на отрицательное, что свидетельствовало о наклоне туловища кпереди ($p < 0,001$). При этом, уже на 4-ом и 5-ом этапах, относительно 3-го этапа лечение показатели вновь стали положительными, что свидетельствовало о возврате наклона туловища по сагиттали кпереди ($p < 0,001$). Кроме того, на 3-ем этапе произошло уменьшение высоты грудного кифоза по отношению к 1-му и 2-му этапу в 1,4 и 1,2 р., соответственно, ($p < 0,01$). Интегральный индекс нарушения и ориентации туловища в горизонтальной плоскости на 3 этапе лечения уменьшился относительно 2-го этапа в 1,4 р. ($p < 0,01$). На 4-ом и 5-ом этапах, интегральный индекс в горизонтальной плоскости напротив стал меньше относительно 3-го этапа в 1,6 и 1,5 р., соответственно, ($p < 0,01$).

В *подгруппе 2а* реакция со стороны опорно-двигательного аппарата была схожей с показателями в *подгруппе 1а*.

На 2-м этапе лечения, в *подгруппе 2а*, произошло увеличение наклона туловища во фронтальной плоскости по отношению к 1-му этапу в 2,3 р. ($p < 0,001$). Также на 2-ом этапе снизился наклон остистых отростков вправо по отношению к 1-му этапу лечения в 1,2 р. ($p < 0,01$). На 3-ем этапе лечения наклон туловища во фронтальной плоскости уменьшился по отношению ко 2-му этапу лечения в 1,9 р. ($p < 0,001$).

В *подгруппе 2 б*, реакция со стороны опорно-двигательного аппарата была схожей с показателями в *подгруппе 1 б*. На 2-ом этапе ортодонтического лечения произошло достоверное уменьшения угла скручивания туловища в горизонтальной плоскости по отношению к 1-му этапу лечения в 1,3 р. ($p < 0,01$).

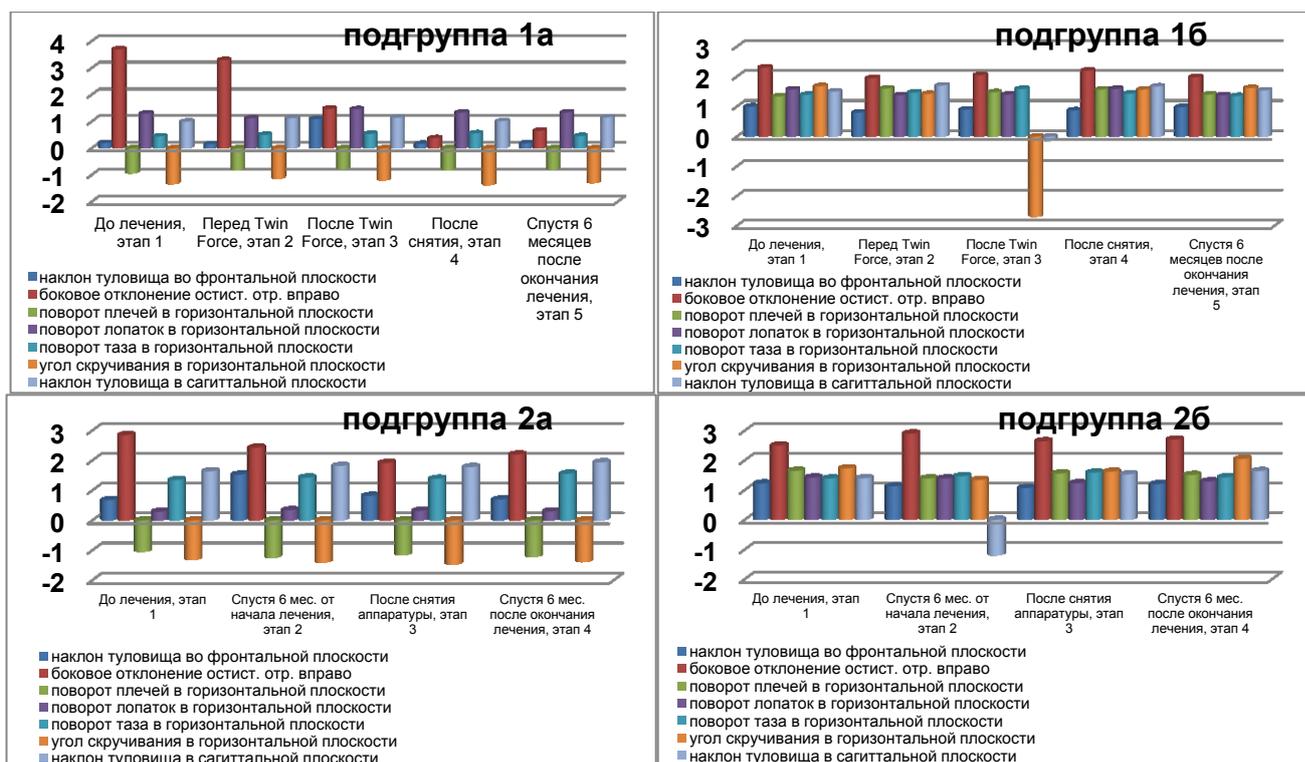


Рисунок 9 – Динамика показателей компьютерной топографии на этапах ортодонтического лечения

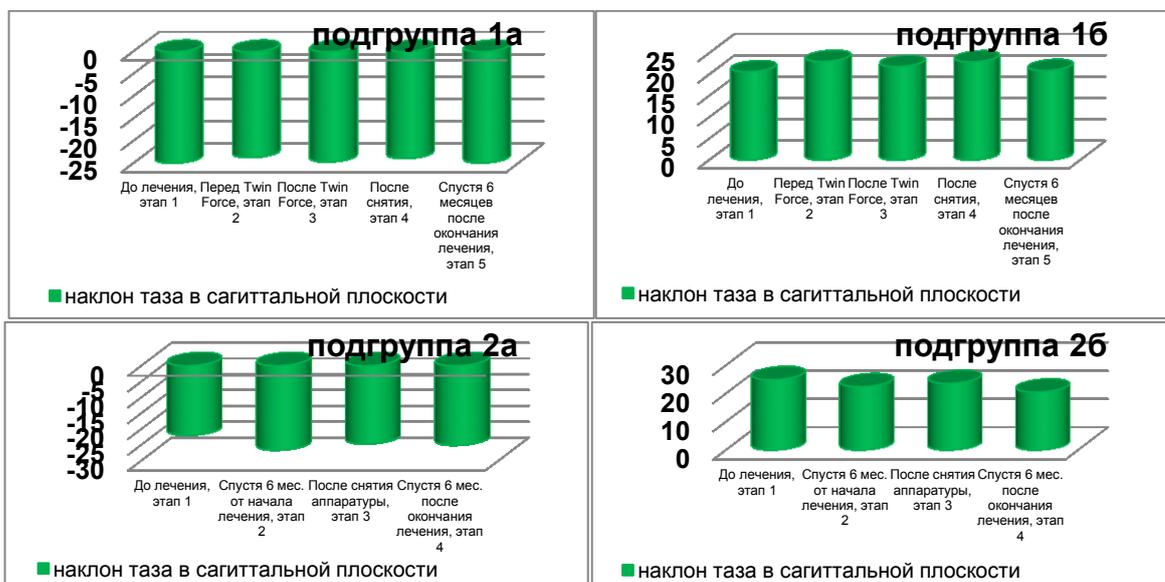


Рисунок 10 – Динамика показателей компьютерной топографии на этапах ортодонтического лечения

Наклон туловища в сагиттальной плоскости поменялся на 2-ом этапе лечения по отношению к 1-му этапу, с правого на левое положение ($p < 0,001$). На 3-ем этапе ортодонтического лечения угол скручивания туловища в горизонтальной плоскости увеличился по отношению ко 2-му этапу лечения в 1,2 р. ($p < 0,01$). Наклон туловища в сагиттальной плоскости поменял свое положение по

отношению ко 2-му этапу лечения слева на правое ($p < 0,001$). На 4-ом этапе угол скручивания туловища в горизонтальной плоскости увеличился по отношению к 3-му этапу 1,3 р. ($p < 0,01$).

Таким образом, анализ результатов показал, что в *подгруппе 1 а* и в *подгруппе 2а*, основные изменения были выявлены в таких показателях, как наклон туловища во фронтальной плоскости и боковое отклонение остистых отростков вправо. Усиление наклона тела во фронтальной плоскости влево на 3 этапе в *подгруппе 1 а* и на 2 этапе в *подгруппе 2 а*, происходило в момент наибольшего снижения биопотенциала действия жевательной мускулатуры, вследствие уменьшения количества и качества окклюзионных контактов. Повышение данного параметра через наклон тела по вертикали влево, свидетельствовало о включении дополнительных систем для поддержания баланса тела в пространстве, что имеет свое отражение в положении регионов тела относительно фронтальной плоскости [Погосян И.А., 1998; Gagey P.M., Weber B., 1995]. Такой параметр, как боковое отклонение остистых отростков вправо, динамически снижающееся от 1-го этапа к 4-му в *подгруппе 1а* и с 1 по 3-ий этап в *подгруппе 2а*, с небольшим увеличением показателя спустя 6 месяцев после окончания лечения, свидетельствовал о благоприятном влиянии ортодонтической коррекции, приведшей к более симметричному положению элементов позвоночного столба.

По результатам лечения в *подгруппе 1а* и *подгруппе 2а*, где лечение проводили на принципиально разной ортодонтической аппаратуре, изменения, протекающие в структурах опорно-двигательного аппарата были схожи. Подобный результат свидетельствует в пользу вывода о том, что изменения, протекающие по данным компьютерной топографии у женщин, зависят прежде всего не от типа применяемой аппаратуры, а от поэтапной реакции жевательной мускулатуры на проводимое ортодонтическое лечение.

В *подгруппе 1б* и *подгруппе 2б* у мужчин, основные изменения протекали в сагиттальной и горизонтальной плоскостях на момент резкого снижения биопотенциала жевательной мускулатуры. В *подгруппе 1б*, данный момент соответствовал снятию аппарата Twin Force, этап 3, в *подгруппе 2б*, в период расширения зубных дуг, соответствующий этапу 2. Изменение наклона туловища в сагиттальной плоскости на 2-ом (*подгруппа 2 б*) и 3-ем (*подгруппа 1 б*) этапах ортодонтического лечения, в последующем по мере нормализации окклюзионных взаимоотношений вернулось в исходное состояние, как и угол скручивания туловища в горизонтальной плоскости.

Выраженность показателей компьютерной топографии в *подгруппе 1б*, была выше, чем в *подгруппе 2 б*. Помимо наклона туловища в сагиттальной плоскости и угла скручивания туловища в горизонтальной плоскости в *подгруппе 1б*, достоверно изменялся такой показатель, как *высотой изгиба грудного кифоза*.

Так, минимальное значение высоты дуги, зафиксировано на 3 этапе лечения, на 4 и 5 этапах высота постепенно увеличивалась, но оставалась меньше, чем на 1 этапе. Также, в *подгруппе 1б*, на 3 этапе происходило увеличение значения *интегрального индекса* в горизонтальной плоскости (0,95+0,11 - после лечения; 0,57+0,07 на 1 этапе). Увеличение данного индекса свидетельствовало об ухудшении к 3 этапу взаиморасположения структур в горизонтальной плоскости. По завершении лечения данный индекс вернулся к нормальному значению. Подобная разница в количестве значимых показателей между «мужскими» *подгруппами 1б*, и *2б*, может свидетельствовать о том, что применение ортодонтических капп как инструмента для дистализации, в отличие от аппарата Twin Force, требует меньшего включения приспособительных механизмов в процессе изменения количества и качества окклюзионных контактов.

Во всех группах обследуемых показатели структур опорно-двигательного аппарата, отвечающих за положения тела изменялись в процессе ортодонтического лечения. Динамика общего интегрального индекса ориентации и формы туловища от этапа к этапу свидетельствовала об изменениях, происходящих в организме по данным компьютерной топографии, как о маркере течения адаптационных процессов в зубо-челюстной системе.

Следует отметить, что выше представленные закономерности являются принципиально новыми относительно ранее проведенных исследований [Бирюкова О.П., 2005; Демьяненко М.В., 2011; Sakaguchi K. et al., 2007].

Результаты корреляционного анализа оценивались в каждой группе поэтапно. В связи с огромным массивом полученных данных (28944 значения), использовались лишь значения коэффициента Пирсона равное или больше 0,8.

Анализ корреляционных *показателей фМРТ* на 1 этапе лечения не выявил высоких взаимосвязей со значениями электромиографии, стабилотрии показателями компьютерной топографии. В *группе 1* положительные корреляционные взаимосвязи были выявлены с биопотенциалом действия жевательной мускулатуры на этапах 2, 4, отрицательная только в *подгруппе 1а*, на этапе 5. В *группе 2* положительная корреляционная взаимосвязь с биопотенциалом действия жевательной мускулатуры выявлена на этапах 2 и 3, отрицательная на этапе 4. Объяснение подобной закономерности лежит в плоскости формирования нового двигательного паттерна жевательной мускулатуры в процессе ортодонтического лечения. Наличие же высоких корреляционных взаимосвязей между биопотенциалами действия жевательной мускулатуры и показателями фМРТ лишь подтверждают теоретические построения, объясняющих механизм формирования жевательной функции и течение компенсаторно-приспособительных процессов при проведении ортодонтического лечения.

Анализ корреляционных показателей электромиографии со стабилметрией выявил следующие закономерности. Снижение или повышение биопотенциала действия грудинно-ключично-сосцевидной мышцы с правой или левой стороны коррелировало со смещением центра давления по оси «X» ($K_p=0,89$) (Таблица 9).

В подгруппе 1а, подобная тенденция наблюдалась на этапе 3,4, в подгруппе 2а, на этапе 3, в подгруппе 2а, на этапе 3, в подгруппе 2б, на этапе 4. Как известно по теории Томаса Майерса (2012), грудинно-ключично-сосцевидная мышца входит в латеральную мышечную линию, основной функцией которой является удержание равновесия в вертикальной стойке при боковом отклонении тела. При смещении центра давления по оси «X» имеет место нелинейная зависимость с величиной биопотенциала грудинно-ключично-сосцевидной мышцы и, как следствие, реализуется тот механизм смещения общего центра массы тела, который в текущей ситуации обеспечит лучший баланс в вертикальной стойке. В подгруппе 1а (мужчины), лечившихся с применением брекет систем на 2 этапе выявлена корреляционная взаимосвязь между биопотенциалом трапецевидной мышцы и центром давления по оси «Y» кзади ($K_p=0,91$) и, напротив, в подгруппе 1а, подгруппе 2а (женщины), на этапе 3 выявлена корреляционная взаимосвязь между биопотенциалом действия трапецевидных мышц и смещением центра давления по оси «Y» кпереди ($K_p=0,88$), что является гендерным отличием хода адаптационных процессов.

Также, у женщин в подгруппе 1 а и подгруппе 2 а, установлена взаимосвязь с положением центра давления по оси «Y» и размером суммарного биопотенциала жевательной мускулатуры ($K_p=0,87$). Так, при повышении биопотенциала происходит смещение общего центра массы кзади, а при снижении кпереди. Это связано с тем, что жевательная мускулатура входит в глубокую фронтальную мышечную линию, основной функцией которой является быть противовесом между поверхностной и задней фронтальными линиями, как следствие, повышение ее активности может привести к наклону оси тела кзади, что имеет свое отражение в положении центра давления по оси «Y». В «мужских» подгруппах подобной тенденции не наблюдалось, что также может являться гендерным отличием.

Анализ корреляционных показателей электромиографии внутри метода между мышцами, участвующими в формирование жевательной функции (жевательная и височная мышцы, группа надподъязычных мышц) и мышцами отвечающими за поддержание тела в вертикальном положении (грудинно-ключично-сосцевидная и трапецевидная мышцы), показал следующие результаты. На 1-ом этапе лечения практические во всех группах кроме подгруппы 1б, была выявлена высокая положительная корреляционная связь между трапецевидными мышцами и группой надподъязычных мышц ($K_p=0,89$).

Таблица 9 - Корреляционная взаимосвязь функциональных показателей

		Электромиографические показатели						Показатели компьютерной топографии			
		Суммарный биопотенциал действия жевательных мышц справа (мкВ)	Суммарный биопотенциал действия жевательных мышц слева (мкВ)	SCM.D. (мкВ)	SCM.S. (мкВ)	Trap.D. (мкВ)	Trap.S. (мкВ)	Боковое отклонение остистых отростков (мм)	Наклон туловища во фронтальной плоскости (°)	Наклон туловища в саггитальной плоскости (°)	Угол скручивания туловища в горизонтальной плоскости (°)
фМРТ показатели	Сумма вокселей	0,91	0,88	-0,17	0,21	0,12	-0,13	-0,21	0,05	-0,11	0,09
Стабилометрические показатели	Ось X. (мм)	0,18	0,65	0,89	0,89	0,39	0,19	-0,88	0,88	0,23	0,9
	Ось Y. (мм)	0,87	0,88	0,55	0,79	0,91	0,88	0,65	0,77	0,88	0,54
	L (мм)	0,61	0,36	0,95	0,69	0,48	0,58	0,23	0,16	0,41	-0,05
	S (мм ²)	0,25	0,39	-0,09	0,41	0,52	0,27	-0,32	0,22	0,15	0,65
Электромиографические показатели	НПД.S (мкВ)	-0,89	-0,93	0,32	0,44	0,88	0,89	0,36	0,27	-0,45	0,28
	НПД.D.(мкВ)	-0,71	-0,83	-0,12	0,15	0,11	0,88	-0,25	0,15	0,51	0,15
	Trap.D.(мкВ)	0,9	0,93	0,31	0,34	1	0,72	0,96	-0,28	0,27	-0,31
	Trap.S. (мкВ)	0,89	0,87	0,17	0,41	0,72	1	0,72	0,38	0,14	0,27
	SCM.D.(мкВ)	0,88	0,88	1	0,52	0,19	0,16	0,34	0,17	0,24	0,59
	SCM.S. (мкВ)	0,89	0,87	0,33	1	0,29	-0,32	-0,21	0,11	0,41	0,82

Примечание:

- SCM.D. - sternocleidomastoideus D.
- SCM.S. - sternocleidomastoideus S.
- Trap.D. - trapezius D.
- Trap.S. - trapezius S.
- НПД.S. - надподъязычные S.
- НПД.D. - надподъязычные D.
- L - длина пути статокинезиограммы
- S - площадь статокинезиограммы

Подобный результат свидетельствует о взаимном влиянии разных функциональных мышечных групп друг на друга, что согласуется данными ряда авторов.

На 2-ом этапе лечения на момент расширения зубоальвеолярных дуг и уменьшения количества окклюзионных контактов, во всех группах пациентов наблюдалась высокая корреляционная взаимосвязь *между биопотенциалом действия жевательных мышц и трапецевидных мышц* ($K_p=0,89$). Также тенденция прослеживается между *биопотенциалом действия жевательных мышц и грудинно-ключично-сосцевидных мышц* ($K_p=0,88$). Подобная взаимосвязь свидетельствует о миофасциальном взаимодействии жевательных мышц, относящихся к глубокой фронтальной линии, с грудинно-ключично-сосцевидными мышцами, относящимся к фронтальной поверхностной линии, и трапецевидной мышцей, входящей в линию руки. Снижение биопотенциала жевательных мышц передается по миофасциям на близлежащие регионы с целью уменьшения биопотенциала действия функциональных мышечных групп, что позволяет сохранить баланс положения тела по вертикали [Майерс Т., 2012]. Подобная тенденция была отмечена в *группе 1* на этапе 3, где происходило дальнейшее снижение биопотенциала жевательных мышц. Одним из отличий между пациентами *группы 1*, лечившихся с применением аппарата Twin Force, и группой 2, явилось наличие в *группе 1*, отрицательной корреляционной взаимосвязи *между биопотенциалом действия жевательных и надподъязычных мышц* ($K_p=-0,93$). Подобное отличие связано с гиперпротрузионным положением нижней челюсти при применении аппарата Twin Force и повышением биопотенциала действия группы надподъязычных мышц на 3-ем этапе. В дальнейшем формирование множественных окклюзионных контактов привело к снижению активности группы надподъязычных мышц и повышению биопотенциала действия жевательной мускулатуры.

Анализ корреляционных *показателей электромиографии с показателями компьютерной топографии* показал, что на 1-ом этапе у женщин установлена общая корреляционная взаимосвязь между *боковым отклонением остистых отростков вправо и биопотенциалом действия трапецевидной мышцы* ($K_p=0,96$). С анатомической точки зрения трапецевидная мышца крепится к остистым отросткам как шейных, так и грудных позвонков. Как следствие, изменение напряжения в данной мышце может влиять на положение позвонков. У мужчин подобной общей тенденции не было выявлено. В дальнейшем у женщин, на этапах лечения, где происходило *снижение биопотенциала действия правой трапецевидной мышцы*, уменьшалось *отклонение остистых отростков вправо*, что является критерием улучшения состояния позвоночного столба ($K_p=0,96$). У мужчин подобной тенденции зафиксировано не было. Также, у женщин

количество корреляционных взаимосвязей между показателями электромиографии и показателями компьютерной топографии на этапах ортодонтического лечения значительно больше, чем у мужчин. Полученные данные свидетельствуют о разном течении приспособительных механизмов в ответ на проводимое ортодонтическое лечение у женщин и мужчин. В более ранних работах оценку полученных данных проводили без учета гендерной принадлежности, что приводило к снижению достоверности данных либо к полному отсутствию корреляционных взаимосвязей по ряду сравниваемых параметров [Червоток А.Е., 2009].

Анализ корреляционных показателей *компьютерной топографии с показателями стабилотрии* выявил ряд закономерностей. У женщин основные корреляционные взаимосвязи в процессе лечения выявлены между *положениями центра давления по оси «X» и наклоном туловища во фронтальной плоскости* ($K_p=0,88$). При этом зависимость между данными показателями независимо от применяемой аппаратуры, линейная – смещение центра давления влево приводит к большему отклонению влево вертикальной оси тела. У мужчин основные корреляционные взаимосвязи выявлены между *положением центра давления по оси «X», оси «Y» и наклоном туловища по сагиттали, и горизонтали* ($K_p=0,88$). При этом, на 2-ом этапе лечения при расширении зубоальвеолярных дуг и снижении окклюзионных контактов в *подгруппе 1б*, лечившихся с применением брекет систем, корреляционные связи формируются между параметрами структур, определяющих положение тела по вертикали в сагиттальной плоскости, в отличие от *подгруппы 2б*, (лечение осуществлялось с применением ортодонтических капп), где корреляционные взаимосвязи выявлены между структурами, отвечающими за *угол скручивания* тела в горизонтальной плоскости ($K_p=0,9$). Подобное отличие в корреляционных взаимосвязях между показателями, определяющими положение тела по вертикали у женщин и мужчин, а также между видом применяемой аппаратуры в *подгруппе 1 б и подгруппе 2б*, может быть объяснено разными механизмами течения приспособительных процессов как по гендерному признаку, так и по виду применяемой аппаратуры в процессе ортодонтического лечения. Так, еще одним важным отличием гендерной принадлежности, является отсутствие корреляционных взаимосвязей у женщин на этапе 2, в отличие от аналогичного этапа у мужчин, где напротив формируется большое число корреляционных взаимосвязей при тех же условиях ($K_p=0,89$). Подобная зависимость, но уже по типу применяемой аппаратуры выявлена на последнем этапе ортодонтического лечения. Так, у пациентов, лечившихся с применением брекет систем с применением аппарата Twin Force отсутствуют корреляционные связи между *показателями компьютерной топографии и показателями стабилотрии*, в

отличие от пациентов, лечившихся с применением ортодонтических капп ($K_{п}=0,87$).

Следует отметить, что полученные данные согласуются с выводами ряда авторов, занимающихся изучением приспособительных реакций организма [Польма Л.В., 2017; Кастаньо Е.Б., 2019; Wong D. et al., 2011; Lickteig R. et al., 2012; Lin C.S., 2018], но вносят новые данные при оценке адаптационных механизмов нейромышечной системы зубочелюстного комплекса при ортодонтическом лечении.

Таким образом, проведенное исследование позволило выявить особенности процессов адаптации нейромышечной системы к проводимому ортодонтическому лечению у пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов, а также оценить влияние поструральных показателей и центральных механизмов нейромышечной регуляции.

Выводы

1. После проведения ортодонтического лечения у всех пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов происходит достоверное увеличение верхнего и нижнего зубных рядов, а также нормализация переднего отрезка верхнего и нижнего зубных рядов. По данным цефалометрического анализа боковой ТРГ установлена нормализация соотношения зубных рядов осуществляется за счет дистального смещения зубов верхней челюсти.

2. У пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов до лечения в 60% случаев отмечается преобладание активности височных мышц над собственно жевательными в 1,2 раза, в 40% случаев - биопотенциал действия жевательных мышц выше, при этом не наблюдается превалирования в активности между жевательными мышцами.

3. Во всех группах обследуемых основное снижение биопотенциала действия жевательных мышц (в 1,5-1,95 р.) происходит на этапах, связанных с изменениями фиссуρο-бугорковых контактов в процессе ортодонтического лечения, что приводит к перегрузке отдельных групп зубов и активации периодонто-мышечного рефлекса, и восстановление величины биопотенциала жевательных мышц в конце ортодонтического лечения, что свидетельствует о процессе приспособления к вновь сформированным окклюзионным контактам и перераспределению активности жевательной мускулатуры с формированием более гармоничного жевательного паттерна.

4. По данным функциональной МРТ в процессе ортодонтического лечения во всех группах пациентов в ответ на перегрузку отдельных групп зубов происходит не только падение биопотенциала действия жевательной мускулатуры, но и уменьшение количества активных нейронов моторной коры головного мозга. К

концу лечения, в процессе формирования множественных фиссуρο-бугорковых контактов, происходит повышение активности жевательной мускулатуры с ростом количества активных нейронов, отвечающих за регуляцию функции жевания.

5. Изменение числа активных нейронов в коре головного мозга на этапах ортодонтического лечения свидетельствует о поэтапном формировании новой жевательной функции в процессе ортодонтического лечения. Уменьшение числа активных нейронов спустя 6 месяцев после окончания ортодонтического лечения, указывает как на формирование новой автоматической жевательной функции, так и на высокую степень адаптации нейро-мышечной системы зубо-челюстного комплекса к изменениям окклюзионных взаимоотношений.

6. По данным стабилومتрии установлено, что чем более выражено снижение биопотенциала действия жевательной мускулатуры, тем больше отклонение центра давления от изначальной позиции. При этом у женщин происходит смещение центра давления кпереди, по сагиттали (ось Y). У мужчин преимущественное смещение центра давления наблюдается во фронтальной плоскости (ось «X»). Возвращение центра давления как по оси «X», так и по оси «Y» после окончания ортодонтического лечения служит маркером положительного течения адаптации в процессе формирования новых окклюзионных взаимоотношений.

7. По данным компьютерной топографии во всех группах обследуемых в процессе ортодонтического лечения общий интегральный индекс ориентации и формы туловища от этапа к этапу изменяется, что свидетельствует о том, что изменения структур опорно-двигательного аппарата, отвечающих за положения тела, являются маркерами течения адаптационных процессов.

8. Во всех группах обследованных пациентов самые многочисленные корреляционные взаимосвязи при $K_{\text{п}} \geq 0.87$ установлены между показателями биопотенциала действия жевательной мускулатуры и показателями, определяющими число активных нейронов в моторной коре головного мозга, что свидетельствует о взаимном влиянии данных параметров в процессе ортодонтического лечения. На этапах лечения, где установлена обратная корреляционная взаимосвязь при $K_{\text{п}} = -0.87-0.94$ между данными параметрами, действует нелинейная зависимость, связанная либо с включением периодонто-мышечного рефлекса, либо с окончанием формирования новой жевательной функции.

9. По данным корреляционного анализа при ортодонтическом лечении пациентов с дистальной окклюзией выявлены высокие корреляционные взаимосвязи показателей биоэлектрической активности жевательных мышц, грудинно-ключично-сосцевидных (ГКС) мышц с показателями

статокинезиограмм и компьютерной топографии ($K_{\text{п}} = 0,95$, $K_{\text{п}} = 0,99$), что свидетельствует о высокой роли ГКС мышц в формировании взаимосвязи зубочелюстной системы и постурального статуса.

10. В группе пациентов, лечившихся с применением брекет систем, на 3-ем этапе ортодонтического лечения, после снятия аппарата Twin Force, установлено достоверное ($p < 0,001$) увеличение индекса латерализации относительно предыдущего этапа лечения, в отличие от группы пациентов, лечившихся с применением капп, что свидетельствует об эффективности совместного применения аппарата Twin Force и брекет-системы и о более значительном изменении окклюзионных контактов, что приводит к резкому изменению жевательной функции. В отличие от этого, ортодонтические каппы, постепенно меняя окклюзионные контакты, вероятно, оказывают более плавное воздействие на адаптационно-компенсаторные ресурсы организма.

Практические рекомендации

1. Выявление биоэлектрической активности височных, собственно жевательных, грудино-ключично-сосцевидных мышц и трапециевидных мышц с помощью поверхностной электромиографии, определение состояния моторной коры головного мозга на фМРТ томографе, постурального статуса на стабиллоплатформе и компьютерном топографе, рекомендованы на всех этапах ортодонтического лечения для мониторинга состояния нейромышечной системы зубочелюстного комплекса в процессе ортодонтического лечения и оценки уровня адаптации к изменениям окклюзионных взаимоотношений в конце лечения. Данные методы исследования возможно применять со стандартной ортодонтической диагностикой (клинических методов обследования, антропометрическое измерение гипсовых моделей зубных рядов, телерентгенография, ортопантомография) и применять прежде всего до и после окончания ортодонтического для оценки эффективности проведенного лечения и необходимости дальнейшего вмешательства, а также определения сроков ретенции.

2. На основании проведенного исследования можно рекомендовать использовать такой показатель электромиографического исследования, как суммарный биопотенциал жевательной мускулатуры, измеряемый отдельно с правой и левой стороны. Критериями благоприятного течения адаптации в нейромышечной системе зубо-челюстного комплекса в процессе ортодонтического лечения является: симметричное распределения величин суммарных биопотенциалов справа и слева; снижение суммарных биопотенциалов с правой и левой стороны по окончании ортодонтического лечения в сравнении с показателями до лечения.

3. При доказанной, на основании корреляционного анализа, связи между биоэлектрической активностью жевательных мышц и числом активных нейронов моторной коры головного мозга возможно рекомендовать такой параметр как индекс латерализации для оценки степени адаптации нейро-мышечной системы зубо-челюстного комплекса. При значении данного индекса ≥ 0.1 , считать функциональное состояние зубо-челюстной системы как декомпенсированное, что может привести к рецидиву результата ортодонтического лечения.

4. На основании проведенного исследования следует рекомендовать такой показатель относящийся к фМРТ, как сумма вокселей, для оценки степени адаптации нейромышечной системы к проведенному ортодонтическому лечению. Увеличение числа вокселей после лечения свидетельствует о неблагоприятном ходе приспособительных процессов в зубо-челюстном комплексе в ответ на ортодонтическое лечение.

5. При мониторинге пострурального статуса по данным стабилومتрии у женщин с дистальной окклюзией зубных рядов рекомендуется использовать такой параметр, как положение центра давления по оси «Y», у мужчин – положение центра давления по оси «X», для оценки степени адаптации к изменениям в зубо-челюстной системе как на этапах, так и после окончания ортодонтического лечения.

6. При мониторинге пострурального статуса по данным компьютерной топографии при дистальной окклюзии зубных рядов следует использовать для оценки степени адаптации следующие показатели компьютерной топографии: у женщин - наклон туловища во фронтальной плоскости, боковое отклонение остистых отростков; у мужчин - наклон туловища в сагиттальной плоскости, угол скручивания туловища в горизонтальной плоскости. Уменьшение значения данных показателей или возвращение в исходное состояние следует считать маркером адаптации нейро-мышечной системы к изменениям зубо-челюстного комплекса в процессе ортодонтического лечения.

7. В связи с особенностями в работе с ортодонтическими каппами, такими как: поэтапное перемещение зубов в зависимости от плоскости; формирование дизокклюзии в боковых отделах, что приводит к более длительному лечению по сравнению с применением аппарата Twin Force. Средняя разница в сроках лечения составила 6 месяцев. Данный показатель следует учитывать при построении плана лечения и информировании пациента.

8. На основании проведенного исследования следует рекомендовать алгоритм функциональной диагностики у пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов для мониторинга ортодонтического лечения с применением следующих методов и критериев оценки: электромиография – суммарный биопотенциал жевательных мышц с правой и левой стороны; фМРТ – индекс латерализации, суммарное

количество вокселей; стабилметрия – для женщин - положение центра давления по оси «Y», для мужчин - положения центра давления по оси «X»; компьютерная топография – для женщин - наклон туловища во фронтальной плоскости, боковое отклонение остистых отростков; для мужчин - наклон туловища в сагиттальной плоскости, угол скручивания туловища в горизонтальной плоскости.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Кречина, Е.К. К вопросу о релевантных показателях стабилметрического исследования в стоматологической практике / Е.К. Кречина, И.В. Погабало, О.В. Кубряк, С.С. Гроховский, **Н.М. Марков** // *Стоматология*.-2012.-№6. – С. 72-74.

2. Верзилова, М.В. Комплексный подход к диагностике пациентов с дистальной окклюзией/ М.В. Верзилова, Е.К. Кречина, И.В. Погабало, **Н.М. Марков**, А.А. Горин, С.А. Бабаев//*Ортодонтия*. – 2013. – №2. – С.35-36.

3. **Марков, Н.М.** Стабилметрия как диагностический метод в ортодонтии / Н.М. Марков, И.В. Погабало, Е.К. Кречина, А.А. Горин, М.В. Верзилова, О.С. Рон, Т.Л. Зайка//*Клиническая стоматология*.-2013.-№2.- С.18-21.

4. Иванов, В.В. Влияние зубочелюстной системы на поструральный статус пациента /В.В. Иванов, **Н.М. Марков** // *Мануальная терапия*.-2013. -№3(51). - С. 83-89.

5. Кречина, Е.К. Взаимосвязь между биоэлектрической активности мышц челюстно-лицевой области, поструральным статусом и функцией жевания у пациентов с дистальной окклюзией в период смены зубов/ Е.К. Кречина, И.В. Погабало, М.В. Верзилова, **Н.М. Марков** // *Стоматология*. – 2013. – №4. – С.57-61.

6. Иванов, В.В. Сравнительная эффективность мягкотканых миофасциальных техник и ортодонтического лечения пациентов с лицевыми болями и цервикокраниалгиями, обусловленными дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава/ В.В. Иванов, К.В. Лядов, Т.В. Шаповаленко, Т.З. Ан, Н.М. Марков // *Материалы VI Международного конгресса «Санаторно-курортное оздоровление, лечение и реабилитация больных социально значимыми и профессиональными заболеваниями»*. - М., 2014.-С. 70-73.

7. Маркова, М.В. Мультифакторный анализ наклона фронтальной окклюзионной плоскости у лиц с нарушениями функции височно-нижнечелюстного сустава при мышечно суставной форме трансверсальной резцовой окклюзии/ М.В. Маркова, Л.В. Польша, Л.С. Персин, А.Н. Цирук, **Н.М. Марков** // *Ортодонтия*. – 2014. – №3. – С.83-84.

8. Маркова, М.В. Мультифакторный анализ наклона трансверсальной окклюзионной плоскости у лиц с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава

при трансверсальной резцовой окклюзии / М.В. Маркова, Л.С. Персин, А.Н. Дебелая, **Н.М. Марков** // **Ортодонтия**. – 2015. – №3. – С.18-26.

9. Иванов, В.В. Сравнительная оценка результативности остеопатической коррекции и ортодонтического лечения у пациентов с цервикокраниалгией, обусловленной дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава/ В.В. Иванов, **Н.М. Марков**, Н.В. Текутьева, Т.З. Ан// **Российский остеопатический журнал**.-2016.-№1-2(32-33).- С. 67-74.

10. Иванов, В.В. Нейропластичность моторной коры головного мозга на примере ортодонтического лечения пациентов с патологией прикуса/ В.В. Иванов, Н.М. Марков, Е.К. Кречина, Т.В. Шаповаленко, К.В. Лядов //Материалы VIIIмеждународного Конгресса «Нейрореабилитация».-М., 2016.- С.148-150.

11. Марков, Н.М., Взаимосвязь изменения активности жевательных мышц и моторных зон коры головного мозга при лечении пациентов с дистальной окклюзией/ Н.М. Марков, М.В. Маркова, В.В. Иванов, Е.К. Кречина //Стоматология.-2016.- №6-2.-С. 94-95.

12. Марков, Н.М. Адаптационные изменения нейромышечной системы в процессе ортодонтического лечения/ Н.М. Марков, Е.К. Кречина, В.В. Иванов //Стоматология.-2017.-№6(2).- С. 48-49.

13. Иванов, В.В. Изменение постурального статуса при ортодонтическом лечении нарушений прикуса/ В.В. Иванов, Е.Е. Ачкасов, **Н.М. Марков**, Е.К. Кречина //Стоматология. - 2018. -№1. – С.50-53.

14. Марков, Н.М. Оценка результатов компьютерной топографии в процессе ортодонтического лечения/ Н.М. Марков, В.В. Иванов, Е.К. Кречина, И.В. Погабало // Стоматология.-2018.-№6(2). – С.66-67.

15. Марков, Н.М. Стабилометрические показатели как маркер приспособительных реакций организма при ортодонтическом лечении/ Н.М. Марков, В.В. Иванов, Е.К. Кречина, И.В. Погабало // Стоматология.-2018.-№6(2). – С.67.

16. Кубряк, О.В. Достижение консенсуса и стандартизация методов в стоматологии на примере исследований опорных реакций (постурографии, стабилотрии) / О.В. Кубряк, **Н.М. Марков**, Е.К. Кречина, И.В. Погабало, Е.В. Рожнова// **Стоматология**. – 2019. - №4. – С.103-106.

17. **Марков, Н.М.** Взаимосвязь изменения активности жевательных мышц и моторных зон коры головного мозга при лечении пациентов с дистальной окклюзией/ Н.М. Марков, В.В. Иванов, Е.К. Кречина, И.В. Погабало, А.Д. Румшиская, Е.В. Рожнова // **Стоматология**. – 2019. -№3. – С. 71-79.

18. **Марков, Н.М.** Стабилометрия как метод оценки влияния ортодонтического лечения на постуральный статус у пациентов с дистальной

окклюзией / Н.М. Марков, В.В. Иванов, Е.К. Кречина, И.В. Погабало// **Стоматология для всех**. – 2019. - №2. – С.16-21.

19. Markova, M.V. Analysis of the frontal occlusal plane position in temporomandibular disorder patients with mandibular asymmetry/ M.V. Markova, N.M. Markov, L.S. Persin, A.N. Tsiрук, I.A. Rubleva //90th congress of the European Orthodontic Society – 2014.- N 1. - P.36-37.

20. Markova, M.V. Functional magnetic resonance imaging as a diagnostic tool for orthodontic treatment assesment in patients with distal occlusion/ M.V. Markova, V.V. Ivanov, N.M. Markov, E.K. Krechina, K.N. Lyadov //91thcongress of the European Orthodontic Society. Congress-book. - 2015. - N 1. - P.130.

21. Markova, M.V. Integrated assesment of musculoskeletal disorders in temporomandibular joint dysfunction in patients with vertical type of postural adaptation/ M.V. Markova, L.V. Polma, L.S. Persin, A.N. Debelaya, N.M. Markov //91thcongress of the European Orthodontic Society. Congress-book. - 2015. - N 1. - P.130-131.

22. Ivanov, V.V. Combined osteopathic and orthodontic treatment in facial pain patients associated with temporomandibular joint disorders/ V.V. Ivanov, **N.M. Markov**, T.Z. An, T.V. Shapovalenko, K.N. Lyadov // **European Journal of physical and rehabilitation medicine**. - 2016.- N 1.- P.256.