

**Общество с ограниченной ответственностью**

**«Инфотель»**

Е.В. Бугорский, Ю.П. Данилов, Р.М. Городничев, С.М. Иванов, В.В. Маркевич, С.А. Моисеев, Е.А. Пивоварова, А.М. Пухов, И.Т. Выходец

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТРАНСЛИНГВАЛЬНОЙ СПАЙК-  
СТИМУЛЯЦИИ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ  
ПСИХОМОТОРНЫХ И НЕЙРОРЕГУЛЯТОРНЫХ  
ФУНКЦИЙ СПОРТСМЕНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ  
СПОРТА**

Методические рекомендации

**Под редакцией проф. В.В. Уйба**

Москва 2019

ГРНТИ 76.35.41  
УДК 61:796/799

Утверждены Ученым советом ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства» и рекомендованы к изданию (протокол № 24 от 26.09.2019 г.). Введены впервые.

Е.В. Бугорский, Ю.П. Данилов, Р.М. Городничев, С.М. Иванов, В.В. Маркевич, С.А. Моисеев, Е.А. Пивоварова, А.М. Пухов, И.Т. Выходец. Методические рекомендации по применению транслингвальной спайк-стимуляции для модифицирования психомоторных и нейрорегуляторных функций спортсменов в различных видах спорта. Методические рекомендации. Под ред. проф. В.В. Уйба // М.: ФМБА России, 2019. – 66 с.

Методические рекомендации предназначены для медицинского персонала спортсменов, врачей по спортивной медицине, медицинских психологов, врачей-специалистов, оказывающих медицинскую помощь спортсменам, а также аспирантов, ординаторов и студентов медицинских вузов и других специалистов, непосредственно участвующих в медицинском и медико-биологическом обеспечении спортсменов.

ГРНТИ 76.35.41  
УДК 61:796/799

- © Федеральное медико-биологическое агентство, 2019
- © ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, 2019
- © Общество с ограниченной ответственностью «Инфотель», 2019

Настоящие методические рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без разрешения Федерального медико-биологического агентства

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСЛИНГВАЛЬНОЙ СПАЙК-СТимуЛЯЦИИ .....	6
2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТРАНСЛИНГВАЛЬНОЙ СПАЙК-СТимуЛЯЦИИ .....	9
3 МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСЛИНГВАЛЬНОЙ СПАЙК-СТимуЛЯЦИИ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПСИХОМОТОРНЫХ И НЕЙРОРЕГУЛЯТОРНЫХ ФУНКЦИЙ СПОРТСМЕНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СПОРТА .....	11
3.1 Влияние транслингвальной спайк-стимуляции на силовые способности спортсменов .....	13
3.2 Эффекты транслингвальной спайк-стимуляции на психофизиологическое состояние спортсменов: сложную зрительно-моторную реакцию, скорость переключения внимания .....	17
3.3 Изменение стабิโลграфических показателей спортсменов под воздействием транслингвальной спайк-стимуляции .....	27
3.4 Влияние транслингвальной спайк-стимуляции на моторные ответы нижних конечностей, вызываемые чрескожной электрической стимуляцией спинного мозга .....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	56

## ВВЕДЕНИЕ

Современный спорт высших достижений предъявляет спортсменам все более и более высокие требования к физической и функциональной подготовленности. Большое количество соревнований, возрастающая конкуренция на спортивном олимпе требуют от спортсменов поддержания высокой спортивной формы на протяжении всего соревновательного сезона для завоевания квот участия в Олимпийских играх, Чемпионатах Мира и Европы, для участия в борьбе за очки этапов Кубков Мира и других престижных турниров.

Для реализации резервов физических возможностей организма спортсменов и выведения его на новый уровень готовности привлекаются специалисты из различных областей знаний. Применяются различные педагогические подходы, проводятся тренировочные мероприятия в условиях средне- и высокогорья. В значительной степени в этом вопросе продвинулась фармакология. Технический прогресс позволяет создавать более эргономичный и совершенный спортивный инвентарь, что только стимулирует рост спортивных результатов.

Наряду с этим, актуальным остается вопрос поиска новых недопинговых методик сопровождения функциональной подготовки спортсменов. Достижения электрофизиологии позволяют применять инновационные воздействия на нейромышечный аппарат и в зависимости от поставленных задач способствовать развитию физических качеств, оказывать восстановительные мероприятия после физических нагрузок или реабилитацию после перенесенных травм. Для этого применяют электрическую или электромагнитную стимуляцию мышц, нервов и спинного мозга, поляризацию головного мозга.

Относительно новым методом является нейромодуляторная стимуляция. Доказана ее эффективность применения в клинике и нейрореабилитации на пациентах, страдающих различными заболеваниями или перенесших какие-

либо травмы. Эффекты воздействия нейромодуляторной стимуляции у здоровых людей или спортсменов в доступной отечественной и зарубежной печати практически не отражены. Логично было предположить, что нейромодуляторное стимуляционное воздействие, наносимое в состоянии относительного мышечного покоя, будет сопровождаться изменениями функционального состояния спортсменов и полученные результаты позволят целенаправленно влиять на те или иные стороны его функциональной подготовки.

## **1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСЛИНГВАЛЬНОЙ СПАЙК-СТИМУЛЯЦИИ**

В настоящее время в зарубежной и отечественной литературе нет опубликованных достоверных результатов при использовании метода нейромодуляторной стимуляции для развития двигательных качеств человека или улучшения достижений в спорте.

Нейромодуляторная стимуляция применяется уже достаточно давно. При этом основные направления её использования лежат в области нейрореабилитации (черепно-мозговая травма, инсульт, спинальные травмы, рассеянный склероз, нарушения функций мозжечка, миопатии, боли, эпилепсия), в некоторых случаях рассматривалось восстановление после спортивных травм (L. D. A. Paget, 2017). В ряде исследований с использованием нейромодуляторной стимуляции показано, что она способна улучшать моторный контроль мышц (например, в процессе восстановления после инсультов) (J. Fan, 2017; N. Kang, 2015), но применение таких методик для улучшения моторного контроля у здоровых людей пока не исследовалось. В последнее время активно развиваются исследования по использованию нейростимуляции с целью улучшения и ускорения обучаемости людей в профессиональной области (пилоты, военные). Это включает в себя развитие памяти, внимания, концентрации, скорость принятия решений, в том числе некоторых моторных навыков (J. Choe, 2016). Еще одно направление в применении не инвазивной нейростимуляции - это общая активация или релаксация активности мозга (S. Enriquez-Geppert, 2013). Следует отметить, что результаты, полученные в результате многочисленных исследований, пока не очень убедительны. Это связано с индивидуальной вариабельностью и низкой воспроизводимостью результатов измерений. (L.D. Beaulieu, 2017; K. Malottki, 2008)

Вышеперечисленные способы нейромодуляторной стимуляции индуцируют активацию нейронов мозга извне и нефизиологическим

способом. Наряду с этими, ставшими уже популярными методами нейромодуляции (транскраниальная магнитная стимуляция, электростимуляция, микрополяризация мозга), появляются работы, связанные с использованием нового вида нейромодуляторной стимуляции - транслингвальной спайк-стимуляции. Предлагаемая транслингвальная стимуляция активирует мозг естественным образом. Электрические импульсы, подаваемые на язык, превращаются на поверхности языка в нервные импульсы и активируют ядра ствола мозга, мозжечка и спинного мозга по естественным путям (черепно-мозговым нервам). Некоторыми авторами показан значительный положительный эффект такой стимуляции при дисфункции мозжечка, нарушении функции равновесия (L. D. Andisheh Bastani, 2018; Y. Danilov, 2015 ; L. Eduardo Cofré Lizama, 2018; J. C. Wildenberg, 2010;). Отмечаются значительные положительные сдвиги в улучшении походки в реабилитационный период при хроническом рассеянном склерозе (M. E. Tyler, 2014). Направление лингвальной стимуляции рассматривается как перспективный метод естественной стимуляции с широким спектром применения в нейрореабилитации и других видах нейромодуляторного воздействия на организм человека (Y. Danilov, 2015).

Стоит отметить, что в нескольких пилотных и не опубликованных исследованиях было отмечено несколько эффектов нейростимуляции, важных для усиления атлетических характеристик спортсменов.

Нейростимуляция и одновременная тренировка равновесия и позы приводит к улучшению контроля мышц и общей релаксации спортсменов. Например, проводились предварительные исследования и получены положительные результаты в следующих направлениях:

- Стрельба из пистолета (стабилизация позы, дыхания, релаксация)
- Фигурное катание (улучшение равновесия, координации движений, обучаемость, стрессоустойчивость)
- Велоспорт (координация движений, снижение утомляемости, скорость восстановления)

- Бокс и боевые искусства (координация и точность движений, скорость реакции, сила удара)
- Кросс фитнес (увеличение силовых характеристик, подъем с “плато”)
- Легкая атлетика (координация, скоростные характеристики)

Применение транслигвальной спайк-стимуляции в спорте для улучшения физических качеств и повышения эффективности реабилитационных процедур требует дальнейшего детального изучения и рассматривается как перспективное направление.

## 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТРАНСЛИНГВАЛЬНОЙ СПАЙК-СТИМУЛЯЦИИ

Транслингвальная спайк-стимуляция осуществлялась с помощью портативного прибора стимулятора со следующими характеристиками:

- наличие встроенного таймера;
- питание от встроенного аккумулятора;
- возможность регулировать силу стимуляции;
- форма сигнала монофазная;
- порядок подачи стимуляции - пакет из трех импульсов, один интервал между пакетами;
- частота импульсов 50-200 Гц, длительность импульса от 16 до 60 микросекунд, пиковое напряжение от 0 до 15 V, сила тока стимуляции - пиковое значение тока от 0 до 12,5 микроампер;
- электроды для портативного стимулятора - стимулирующая матрица электродов весом 20 гр., размер стимулирующей матрицы электродов 20x50 мм.

Во время сеанса электрод плоской стороной накладывается на язык, кончик языка должен располагаться непосредственно за электродами (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид проведения сеанса транслингвальной спайк-стимуляции

Сеанс стимуляции запрограммирован на 20 минут и при необходимости может быть приостановлен или прекращен до истечения этого времени. В

момент окончания сеанса стимуляции прибор издает звуковой сигнал, после этого мундштук извлекается изо рта и снимается блок управления. Отсоединенный мундштук подвергается очистке и дезинфекции. Хранение продезинфицированного электрода осуществляется в пластиковом контейнере. Перед каждым применением мундштук дополнительно протирается спиртом.

### **3 МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСЛИНГВАЛЬНОЙ СПАЙК-СТИМУЛЯЦИИ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПСИХОМОТОРНЫХ И НЕЙРОРЕГУЛЯТОРНЫХ ФУНКЦИЙ СПОРТСМЕНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СПОРТА**

В соответствии с программой квази-экспериментального исследования по оценке транслингвальной спайк-стимуляции на психомоторные и нейрорегуляторные функции спортсменов различной квалификации по видам спорта были проведены исследования: способности спортсменов к поддержанию вертикальной позы и к управлению положением центра давления; времени реакции выбора спортсмена, способности к распределению внимания; состояния мышечного аппарата рук и ног.

Исследование проводилось на базе Научно-исследовательского института Проблем спорта и оздоровительной физической культуры ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта» с 25 июня по 26 августа 2018 года. В общей сложности в эксперименте приняли участие 33 спортсмена в возрасте от 18 до 36 лет, специализирующиеся в видах спорта – стрельба из лука и легкоатлетический бег на разные дистанции. Все испытуемые были предупреждены об условиях исследования и дали письменное согласие на участие в нем в соответствии с Хельсинкской декларацией и нормами российского и международного права.

Испытуемые были разделены на несколько групп. Первая группа испытуемых в количестве 14 человек подвергалась однократной 20-минутной транслингвальной спайк-стимуляции. Испытуемые второй группы в течение 10-ти дней ежедневно стимулировались в течение 20 минут. Вторая группа состояла из спортсменов двух видов спорта: легкоатлетический бег на разные дистанции (n=7) и стрельба из лука (n=6). Третья группа – контрольная (n=6), испытуемым которой устанавливался электрод на язык на то же время, что и испытуемым экспериментальных групп, но без включения прибора (плацебо-воздействие).

Транслингвальная спайк-стимуляция осуществлялась с помощью двух портативных стимуляторов TLNS (ООО «Альматек»). Электрод плоской стороной накладывался на язык, кончик языка располагался непосредственно за электродами. Форма сигнала монофазная и состояла из трех импульсов, один интервал между пакетами. Частота импульсов от 50 до 200 Гц и длительностью импульса от 16 до 60 микросекунд, пиковая сила тока стимуляции - от 0 до 12,5 микроампер. Сеанс стимуляции был запрограммирован на 20 минут. В течение этого времени испытуемый находился в кресле в полулежачем положении в состоянии относительного мышечного покоя. Сила воздействия отображалась на дисплее блока управления в условных единицах от 0 до 60 и подбиралась индивидуально для каждого испытуемого по субъективным ощущениям. В процессе 20-минутной стимуляции сила воздействия несколько увеличивалась в связи с адаптацией к стимуляционному воздействию.

До и после воздействия/плацебо у испытуемых регистрировались параметры, отражающие психомоторные, нейрорегуляторные функции и состояние мышечного аппарата рук и ног по следующим методикам:

- стабิโลграфические тесты: проба Ромберга и тест с эвольвентой (Стабилан-01, ЗАО ОКБ «Ритм»)
- психофизиологические тесты: реакция выбора и красно-черные таблицы Шульте-Платонова (НС-ПсихоТест, ООО Нейрософт);
- электронейромиографические тесты: вызванные мышечные ответы при электростимуляции спинного мозга (Нейро-МВП-8, ООО Нейрософт);
- кистевая динамометрия посредством механического кистевого динамометра ДК-100.

При изучении влияния однократной 20-минутной транслингвальной спайк-стимуляции регистрация психомоторных и нейрорегуляторных функций спортсменов осуществлялась до стимуляции, сразу после

стимуляции, через 20 и 40 минут после прекращения стимуляции. Таким образом, проводились четыре «среза» исследуемых параметров.

Программа 10-дневного курса влияния транслингвальной спайк-стимуляции предусматривала тестирование спортсменов до начала стимуляции (принималась за фоновые данные), на пятый и десятый день стимуляции. Протокол исследования предусматривал регистрацию исследуемых параметров в каждый из перечисленных тестовых дней до транслингвальной спайк-стимуляции, сразу после ее окончания, через 20 и 40 минут.

Перед началом исследования у испытуемого собирался анамнез, предоставлялась полная и понятная информация о характере, целях и продолжительности данного исследования, и получалось согласие на добровольное участие в экспериментах.

### **3.1 Влияние транслингвальной спайк-стимуляции на силовые способности спортсменов**

Одним из важных показателей функционального состояния человека, особенно в период восстановления после больших спортивных нагрузок, реабилитации после спортивных травм и различных заболеваний является сила кистей рук. Результаты кистевой динамометрии отображают способность к моментальному развитию максимальной силы мышцами-сгибателями кисти. Динамика этого показателя может свидетельствовать о изменении функционального состояния моторной системы человека. Результаты кистевой динамометрии могут быть получены быстро и без применения сложной дополнительной аппаратуры, что увеличивает практичность этого теста. В клинической и спортивной практике кистевая динамометрия используется как надёжный метод экспресс-тестирования силы мышц рук при различных состояниях человека. Так, она широко применяется в практике тестирования пациентов в период реабилитации после инсульта (С. Carvalho,

2013; J.C. Martins, 2015, 2016), при миопатиях и других заболеваниях или состояниях (P. B. Pfister, 2018; T. Stark, 2011). В спорте динамометрия применяется в процессе тестирования в период реабилитации после травм, при комплексном тестировании и в других случаях (S. Jaric, 2002). Кистевая динамометрия может проводиться посредством механического кистевого динамометра (Рисунок 2).



Рисунок - 2. Механические кистевые динамометры ДК-100 и ДК-140

Регистрация кистевой динамометрии производится в исходном положении стоя, исследуемая рука вытянута вперёд (Рисунок 3). Испытуемый выполняет по три попытки каждой рукой с паузой отдыха 30 секунд. Затем полученные данные усредняются. В некоторых случаях (реабилитация после инсульта) допустимо использование однократного измерения силы кистей рук. В работах некоторых авторов (L. Tavares, 2018) показана достаточная надёжность однократного измерения по сравнению с трёхкратным с последующим усреднением.



Рисунок 3 – Общий вид регистрации кистевой динамометрии

*Результаты влияния транслингвальной спайк-стимуляции на параметры кистевой динамометрии.* После однократного 20 минутного лингвального стимуляционного воздействия, достоверных изменений силы кисти рук после стимуляции по сравнению с исходными значениями не выявлено. Однако, отмечена тенденция к незначительному плавному снижению результатов динамометрии (в среднем на 5-6% к фону) в группе легкоатлетов на обеих руках от фона к 40 минуте восстановления после транслингвальной спайк-стимуляции и приросту силы (на 5-6% к фону) правой кисти в группе лучников сразу после стимуляции с плавным снижением этого показателя до уровня фоновых значений к 40 минуте отдыха.

В результате 10 дневного (курсового) стимуляционного воздействия транслингвальной спайк-стимуляции сила кисти испытуемых достоверно изменилась лишь в одном из экспериментальных условий – на 10 день исследования в группе легкоатлетов. Фоновое значение силы правой кисти в этом случае достоверно увеличилось на 13,5% по сравнению с фоновым значением второго среза (5 день). Однако, по сравнению с фоновым значением первого среза (исходное значение) это увеличение составило лишь 5% и не

являлось статистически значимым. В целом, в группе легкоатлетов для обеих рук наблюдалась тенденция недостоверного снижения показателей силы кисти рук от 1 к 5 дню исследования и роста этого показателя от 5 к 10 дню исследования. Так, в группе легкоатлетов наблюдалось снижение показателей силы кисти на 5-й день исследования и тенденция к росту силы кисти до уровня выше исходных к 10-му дню. У группы лучников, напротив, наблюдалось незначительное увеличение показателей силы кисти на 5-ый день исследования и незначительное их снижение до значений ниже исходных к 10-му дню стимуляционного воздействия.

*Заключение.* В результате обеих вариантов транслингвальной стимуляции – однократного и курсового воздействия не выявлено однозначных статистически значимых изменений в динамике показателя силы кистей рук испытуемых. У разных групп спортсменов и у разных испытуемых одной группы этот показатель имел тенденцию к изменению в разном направлении, поэтому можно говорить о достаточно индивидуальном воздействии лингвальной стимуляции при сходных параметрах стимуляции. Так, анализ результатов однократного 20 минутного стимуляционного воздействия показал, что в 50% случаев наблюдался рост показателей динамометрии относительно исходных значений, в остальных случаях наблюдалось её снижение. При отдельном рассмотрении всех контрольных срезов показатель силы кисти обеих рук незначительно снизился по сравнению с исходным значением среза более чем в 58% случаев, а в 41,6% случаев наблюдалась тенденция к повышению силы кистей по отношению к фону. При рассмотрении динамики индивидуальных показателей силы кисти правой и левой руки в процессе курсового стимуляционного воздействия были выявлены практически идентичные изменения. Так, в практически 64% случаев наблюдалось снижение силы кистей рук от первого к четвертому срезу, ещё в 9% случаев отмечен её временный прирост с последующим снижением к четвёртому срезу до величин ниже исходных. Незначительный рост показателей динамометрии наблюдался только в 27% случаев.

Всё это даёт возможность говорить о необходимости более тщательного индивидуального подбора параметров транслингвального воздействия, с последующей регистрацией динамики показателей функционального состояния спортсмена, что, несомненно, требует дальнейших уточняющих исследований. На данном этапе работы можно рекомендовать следующее:

1. Не применять транслингвальную стимуляцию непосредственно перед спортивными соревнованиями, требующими проявления взрывной силы, поскольку наблюдается некоторая тенденция к снижению способности к её проявлению в результате применения однократного 20-ти минутного лингвального воздействия.

2. Тщательно подбирать параметры стимуляции и следить за индивидуальной реакцией спортсмена на лингвальное воздействие.

3. Включить курсовое лингвальное воздействие в период реабилитации спортсмена после значительных спортивных нагрузок при внимательном контроле со стороны тренера или врача, поскольку в некоторых случаях подобное курсовое воздействие оказывает позитивное влияние на динамику показателей силы мышц сгибателей кисти.

### **3.2 Эффекты транслингвальной спайк-стимуляции на психофизиологическое состояние спортсменов: сложную зрительно-моторную реакцию, скорость переключения внимания**

Методика оценки времени сложной зрительно-моторной реакции и скорости переключения внимания применяется для определения подвижности нервных процессов в центральной нервной системе.

Сведений о влиянии транслингвальной спайк-стимуляции на психофизиологические параметры в доступной нам литературе обнаружено не было. Однако достаточно широко представлены данные о влиянии электрической и электромагнитной стимуляции отделов центральной нервной системы (ЦНС) на функциональное и психическое состояние. Анализ

литературы по данному вопросу свидетельствует о ее многостороннем влиянии на разные аспекты функционирования организма человека: психологические, нейрофизиологические, вегетативные и другие. Влияние таких видов стимуляции на психофизиологические параметры в литературе описаны в следующих направлениях: в трудовой деятельности; в учебном процессе; в спортивной практике; при лечении нервных и психических заболеваний; в научных исследованиях психофизиологических состояний человека.

В экспериментах Н.Н. Лебедевой исследовали функциональное состояние по показателям электроэнцефалограммы (ЭЭГ), электрокардиограммы (ЭКГ), времени простой и сложной двигательной реакции до и после утомительной работы. В качестве средства, воздействующего на психофизиологическое состояние использовали электромагнитный стимулятор. Результаты исследований показали, что время сложной двигательной реакции ухудшилась после утомительной работы. После стимуляции было показано улучшение функционального состояния (Н.Н. Лебедева и др., 2011).

Описана эффективность использования метода транскраниальной электростимуляции головного мозга для коррекции функционального состояния организма операторов. В работе использовался комплекс методик, позволяющих оценить психофизиологическое состояние организма. Доказано, что курсовое применение транскраниальной электростимуляции эндорфинных структур мозга оказывает стойкое положительное влияние на физиологические и эмоционально-аффективные показатели функционального состояния организма операторов. После проведения курса процедур улучшились работоспособность, самочувствие, активность, настроение, снизились усталость, конфликтность, ситуативная и личностная тревожность. Применение курса транскраниальной электростимуляции головного мозга способствует сохранению профессиональной работоспособности операторов за счет снижения тонуса симпато-адреналовой системы, что, в свою очередь,

снижает физиологическую цену деятельности и оптимизирует уровень функционирования нервной системы. Сделан вывод о возможности использования этого метода для восстановления профессиональной работоспособности операторов (А.А. Корнилова, 2012; А.С. Колеватов, 2012).

В результате исследований, проведенных на курсантах военного вуза А.С. Ковалёв (2004) сделал вывод, что однократный сеанс транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) проводимый в состоянии острого утомления эффективно оптимизирует функциональное состояние организма, снижая уровни систолического давления, ситуативной тревоги, снижает преобладание процессов торможения в ЦНС, способствует увеличению точности работы.

Установлено, улучшение показателей простых сенсомоторных реакций под влиянием транскраниальной электростимуляции (ТЭС), особенно время реакции на звук и движущийся объект. У спортсменов достоверно улучшились показатели времени реакции выбора, степень вработываемости и показатели психической устойчивости. Таким образом, курс ТЭС способствовал оптимизации биоэлектрической активности головного мозга пауэрлифтеров и борцов, уменьшал скорость простых и сложных сенсомоторных реакций и повышал психическую работоспособность (Л.Г. Роголева, 2016). Авторы исследовали эффективность ТЭС для коррекции «предстартового синдрома» (при однократном применении) и для повышения физической работоспособности (при курсовом применении). Установлено, что во время ТЭС наблюдалась умеренная активация симпатической нервной системы. Эффекты последствия ТЭС имели гомеостатическую, направленность, изменения регистрируемых параметров после курса ТЭС позволяли охарактеризовать состояние испытуемых как менее напряженное. Использование ТЭС позволяло добиться сходной физической производительности при меньшей напряженности систем вегетативного обеспечения работы (О.Л. Виноградова и др., 2009).

Электрическое воздействие на структуры центральной нервной системы (ЦНС) человека активно применяется в лечении нервных и психических

заболеваний у взрослых и детей (О.В. Богданов и др., 2002; В.А. Илюхина и др., 2006; Н.П. Бехтерева и др., 2008).

Транскраниальное электрическое воздействие используется в психофизиологических исследованиях здоровых лиц (J. Baudewig et al., 2001; М.А. Nitshe, 2002; А. Rogalewski, 2004). В работах показаны виды эффектов транскраниальной электростимуляции: стимуляция репаративной регуляции; стимуляция иммунитета; обезболивание; нормализация сосудистой регуляции; нормализация психофизиологического статуса; антиалкогольное и антинаркотическое действие. В число важных и не до конца еще решенных проблем входит понимание механизмов длительности последствий слабых постоянных токов, что проявляется не только в изменениях возбудимости в зоне аппликации тока и дистантно расположенных мозговых структурах, но и в пролонгированном нарастании эффектов транскраниального воздействия после его окончания.

Феномен пролонгированного действия слабых токов на мозговые механизмы при транскраниальной стимуляции связывают со следовыми изменениями синаптических потенциалов, которые не только сохраняются в течение месяцев, но и усиливаются при повторных воздействиях. Этот феномен определяют как феномен долговременной потенциации (ДВП). Под влиянием транскраниального воздействия слабым током возникают значительные ультраструктурные перестройки, свидетельствующие о повышении синаптической активности (Г.А. Вартамян, 1980; В. П. Лебедев, 2001).

*Методика проведения психофизиологического тестирования.* Для регистрации времени сложной зрительно-моторной реакции целесообразно использовать психофизиологический комплекс «НС-Психотест» (Нейрософт, г. Иваново) или ему аналогичные. При проведении методики «Реакция выбора» испытуемый держит в руках зрительно моторный анализатор, большие пальцы рук располагаются непосредственно на кнопках (Рисунок 4). Зрительно моторный анализатор представляющий собой соединенный с

компьютером прямоугольный прибор небольших размеров (13x8x2 см.) с двумя кнопками (зеленой и красной) и мультицветным светодиодным индикатором.



Рисунок 4 – Общий вид прохождения теста «Реакция выбора»

В процессе теста светодиодный индикатор с хаотичным временным интервалом (от 0,5 до 2,5 секунд) загорается зеленым или красным цветом, при этом задача испытуемого состоит в максимально быстром и правильном реагировании на загоревшийся цвет нажатием соответствующей цвету индикатора кнопки. Испытуемому предлагается среагировать на семьдесят предъявлений. В процессе теста регистрируются время сложной зрительно-моторной реакции и количество ошибок.

Для оценки скорости переключения внимания также может быть применен аппаратно-программный комплекс «НС-Психотест» («Нейрософт», г. Иваново), по методике красно-чёрных таблиц Шульте-Платонова в упрощённом варианте. Испытуемый использует электронный блок (14x17x5

см) с матрицей из механических кнопок, поверх которой прикрепляются пластиковые таблички с беспорядочно разбросанными рядами красных и чёрных цифр от 1 до 25 (Рисунок 5). Задача испытуемого состоит в том, чтобы за минимальный временной интервал нажать последовательно цифры от 1 до 25.

До начала тестирования испытуемый не должен видеть таблицу. При каждом последующем тестировании испытуемому необходимо предлагать таблицу с другим расположением цифр. Регистрируется средняя скорость нажатия между последовательными цифрами 1-2, 2-3 и т.д.



Рисунок 5 – Электронный блок для теста «Красно-чёрные таблицы Шульте-Платонова»

*Влияние транслингвальной спайк-стимуляции на время сложной зрительно-моторной реакции.* В группе легкоатлетов после однократного воздействия транслингвальной спайк-стимуляции наблюдался незначительный рост среднегруппового времени реакции на 3,3% относительно фоновых значений, но изменения были статистически недостоверны. Через 20 и 40 минут после окончания стимуляции существенных изменений времени реакции не наблюдалось и оно оставалась выше фоновых значений. Количество ошибок при выполнении теста «реакция

выбора» непосредственно после окончания стимуляции снизилось на 22%, через 20 минут – на 52%, а через 40 минут – на 62% относительно фоновых значений, однако, достоверные различия с фоновыми значениями регистрировались только через 20 и 40 минут ( $p < 0,05$ ).

В группе стрелков из лука после стимуляции время реакции выбора практически не изменилось, а через 20 минут после ее окончания было отмечено незначительное ее снижение. Через 40 минут был зарегистрирован недостоверный прирост времени реакции на 5,3% по сравнению со значениями до стимуляции. Количество ошибок снижалось непосредственно после стимуляции и через 20, 40 минут после ее окончания.

Под влиянием курса транслингвальной спайк-стимуляции в группе легкоатлетов выявлена тенденция к увеличению времени реакции выбора через 5 и 10 дней транслингвальной спайк-стимуляции. На 5 экспериментальный день отмечалось повышение времени реакции на 7,6%. В этих же условиях через 20 минут после окончания стимуляции по сравнению с фоном время реакции увеличилось на 3,4%, а через 10 дней – на 8,1%. На 40 минуте после окончания стимуляции через 5 и 10 дней курсовой стимуляции наблюдалась аналогичная картина – незначительно большее время реакции по сравнению с аналогичными условиями в первый день эксперимента (рисунок б).

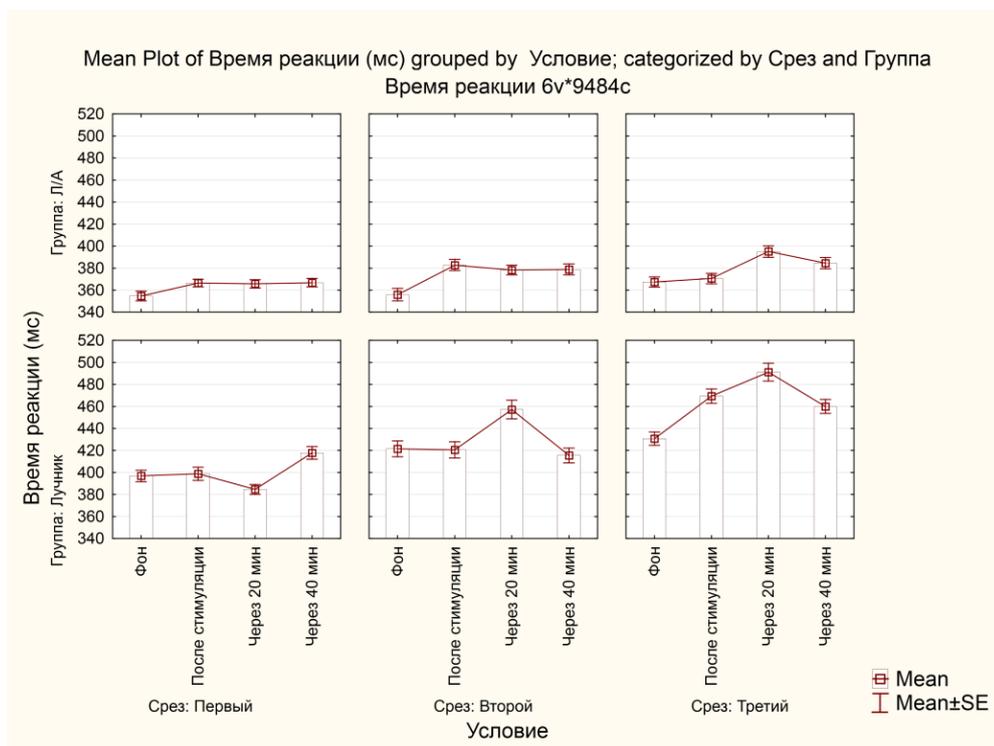


Рисунок 6 – Изменение времени реакции выбора в первый, пятый, десятый день транслингвальной спайк-стимуляции

При сравнении количества ошибок при выполнении теста в разных изучаемых экспериментальных условиях (после стимуляции, через 20 и 40 минут) на 5 и 10 день не установлено существенных различий.

В группе стрелков из лука после прохождения курса транслингвальной спайк-стимуляции фоновые значения времени реакции статистически достоверно не различались на 5 и 10 дни исследований по сравнению с первым днем стимуляции, однако, можно отметить увеличение времени реакции на 5 и 10 день на 6,2% и 8,5% соответственно ( $p > 0,05$ ). После стимуляции отмечалось более высокое время реакции выбора через 5 дней (на 5,4%) и через 10 дней (на 17,6%). Через 20 минут после стимуляции время реакции отличалось на 5-й день – на 18,8%, на 10-й день – на 27,7% в сравнении с 1 экспериментальным исследованием. На 10 день через 40 минут недостоверно увеличилось на 10,1%.

Анализ индивидуальных изменений психофизиологических показателей выявил, что независимо от спортивной специализации под воздействием

транслингвальной спайк-стимуляции сразу после ее окончания наблюдалось увеличение времени реакции у 50% испытуемых, снижение – у 30%, и у 20% испытуемых изменений не было. Под влиянием курсовой стимуляции на 5 день исследований увеличение времени реакции выбора регистрировалось у 50% испытуемых, и у 50% – снижение. На 10 день у большинства испытуемых наблюдалось увеличение времени реакции. Количество ошибок при выполнении теста изменялось разнонаправлено под влиянием стимуляции и не имело определенной тенденции на протяжении всего исследования.

*Влияние транслингвальной спайк-стимуляции на скорость переключения внимания.* При выполнении теста Шульте-Платонова в группе легкоатлетов установлено увеличение скорости переключения внимания на 4,5% непосредственно после однократной стимуляции. Через 20 и 40 минут после окончания однократной транслингвальной спайк-стимуляции время нажатия продолжало снижаться: через 20 минут – на 18% ( $p < 0,05$ ), а через 40 минут – на 15,5%.

В группе стрелков из лука фоновое значение времени нажатия составило  $1,65 \pm 0,09$  с и после стимуляции наблюдалось недостоверное увеличение времени нажатия на 10,7%, через 20 минут – на 6,2% и через 40 минут – на 1%.

Под воздействием 10-дневной транслингвальной спайк-стимуляции в группе легкоатлетов скорость переключения внимания непосредственно после стимуляции скорость переключения внимания увеличилась через 5 дней стимуляции на 20,4% и на 14,6% через 10 дней. Через 20 и 40 минут после стимуляции в этих же условиях изменения оказались не существенными.

В группе стрелков из лука, как и у легкоатлетов, достоверных изменений после курса стимуляции выявлено не было. Отличия от фоновых значений на 5 и 10 день стимуляции находились в диапазоне 6-7%, после стимуляции – 3-10%, через 20 минут – 11-13% и через 40 минут – 6-12% (рисунок 7). При индивидуальном анализе у большинства испытуемых в ответ на транслингвальную спайк-стимуляцию наблюдалось увеличение времени и скорости нажатия при выполнении теста Шульте-Платонова.

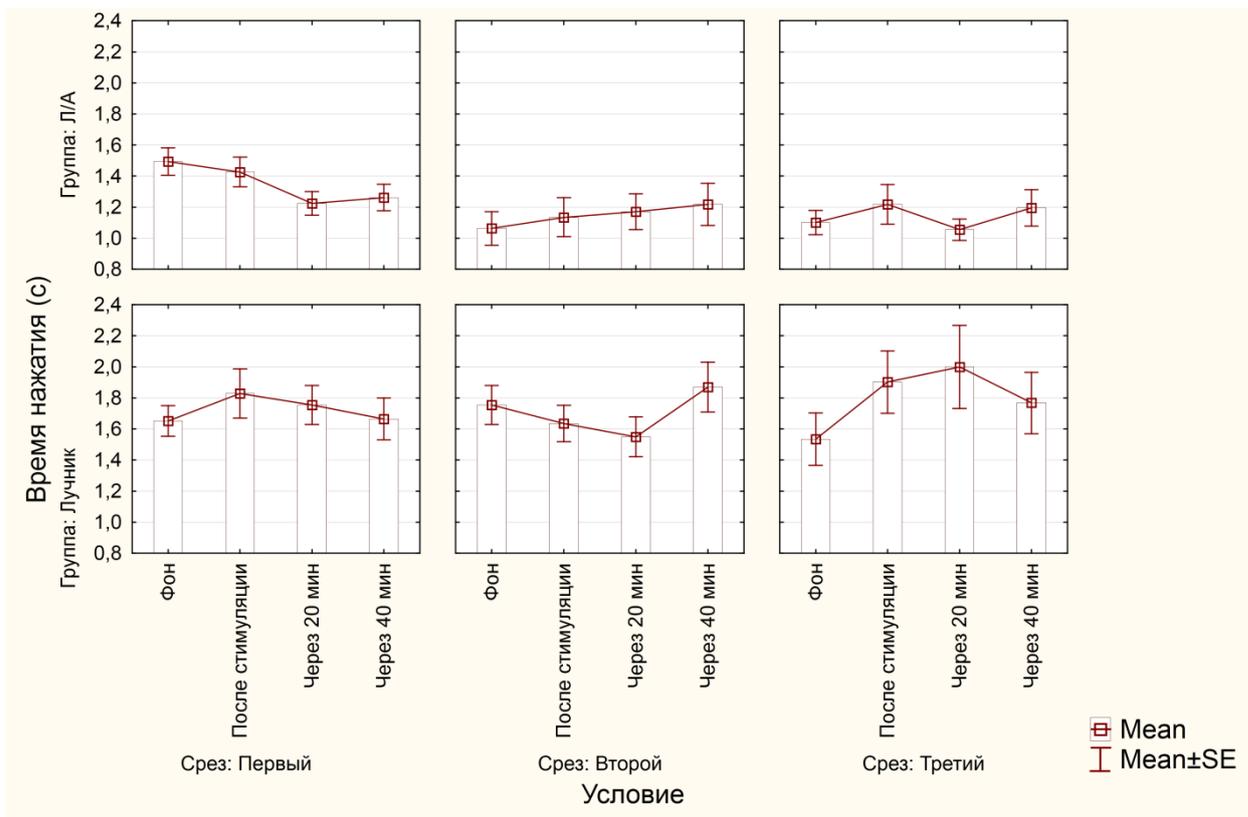


Рисунок 7 – Изменение времени нажатия при решении таблиц Шульте-Платонова в первый, пятый, десятый день транслингвальной спайк-стимуляции

*Заключение.* Таким образом, показатели психофизиологического состояния спортсменов разных спортивных специализаций, определяемые срезультатами тестов «Реакция выбора» и «таблицы Шульте-Платонова», под влиянием однократного воздействия транслингвальной спайк-стимуляции свидетельствуют об увеличении подвижности нервных процессов в ЦНС, и оказывает положительное влияние на точность и скорость выполнения двигательных задач. Курсовое применение такой стимуляции, наоборот, оказывает негативное влияние на психофизиологические показатели спортсменов, увеличивая время реакции и снижая способность к переключению внимания. Полученные результаты позволяют рекомендовать следующее:

1. методики оценки времени сложной зрительно-моторной реакции и определения скорости переключения внимания могут использоваться для определения психофизиологического состояния спортсменов. Данные методики объективны и не требуют больших временных затрат на их реализацию;

2. для улучшения психофизиологического состояния спортсменов целесообразно применять транслингвальную спайк-стимуляцию в режиме однократного воздействия, например, непосредственно перед выполнением основного соревновательного упражнения, поскольку эффект такой стимуляции на психомоторные показатели сохраняется непродолжительное время;

3. использование транслингвальной спайк-стимуляции в режиме серийного воздействия целесообразно применять в видах спорта, где не требуется проявление высокой скорости реакции, а, наоборот, где преобладают размеренные, последовательные действия в невысоком темпе. Стимуляция в данном случае будет выступать как средство торможения излишнего психоэмоционального напряжения;

4. целесообразно продолжить исследования по применению транслингвальной спайк-стимуляции в более широком спектре спортивных специализаций и рассмотреть возможность ее применения непосредственно во время выполнения основного соревновательного или подготовительного упражнения.

### **3.3 Изменение стабิโลграфических показателей спортсменов под воздействием транслингвальной спайк-стимуляции**

По́за – это высокоавтоматизированный двигательный навык, обеспечивающий естественное положение тела в пространстве и предотвращающий нарушение равновесия при выполнении различных двигательных действий (Е.Н. Винарская, 2014). Регуляция позы крайне сложна

и осуществляется с участием различных физиологических систем: скелетно-мышечной, сенсорных, различных уровней центральной нервной системы В зависимости от специфики двигательной деятельности и влияния внешних обстоятельств, поддержание постуральной устойчивости регулируется произвольными и непроизвольными движениями (Ю.С. Левик, 2008).

Под устойчивостью принято понимать способность человека сохранять состояние равновесия, невзирая на влияние различных внешних и внутренних факторов. Позная устойчивость является интегральным показателем деятельности центральной нервной системы, включающим моторные, ментальные и эмоциональные компоненты (А.Б. Трёмбач, 2015).

Согласно современному общепринятому определению, постуральный контроль определяется постуральной устойчивостью, которая означает способность поддерживать вертикальное положение тела и, особенно, центра давления тела внутри границ площади опоры, и постуральной ориентацией, под которой подразумевается способность поддерживать соответствующую взаимосвязь между отдельными сегментами тела и окружающим пространством (Д. В. Скворцов, 2000). Позная устойчивость человека регулируется познотоническими и установочными рефлексамии. Первые ограничивают количество степеней свободы движений в суставах посредством перераспределения напряжения мышц, вторые обеспечивают поддержание равновесия на основании сигналов от рецепторов вестибулярного аппарата и проприоцепторов мышц и сухожилий (А.Б. Трёмбач, 2015).

Существуют различные подходы к оценке устойчивости позы, среди которых можно выделить оптическую регистрацию движений различных звеньев тела человека с помощью видеокамер с трехмерным анализом движений и расчетом колебаний общего центра массы тела, а также стабиллографический метод (А.В. Терехов, 2007; А.Б. Медников, 2014). Принцип работы стабиллометрии заключается в измерении движений общего центра давления стоп на поверхность стабиллоплатформы (А.А. Мельников,

2016). Стабилометрия – это способ количественного исследования характеристик управления позой у человека, на основе измерения координат центра давления в плоскости опоры, осуществляемый с помощью стабиллоплатформы и является одним из частных исследовательских методов в постурологии (В.И. Усачев, 2004).

Специальный прибор, с помощью которого регистрируются координаты центра давления, обычно называют стабилографом или стабиллометрической платформой. Данный измерительный прибор предназначен для анализа способности человека управления собственной позой тела и с возможностью биологической обратной связи по опорной реакции (С.С. Слива, 2008). По изменению центра давления на платформу стабилографа судят о колебаниях центра масс тела человека. Кривая, регистрируемая с помощью стабилографа, называется статокинезиграммой. Она отражает динамику центра давления человеком стопами на платформу стабилографа по фронтальной и сагиттальной осям движения. Статокинезиграмма идентична перемещению общего центра масс тела человека в горизонтальной плоскости, так как тело человека за счет ограничения степеней свободы в суставах колеблется как единое целое (О.В. Кубряк, 2015).

Современная компьютерная стабилография позволяет выделить следующие направления ее использования в физической культуре и спорте: научно-исследовательское; контроль функционального состояния спортсменов; обучение и тренинг на основе компьютерных технологий; диагностика и реабилитация в спортивной медицине; использование в сфере спортивных услуг. Во многих видах спорта важным слагаемым успеха является способность сохранять равновесие. Так, в стрельбе из пистолета точность попадания обеспечивается устойчивостью тела к моменту выстрела, так как колебания руки с оружием у стрелка тем меньше, чем меньше колебания ног и корпуса. Большое значение приобретает способность сохранять равновесие в фигурном катании, беге на коньках, где опора имеет очень малую площадь. Применение специальных упражнений, направленных,

в частности, на совершенствование функции вестибулярного аппарата и обучение навыкам к сохранению равновесия, благоприятно сказывается в улучшении спортивных результатов прыгунов с трамплина, гребцов, борцов, боксеров и представителей других видов спорта. Стабилометрия характеризует баланс тела и выступает в качестве неспецифического индикатора функционального состояния нервной системы. Учитывая, что стабилметрические показатели одного человека достаточно стабильны, использование данного подхода позволяет следить за индивидуальной динамикой состояния опорно-двигательного аппарата, тем самым эффективно управлять тренировочными нагрузками и процессом (Р.М. Гимазов, 2012; А.Е. Дмитриченков, 2008).

Известно, что физическое утомление обладает выраженным влиянием на поддержание вертикальной позы, которое проявляется в значительном увеличении преимущественно скоростных характеристик позы устойчивости в стабилографических тестах (В.В. Иванов, 2009). С целью повышения физической работоспособности, контроля адаптации спортсменов к физическим нагрузкам, исключения состояния физического перенапряжения и синдрома перетренированности можно применять стабилметрические обследования, которые по своим временным и физическим затратам со стороны спортсмена и тренера являются незначительным.

Для увеличения эффекта развития и совершенствования координационных способностей применяют стимуляционные воздействия моторной системы человека. Одним из таких видов воздействия является стимуляция вестибулярной системы электрическим током через накожные электроды, укрепленные на сосцевидных отростках затылочной кости – трансмастоидальная гальваническая вестибулярная стимуляция. Ответами на эту стимуляцию являются иллюзии собственного движения, изменения ориентации, моторные реакции тела и глаз (Ю.К. Столбков, 2014). Гальваническая вестибулярная стимуляция улучшает результаты курса стандартных вестибулярных реабилитационных процедур (S. Carmona, 2011).

[Длительная стохастическая гальваническая стимуляция снижает выраженность двигательных нарушений у больных с центральными нейродегенеративными расстройствами (W. Pan, 2008). Исследования влияния чрескожной электрической стимуляции шейного утолщения спинного мозга выявили эффект на поддержание вертикальной позы спортсменов-футболистов в тестах с открытыми и закрытыми глазами. Также указывается на улучшение стабیلграфических показателей во время выстрела из лука после однократного стимуляционного воздействия (А.М. Пухов, 2018).

*Методика проведения стабیلграфического тестирования.* Для исследования постральной устойчивости спортсменов проводились проба Ромберга и исследование точности управления балансом посредством теста с эвольвентой на компьютерном стабیلанализаторе с биологической обратной связью «Стабилан-01» (рисунок 8).

Проба Ромберга заключается в оценке вертикальной устойчивости с открытыми и закрытыми глазами. Моторная задача состоит в поддержании вертикальной позы на стабیلграфической платформе без совершения дополнительных движений в различных экспериментальных условиях зрительного и слухового восприятия. Проба с открытыми глазами выполняется на стабیلграфической платформе в основной стойке, руки опущены вдоль туловища (рисунок 9).

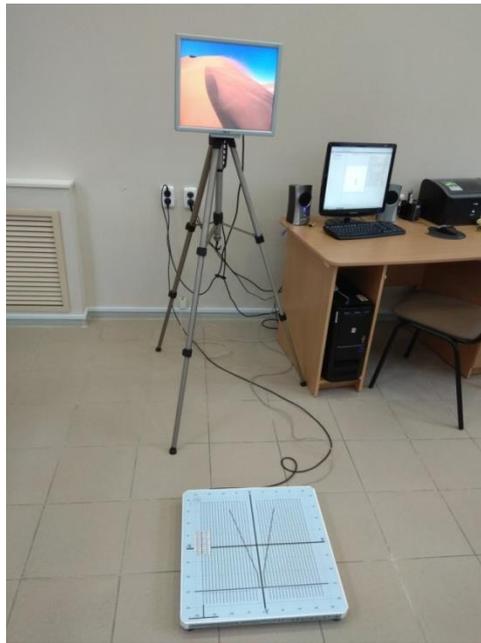


Рисунок 8 – Общий вид компьютерного стабилоанализатора с биологической обратной связью «Стабилан-01»

Исследуемый стоит перед монитором и считает количество кругов белого цвета, предъявляемых на экране. Проба с закрытыми глазами выполняется в том же исходном положении и испытуемому предлагается считать количество звуковых сигналов. Продолжительность каждой из проб составляет 20 секунд.



Рисунок 9 – Общий вид проведения пробы Ромберга на стабилографической платформе

Проба Ромберга оценивается по коэффициенту Ромберга, который рассчитывается как отношение площадей эллипса в пробе с закрытыми глазами к пробе с открытыми глазами. Коэффициент Ромберга применяется для количественного определения степени использования человеком зрения для контроля баланса в основной стойке и не всегда объективно отражает изменения устойчивости человека с открытыми и закрытыми глазами. В связи с этим, отдельно проводится анализ статокинезиограмм, зарегистрированных с открытыми и закрытыми глазами в пробе Ромберга по следующим показателям: разброс по фронтальной и сагиттальной осям (мм); площадь эллипса (мм<sup>2</sup>); средняя линейная скорость (мм/сек) и средняя угловая скорость (град/сек).

Разброс по фронтальной и сагиттальной осям (мм) – это среднеквадратическое отклонение общего центра давления по соответствующему направлению относительно смещения. Увеличение этого показателя свидетельствует об уменьшении устойчивости человека в соответствующей плоскости.

Площадь эллипса или площадь статокинезиограммы (мм<sup>2</sup>) – это основная часть площади, составляющая около 90%, занимаемая статокинезиограммой, без петель и случайных выбросов. Она характеризует интегральную способность к поддержанию устойчивости позы и увеличение этого показателя свидетельствует о снижении позной устойчивости.

Средняя линейная скорость перемещения общего центра давления (мм/сек) – это отношение длины статокинезиограммы ко времени ее измерения, зависит от амплитуды и частоты колебаний. Показатель позволяет стандартизировать длину статокинезиограммы и сделать ее независимой от времени тестирования. Линейная скорость рассчитывается как общая линейная скорость двух плоскостей: фронтальной и сагиттальной. Для расчета последний используется векторный подход.

Средняя угловая скорость (град/сек) – характеризует среднюю скорость изменения направления движения векторов скорости общего центра давления.

При выполнении следящих движений изменения в параметрах внешнего сигнала ставят исследуемого перед необходимостью адекватно модифицировать управление собственным моторным выходом. Для выполнения нужного движения нервная система должна использовать информацию, содержащуюся во внешнем сигнале, и найти адекватное соединение условий временной, пространственной и силовой организации движения, выработать необходимые напряжения и расслабления мышц, которые должны обеспечить нужные значения ускорения, скорости, амплитуды следящих движений (Н.А. Рокотова, 1972).

Модуль пробы с эвольвентой предназначен для проведения стабิโลграфической пробы, в процессе записи которой пациент должен двигаться по кривой, называемой «эвольвента». Траектория эвольвенты представляет собой раскручивающуюся кривую из центра до определенной амплитуды, несколько кругов по амплитуде, а затем сворачивание в центр. Испытуемый должен удерживать свой красный маркер на зеленом. Зеленый маркер двигается сначала по раскручивающейся эвольвенте по часовой стрелке, затем двигается заданное количество кругов без изменения амплитуды и в конце двигается по сворачивающейся эвольвенте в центр. Анализу подвергаются суммарная и средняя ошибки слежения по фронтальной и сагиттальной осям. Чем больше ошибка между задаваемой и реальной траекториями движений, тем ниже точность следящего движения по эвольвенте.

Суммарная ошибка (мм) характеризует общее качество слежения за маркером по фронтальной или сагиттальной осям.

Средняя ошибка (мм) рассчитывается аналогично среднеквадратическому отклонению траектории общего центра давления от траектории маркера цели.

*Влияние транслингвальной спайк-стимуляции на результаты стабิโลграфической пробы Ромберга.* Однократное влияние транслингвальной спайк-стимуляции в состоянии покоя продолжительностью

20 минут у спортсменов-легкоатлетов сопровождалось снижением коэффициента Ромберга, т.е. соотношения параметров статокинезиограммы вертикального стояния с открытыми и закрытыми глазами. До стимуляции коэффициент Ромберга составлял  $207,50 \pm 46,13\%$ , после стимуляции уменьшился до  $104,25 \pm 26,40\%$ , через 20 и 40 минут после транслингвальной спайк-стимуляции несколько увеличился ( $164,13 \pm 47,13\%$  и  $139,86 \pm 35,77\%$  соответственно), но оставался меньше фоновых значений (рисунок 10).

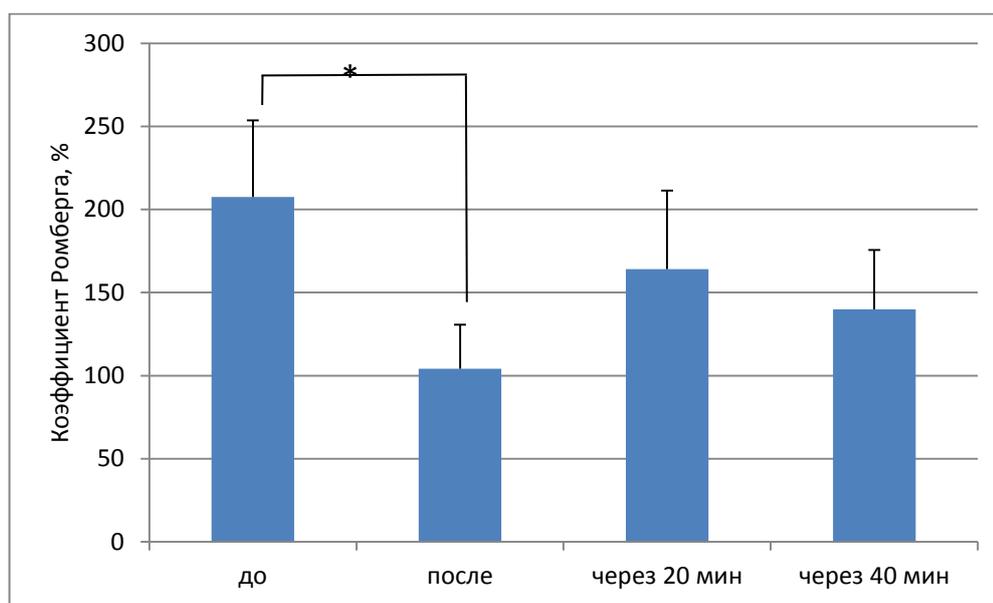


Рисунок 10 – Показатели коэффициента Ромберга после воздействия транслингвальной спайк-стимуляции у спортсменов-легкоатлетов

Коэффициент Ромберга является интегративным показателем и не отражает, за счет чего происходит его изменение. Подробный анализ статокинезиограммы, зарегистрированной с открытыми и закрытыми глазами, выявил, что в целом по группе легкоатлетов снижение коэффициента Ромберга достигалось за счет ухудшения постурального контроля с открытыми глазами после однократного воздействия транслингвальной спайк-стимуляции. В частности, сразу после стимуляции зарегистрировано достоверное увеличение площади эллипса и разброса по сагиттальной оси в пробе с открытыми глазами. Тенденция к увеличению площади эллипса,

разброса по фронтальной и сагиттальной осям сохранялась при регистрациях сразу после стимуляции, через 20 и 40 минут в пробах с открытыми и закрытыми глазами, но не достигала статистически значимого уровня (рисунок 11).

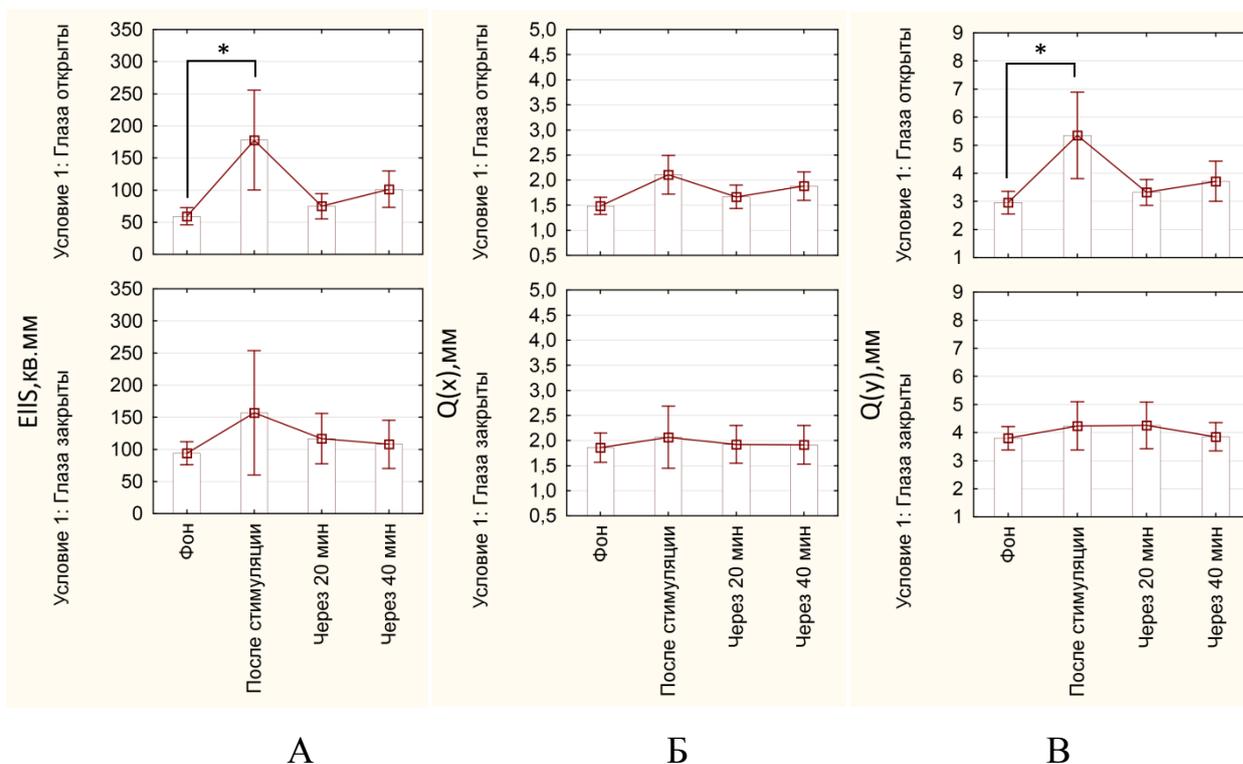


Рисунок 11 – Изменения параметров статокинезиограммы после транслингвальной спайк-стимуляции у спортсменов-легкоатлетов  
 Примечания: А – площадь эллипса, Б – разброс по фронтальной оси, В – разброс по сагиттальной оси

Несмотря на увеличение площади и разброса статокинезиограммы, после воздействия транслингвальной спайк-стимуляции у спортсменов-легкоатлетов была зарегистрирована тенденция к снижению линейной и угловой скорости перемещения центра давления в пробах с открытыми и закрытыми глазами.

У спортсменов-лучников после однократной транслингвальной спайк-стимуляции существенных изменений коэффициента Ромберга не выявлено и зарегистрировано незначительное его увеличение через 20 и 40 минут после

стимуляции. Разброс статокинезиограммы по фронтальной оси после стимуляции не изменялся в пробах с открытыми и закрытыми глазами. По сагиттальной оси зарегистрировано увеличение колебаний. В пробе с открытыми глазами амплитуда колебаний после стимуляции достигла статистически значимого уровня, через 20 и 40 минут также оставалась выше фоновых значений на уровне тенденции. В пробе с закрытыми глазами была обнаружена тенденция к увеличению движений вперед-назад после стимуляции, через 20 и 40 минут. Наибольшее увеличение площади эллипса было зарегистрировано сразу после стимуляции, а через 20 и 40 минут его значения вернулись к фоновым. Достоверное увеличение площади эллипса выявлено сразу после стимуляции только в пробе с закрытыми глазами (рисунок 12).

Также как и в группе легкоатлетов у лучников после стимуляции наблюдалось уменьшение скоростных характеристик статокинезиограммы. По сравнению с фоном наибольшее влияние стимуляция оказала на угловую скорость в обеих пробах, но изменения были статистически не значимы.

Помимо среднегрупповых значений были рассмотрены индивидуальные особенности однократного влияния 20 минутной транслингвальной спайк-стимуляции. Испытуемые были разделены на две группы, параметры статокинезиограммы которых увеличивались или снижались после транслингвальной спайк-стимуляции. При индивидуальном рассмотрении у большинства испытуемых зарегистрировано увеличение колебаний центра давления по фронтальной и сагиттальной осям, как с открытыми, так и закрытыми глазами. В частности, возрастание колебаний по фронтальной оси в пробе с открытыми глазами наблюдались у 58% и сагиттальной оси – у 64% испытуемых, с закрытыми глазами – у 50% и 57% соответственно. Снижение разброса колебаний по фронтальной и сагиттальной осям движения был зарегистрирован преимущественно у спортсменов-легкоатлетов. Вероятно, спортсмены-лучники имеют более совершенный уровень постурального контроля и 20 минутное воздействие транслингвальной спайк-стимуляции

негативно сказывается на их позной устойчивости. Индивидуальный анализ средней угловой скорости статокинезиограммы выявил ее снижение в пробе с открытыми глазами у 86% испытуемых и закрытыми – у 93%.

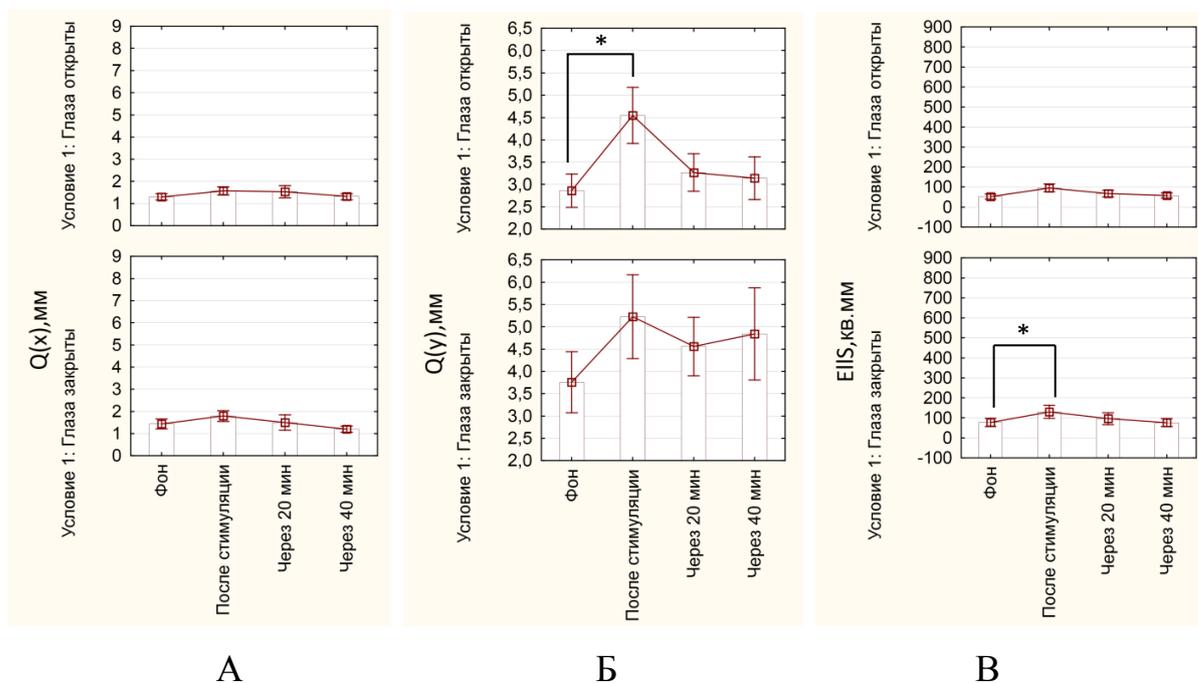


Рисунок 12 – Разброс статокинезиограммы после транслингвальной спайк-стимуляции у спортсменов-лучников

Примечания: А – разброс по фронтальной оси, Б – разброс по сагиттальной оси, В – площадь эллипса

У группы легкоатлетов статистически значимых различий параметров статокинезиограммы спортсменов в пробе Ромберга после 10 дневного курса транслингвальной спайк-стимуляции зарегистрировано не было. Контрольные регистрации производились до начала курса стимуляции и принимались за фон, затем на 5 и 10 день.

Коэффициент Ромберга на 5 день транслингвальной спайк-стимуляции незначительно увеличился и снизился на 10 день по сравнению с фоном, изменения наблюдались на уровне только тенденции. Анализ статокинезиограмм, зарегистрированных в пробах с открытыми и закрытыми глазами, выявил линейную тенденцию к увеличению разброса по фронтальной

и сагиттальной осям, площади эллипса и средней линейной скорости центра давления от 1 к 10 дню стимуляции. Исключением являлась средняя угловая скорость, которая снижалась в процессе курса стимуляции (рисунок 13).

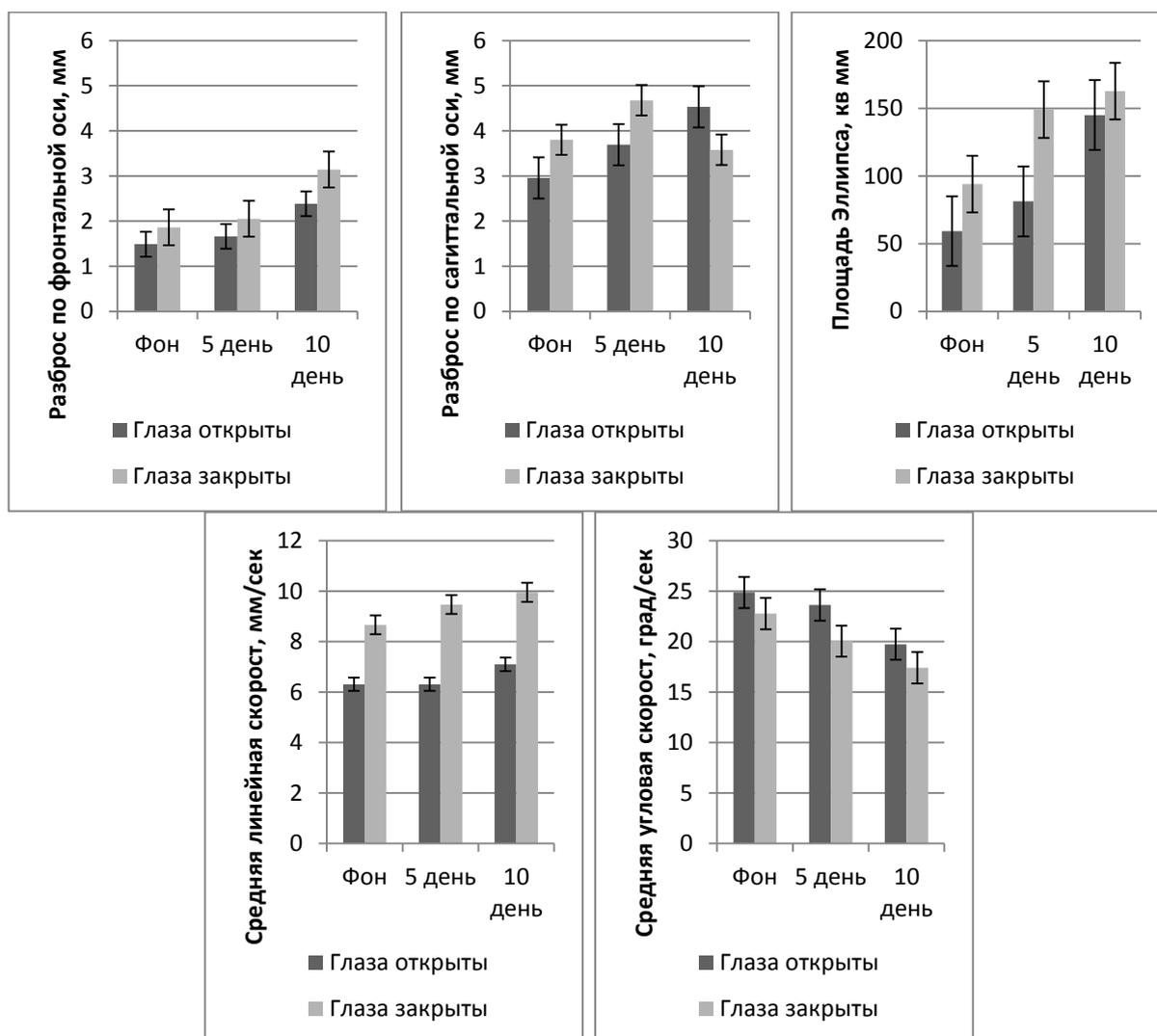


Рисунок 13 – Параметры статокинезиограммы после 10-дневного курса транслингвальной спайк-стимуляции у спортсменов-легкоатлетов

В группе стрелков из лука достоверных различий исследуемых параметров в пробе Ромберга после 10-дневной стимуляции не выявлено. Коэффициент Ромберга несущественно уменьшился на пятый день стимуляции и увеличился к 10 дню по сравнению с фоновыми значениями.

Изучаемые параметры статокинезиограмм спортсменов-лучников в пробах с открытыми и закрытыми глазами в процессе курса стимуляции изменялись незначительно и не достигали статистически значимых различий. Тенденция к увеличению наблюдалась в величине разброса по сагиттальной

оси, площади эллипса и средней линейной скорости. Исключением являлись разброс по фронтальной оси и средняя угловая скорость, параметры которых незначительно снижались к 10-ому дню стимуляции (рисунок 14).

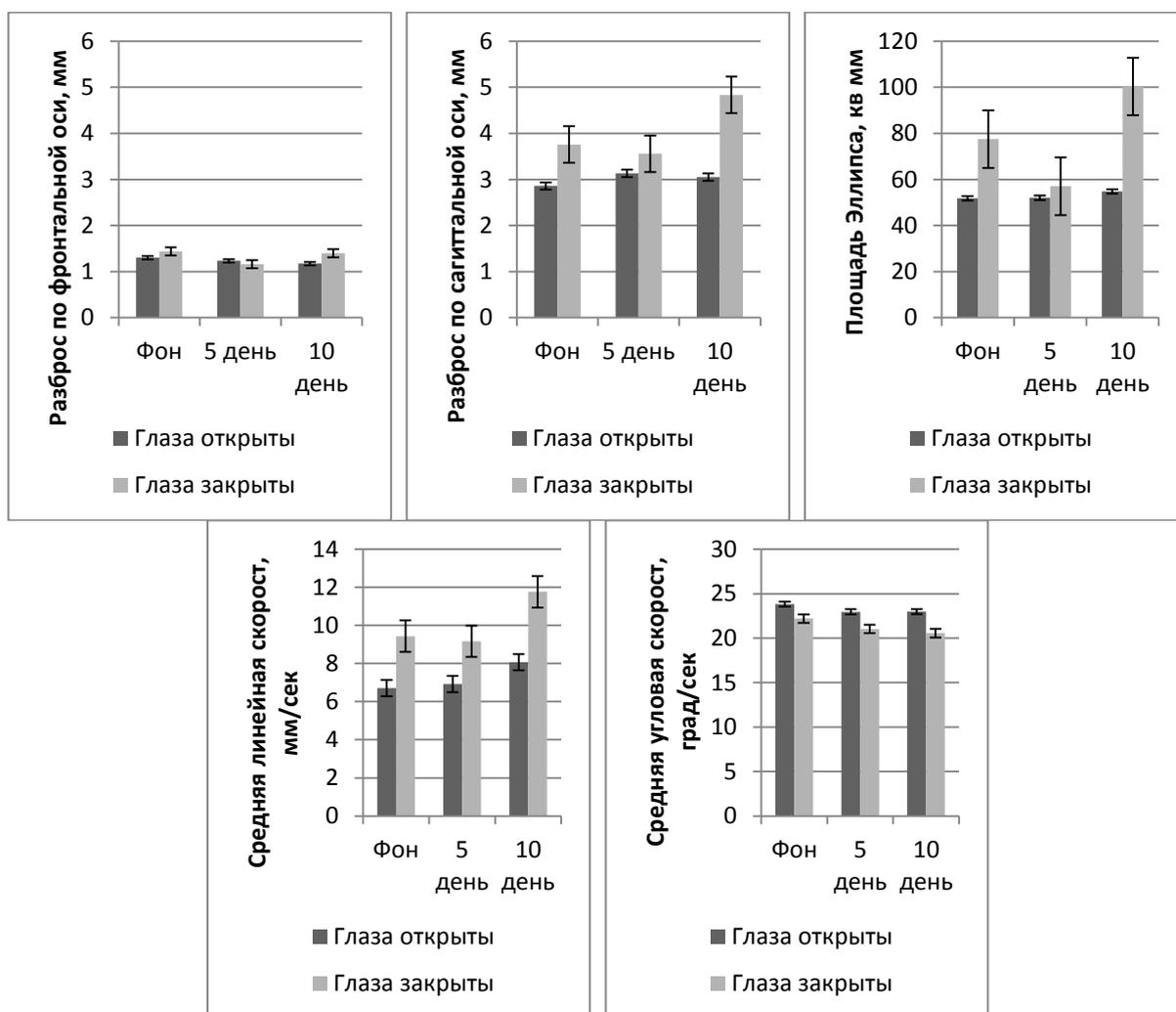


Рисунок 14 – Параметры статокинезиограммы после 10-дневного курса транслингвальной спайк-стимуляции у спортсменов-лучников

При индивидуальном анализе параметров статокинезиограммы после 10-дневной стимуляции как и при однократном воздействии было выявлено повышение разброса по фронтальной и сагиттальной осям более чем у 50% испытуемых, за исключением пробы с закрытыми глазами. После курса стимуляции в пробе с закрытыми глазами по фронтальной оси наблюдалось снижение разброса у 73% испытуемых, две трети из которых составляли спортсмены лучники. Необходимо отметить, что 36% процентов испытуемых, у которых было зарегистрировано снижение разброса по фронтальной оси в пробе с открытыми глазами, также являлись стрелками из лука. Тенденция к

снижению средней угловой скорости наблюдалась в пробе с открытыми глазами у 64% и закрытыми глазами – у 55% испытуемых.

*Влияние транслингвальной спайк-стимуляции на результаты стабиллографической пробы с эвольвентой.* После однократного 20-минутного лингвального воздействия у легкоатлетов зарегистрировано снижение всех исследуемых показателей в тесте с эвольвентой. Достоверное уменьшение ошибок выявлено при движениях по фронтальной оси, а по сагиттальной оси на уровне тенденции. По сравнению с фоновыми значениями уменьшение суммарной ошибки по фронтальной оси (SummErrX) зарегистрировано на 13,90%, 21,32% и 19,61%; средней ошибки по фронтальной оси (MidErrX) – на 13,85%, 21,27%, 19,61% соответственно сразу после стимуляции, через 20 минут и 40 минут ( $p < 0,05$ ). По сагиттальной оси непосредственно после стимуляции значения SummErrY составили 20232,13 мм, MidErrY – 5,96 мм, через 40 минут – 20041 мм и 5,9 мм соответственно, что на 7,77%, 7,81% и 8,64%, 8,65% соответственно ниже исходных цифр.

Анализ полученных данных у спортсменов-лучников после однократной 20-минутной транслингвальной спайк-стимуляции выявил тенденцию к снижению результатов всех показателей по отношению к фоновым значениям, при этом достоверные изменения отмечаются только в показателях SummErrX и MidErrX через 20 минут после стимуляции и составили 14390,67 мм и 4,24 мм, что ниже первичных данных на 18,78% и 18,79% соответственно ( $p \leq 0,05$ ).

При изучении 10-дневной транслингвальной спайк-стимуляции у спортсменов-легкоатлетов на 5 и 10 день наблюдались изменения аналогичные однократному воздействию – снижение исследуемых параметров по сравнению с фоновыми данными, хотя они и не достигали статистически значимого уровня. Снижение показателей SummErrX во втором срезе (пятый день) непосредственно после транслингвальной спайк-стимуляции составило всего 1,03%, через 40 минут – 10,30%; MidErrX – 1,04%, и 10,30% соответственно. В третьем срезе непосредственно после стимуляции значения

SummErrX снизились на 10,70%, через 40 минут – на 11,13%; MidErrX – на 10,09 % и на 11,13 % соответственно.

Анализ влияния 10-дневной транслингвальной спайк-стимуляции по результатам второго и третьего срезов проведенного исследования выявил достоверное снижение фоновых значений SummErrX и MidErrX у стрелков из лука. У спортсменов-лучников ко второму срезу изменения SummErrX составили 19,42%, MidErrX – 19,39%, к третьему – 24,48% и 24,45% соответственно. Достоверные изменения параметров отмечались только в третьем срезе и значения SummErrX снизились на 29,19% и MidErrX на 29,23%. Все остальные результаты имели тенденцию к снижению по сравнению с фоновыми значениями (рисунок 15).

Анализ индивидуальных данных выявил, что 20-минутная транслингвальная спайк-стимуляция сопровождается снижением показателей, как суммарной ошибки по фронтальной и сагиттальной осям, так и показателей средней ошибки по фронтальной и сагиттальной осям у 85,7% испытуемых по отношению к исходным данным. При этом у 40,9% исследуемых отмечалось незначительное повышение показателей через 40 минут после стимуляционного воздействия по отношению к данным, полученным непосредственно сразу после транслингвальной спайк-стимуляции. Необходимо отметить, что у одного из испытуемых показатели стабильного теста с эвольвентой практически не изменялись при воздействии однократной и 10-дневной транслингвальной спайк-стимуляции.

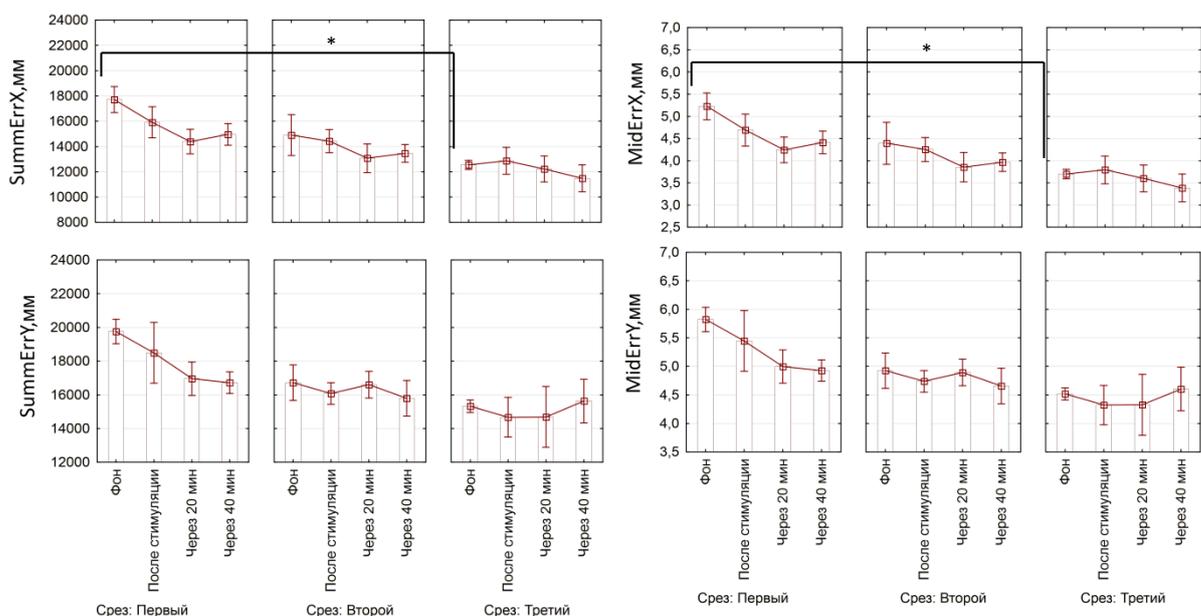


Рисунок 15 – Среднегрупповые показатели SummErrX, SummErrY, MidErrX и MidErrY спортсменов-лучников в первый, пятый, десятый день курсовой транслингвальной спайк-стимуляции

Обращает на себя внимание, что у одного спортсмена-лучника при сопоставительном анализе параметров SummErrX, SummErrY, MidErrX и MidErrY, зарегистрированных в процессе первого контрольного среза курсовой стимуляции, происходит увеличение значений к 40-й минуте после прекращения стимуляции (рисунок 16).

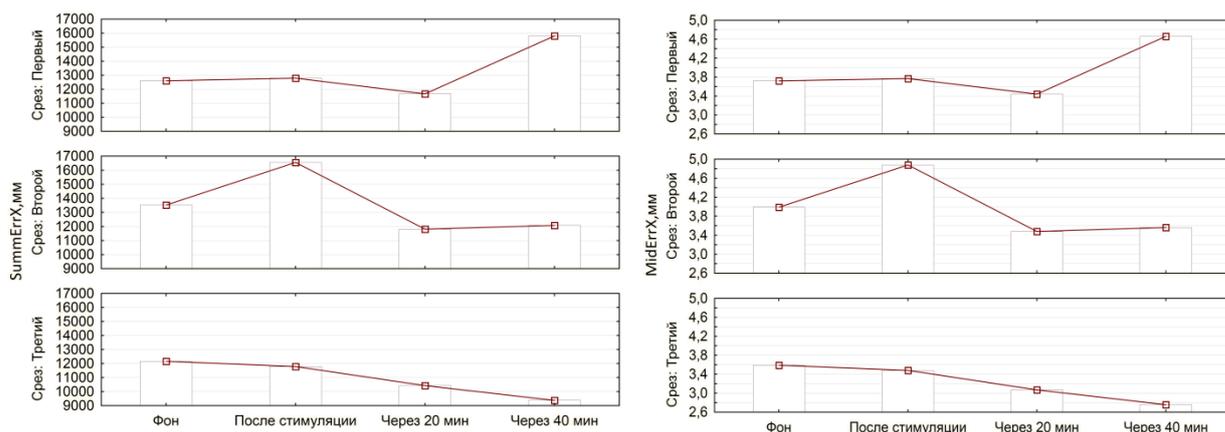


Рисунок 16 – Индивидуальные показатели SummErrX, MidErrX стрелка из лука при выполнении теста с эвольвентой

Но на 10 день эксперимента у данного испытуемого происходят обратные изменения, и отмечается снижение всех изучаемых параметров по сравнению с исходным уровнем.

*Заключение по результатам проведения стабиллографических исследований.* Результаты, полученные в тесте Ромберга, позволяют заключить, что в среднем по группе испытуемых однократное и курсовое воздействие транслингвальной спайк-стимуляции сопровождается ухудшением постурального контроля спортсменов. Несмотря на снижение коэффициента Ромберга после стимуляции, нельзя говорить об эффективности стимуляционного воздействия, так как в большей степени это связано со снижением вертикальной устойчивости в пробе с открытыми глазами. Транслингвальная спайк-стимуляция в состоянии покоя, наносимая однократно или в течение 10 дней, у спортсменов сопровождается повышением колебаний центра давления по фронтальной и сагиттальной осям, увеличением площади эллипса статокинезиограммы и снижением средней угловой скорости. При индивидуальном анализе исследуемых параметров можно заключить, что в некоторой степени положительный эффект однократной транслингвальной спайк-стимуляции наблюдался у спортсменов-легкоатлетов и проявлялся в снижении разброса статокинезиограммы по фронтальной и сагиттальной осям. В свою очередь, 10-дневный курс стимуляции сопровождался снижением колебаний по фронтальной оси у стрелков из лука.

При рассмотрении изменений параметров, полученных в тесте с эвольвентой после однократной транслингвальной спайк-стимуляции, у спортсменов обеих групп выявлено снижение ошибок по фронтальной и сагиттальной осям. При прохождении курса стимуляции у спортсменов-лучников и спортсменов-легкоатлетов от первого дня транслингвальной спайк-стимуляции к десятому, наблюдалась тенденция к снижению всех исследуемых параметров в среднем на 22%, что указывает на положительный эффект транслингвальной спайк-стимуляции на постуральный контроль.

Возможно применение транслингвальной спайк-стимуляции для снижения скорости изменения направления движений, что будет сопровождаться увеличением колебаний центра давления, но сделает движения более плавными. Однократное и курсовое воздействие транслингвальной спайк-стимуляции можно использовать для повышения эффективности следящих движений.

### **3.4 Влияние транслингвальной спайк-стимуляции на моторные ответы нижних конечностей, вызываемые чрескожной электрической стимуляцией спинного мозга**

Для анализа физиологических механизмов двигательной деятельности или целенаправленного управления состоянием организма человека, свойствами его отдельных систем используются электрические или электромагнитные стимуляционные воздействия. Ряд исследований, посвящен изучению электромагнитной и чрескожной электрической стимуляции различных сегментов спинного мозга. Установлено, что данные стимуляционные воздействия вызывают моторные ответы с мышц нижних и верхних конечностей, которые зависят от вида стимуляционного воздействия и его локализации (Д.А. Гладченко, 2016; Л.В. Рощина, 2018). Методика регистрации мышечных ответов, вызываемых чрескожной электрической стимуляцией спинного мозга (ЧЭССМ) человека, была предложена группой специалистов в 2007 году (К. Minassian, 2007). Авторы показали, что чрескожная электрическая стимуляция дорсальной поверхности спинного мозга между позвонками T11-T12 вызывает двигательные ответы в билатеральных мышцах нижних конечностей. В последующие годы была доказана возможность регистрации мышечных ответов при стимуляции шейного отдела спинного мозга на уровне C7 (М. А. Sabbahi, 2012, О.В. Ланская, 2014).

Регистрация мышечных ответов, вызываемых электрическим раздражением спинного мозга, позволяет оценить возбудимость

мотонейронных пулов мышц верхних и нижних конечностей у здоровых людей и у пациентов с нарушенными функциями нервно-мышечного аппарата (О.В. Ланская, 2014). Запись мышечных ответов при электростимуляции спинного мозга может осуществляться как в состоянии покоя (M. Knikou, 2015), так и при естественных локомоциях (G. Courtine, 2007), что позволяет изучать некоторые нейрофизиологические механизмы регуляции произвольных движений у человека, а также механизмы адаптации к мышечной деятельности (О.В. Ланская, 2014). Ряд научных работ был направлен на изучение влияния высокочастотной и низкочастотной повторной транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) на кортикальную возбудимость моторной коры головного мозга (P.M. Rossini, 1992, 2015; Г.Г. Яфарова, 2017). Данный метод стимуляции может быть использован для исследования изменений вызванных и постоянных ответов центральной нервной системы при выполнении физических упражнений, для изучения механизмов утомляемости при решении различных двигательных задач. ТМС является ценным методом для изучения механизмов утомления ЦНС и нейронной адаптации (S. Goodall, 2014).

Основными параметрами вызванных моторных ответов (ВМО) для оценки функционального состояния человека являются порог появления ответов, латентный период ответов и их амплитуда.

Порог раздражения – это минимальная величина электрического или электромагнитного раздражения, вызывающая ответ с амплитудой не менее 100 мкВ. Данный параметр зависит от проводимости кожи, анатомических особенностей подкожно-жирового слоя, степени развития исследуемых мышц.

Латентный период – это время от начала стимуляционного воздействия до появления мышечного ответа. Величина латентного периода определяется скоростью проводимости потенциалов действия по нервным и мышечным волокнам. Латентное время рассчитывается от первого фронта стимула, поскольку уже в этот момент происходит активация нервных волокон.

Амплитуда свидетельствует о количестве и синхронности активности двигательных единиц (ДЕ) мышцы в ответ на раздражитель. Она рассчитывается или от нулевой линии до вершины отрицательной фазы, или от вершины максимального позитивного пика до вершины негативной фазы.

*Методика регистрации вызванных моторных ответов нижних конечностей.* Регистрация вызванных моторных ответов мышц правой ноги осуществлялась посредством 8-канального электронейромиографа «Нейро-МВП-8» (ООО «Нейрософт», Иваново) (Рисунок 17). Изучались параметры ответов прямой (*m. rectus femoris*) и двуглавой мышц бедра (*m. biceps femoris*), передней большеберцовой (*m. tibialis anterior*) и медиальной головки икроножной (*m. gastrocnemius medialis*).

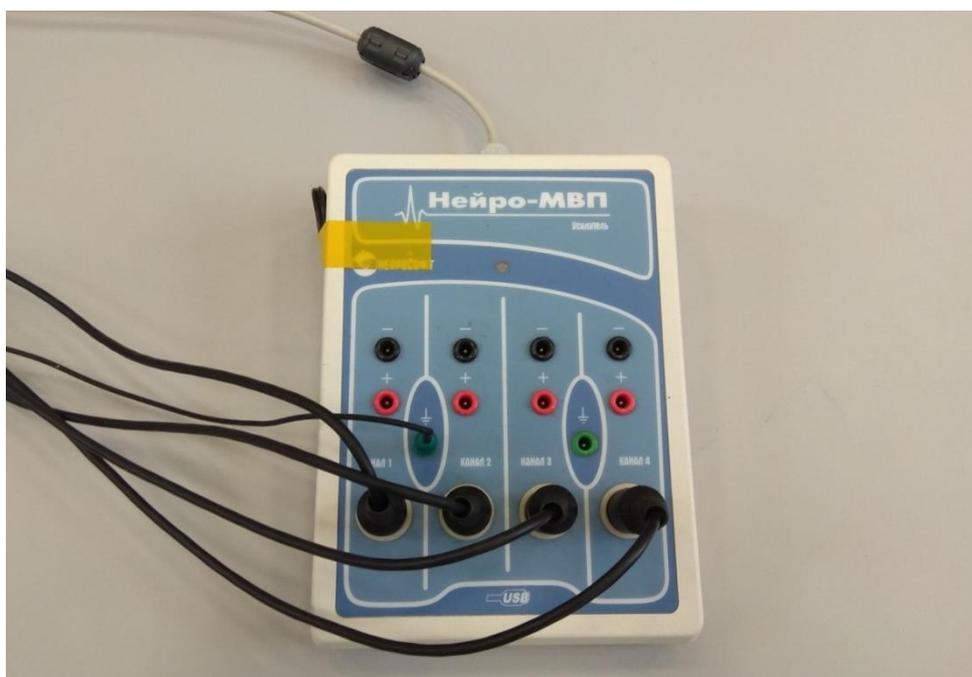


Рисунок 17 – Блок усилителя электромиографа «Нейро-МВП 8»

Электроды располагались биполярно. Преимуществом такого метода отведения является четкая, дифференцированная характеристика колебаний потенциалов каждой исследуемой мышцы, так как оба электрода расположены в пределах ее двигательной точки. Для определения области двигательной точки пользуются различными схемами, наиболее удачны схемы

Альтенбургера. Требуется максимально сократить мышцу при выполнении такого движения, в котором она участвует как «ведущая». В центре наиболее выпуклого участка сокращенной мышцы и будет расположена ее двигательная точка. Активный накожный электрод располагается на проекции двигательной точки мышцы, индифферентный – смещается от нее по ходу мышечных волокон.

Для стимуляции спинного мозга применялся одноканальный медицинский токовый стимулятор «Нейро-МВП» (ООО «Нейрософт», Иваново) синхронизированный с электронейромиографом (рисунок 18).



Рисунок 18– Токовый стимулятор «Нейро-МВП»

Активный дисковый электрод стимулятора диаметром 10 мм располагался на коже в области T11 – T12 грудных позвонков. Индифферентные накожные электроды (аноды) - гибкие пластины прямоугольной формы (45×80 мм), изготовленные из самоклеющейся токопроводящей резины (FIAB, Италия), размещались симметрично на кожной проекции подвздошных гребней тазовых костей (рисунок 19).



А

Б

Рисунок 19 – Расположение активного (А) и индифферентных (Б) электродов токового электростимулятора при ЧЭССМ

Длительность монополярного прямоугольного электростимула составляла 1 мс, а его сила подбиралась индивидуально, по принципу достаточности для вызова порогового мышечного ответа. Величина порогового раздражения для каждого испытуемого определялась индивидуально.

*Результаты динамики амплитуды ВМО после транслингвальной спайк-стимуляции.* В результате анализа полученных данных было выявлено, что у спортсменов-легкоатлетов после однократного воздействия транслингвальной спайк-стимуляции в течение 20 минут наблюдалось достоверное снижение амплитуды вызванных моторных ответов *m. rectus femoris* на 10,37%, по сравнению с фоновыми значениями ( $p < 0,05$ ). Через 40 минут после окончания лингвальной стимуляции снижение амплитуды составило 33,33% по сравнению с фоном. Амплитуда ВМО мышц *m.gastrocnemius medialis*, *m. biceps femoris* достоверно не изменилась, однако, имела тенденцию к снижению спустя 20 минут после окончания стимуляционного воздействия. Через 40 минут амплитуда ВМО *m. tibialis*, *m. gastrocnemius* возвращалась к значениям, близким к фоновым, а амплитуда ВМО *m. biceps femoris* возросла на 13,69% по сравнению со значениями до стимуляции. После однократной 20-минутной транслингвальной спайк-стимуляции у спортсменов-лучников

отмечалась тенденция к снижению амплитуды ВМО *m. tibialis anterior*, *m.gastrocnemius medialis*, *m. rectus femoris*. Через 40 минут амплитуда ВМО *m. rectus femoris* вернулись к фоновым значениям, а амплитуда ответов *m. tibialis anterior* и *m.gastrocnemius medialis* повысилась на 17,35% и 49,93% соответственно. Также наблюдалось повышение амплитуды ВМО *m. biceps femoris* сразу после стимуляции на 17,47% и через 40 минут после стимуляции на 64,80% ( $p>0,05$ ).

Анализ амплитуды вызванных моторных ответов через 5 дней транслингвальной спайк-стимуляции у спортсменов-легкоатлетов выявил тенденцию к ее снижению *m. rectus femoris* сразу после 20-минутной стимуляции на 8,33% и к повышению на 16,67% на 20 минуте по сравнению с фоном. Амплитуда *m. biceps femoris* недостоверно снижалась к 20 минуте после транслингвальной стимуляции на 34,67%, затем возрастала на 13,33% по сравнению с фоновыми значениями. Достоверное повышение амплитуды ВМО установлено у мышц голени (*m. tibialis anterior* и *m. gastrocnemius medialis* на 70,54% и 208,33% соответственно) спустя 40 минут после окончания лингвальной стимуляции по сравнению с фоном. В результате анализа данных, полученных на 10 день лингвального стимуляционного воздействия, выявлено, что у спортсменов-легкоатлетов амплитуда мышц *m.gastrocnemius medialis* и *m. biceps femoris* достоверно снижалась сразу после стимуляции на 45,45% и 66,67% соответственно. Затем наблюдалась тенденция к росту ее амплитуды, но значения были ниже фоновых. Амплитуда мышц *m. tibialis* и *m. rectus femoris* достоверно не изменилась (рисунок 20).

В результате анализа полученных данных второго среза выяснилось, что у спортсменов-лучников амплитуда ВМО мышц правой ноги достоверно не изменялась, но имела тенденцию к снижению по сравнению с фоном. Результаты третьего среза свидетельствуют, что амплитуда ВМО *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius medialis* и *m. biceps femoris* имела тенденцию к снижению. Амплитуда ВМО *m. rectus femoris* сразу после стимуляционного

воздействия достоверно снизилась на 42,01%, через 20 и 40 минут на 61,19% и 41,55% соответственно, по сравнению с фоновыми значениями.

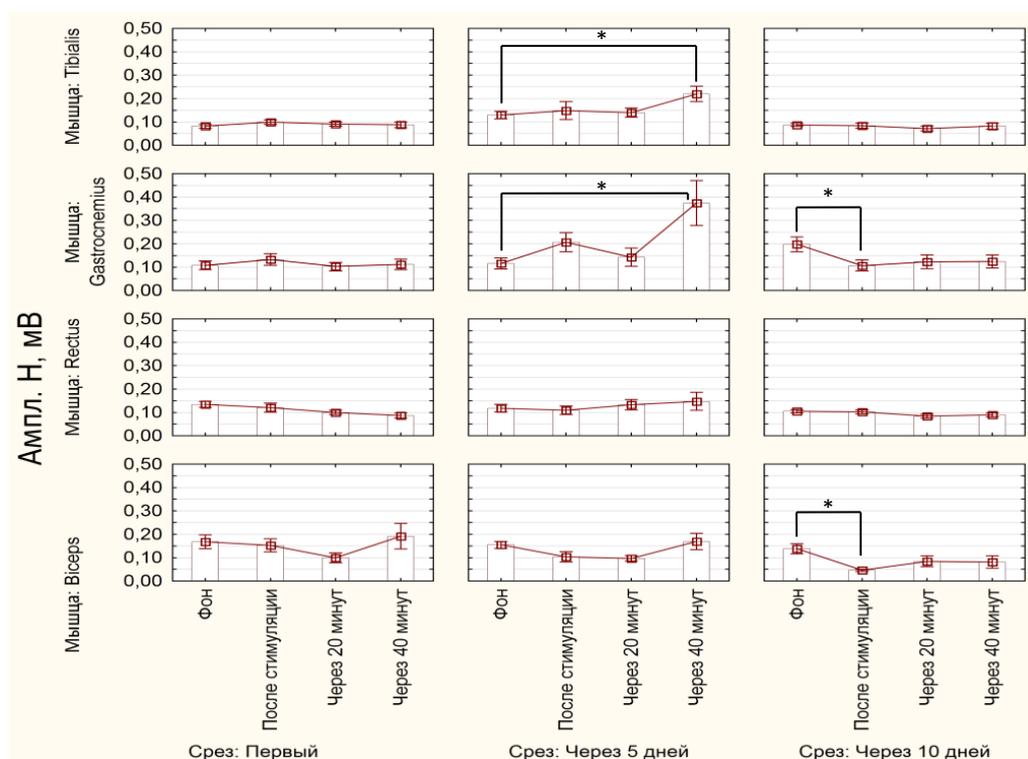


Рисунок 20 – Среднегрупповые показатели амплитуды ВМО мышц правой ноги спортсменов-легкоатлетов в первый, пятый, десятый день курсовой транслингвальной спайк-стимуляции

*Результаты динамики латентности ВМО после транслингвальной спайк-стимуляции.* При анализе латентного периода появления вызванных моторных ответов при чрескожной электрической стимуляции спинного мозга на фоне однократного и курсового воздействия транслингвальной спайк-стимуляции были выявлены следующие результаты.

В группе легкоатлетов латентность ВМО мышцы *m. tibialis anterior* после однократной 20-минутной транслингвальной спайк-стимуляции имела тенденцию к повышению через 40 минут после стимуляционного воздействия и увеличивалась на 8,54% по сравнению с фоновыми значениями. Латентность ВМО мышц *m.biceps femoris* и *m. rectus femoris* достоверно не изменялась. Через 40 минут после лингвальной стимуляции она имела

тенденцию к увеличению на 7,45% и 3,67% соответственно. Латентный период ответов *m. gastrocnemius medialis* снизился сразу после стимуляционного воздействия на 5%, а через 40 минут вернулся к фоновым значениям.

В группе лучников, в результате анализа полученных данных выявлено, что после 20-минутной транслингвальной спайк-стимуляции латентный период вызванных моторных ответов увеличился у всех мышц за исключением *m. rectus femoris*, латентность ответов которой незначительно уменьшалась. Латентность ВМО *m. tibialis anterior* имела тенденцию к повышению сразу после стимуляции на 5,88% по сравнению с фоном. Латентность мышцы *m. gastrocnemius medialis* сразу после стимуляции повысилась на 3,54% по сравнению с фоном, после чего снизилась до значений близким к фоновым. Латентность ВМО *m. biceps femoris* увеличилась на 6,3% сразу после стимуляции, по сравнению с фоновым значением.

При анализе курсового воздействия транслингвальной спайк-стимуляции у легкоатлетов через 5 и 10 дней латентный период появления вызванных моторных ответов не имел существенных отличий по сравнению с первым днем эксперимента. Можно отметить незначительное повышение латентности ВМО *m. biceps femoris* на фоне курсовой стимуляции на 5-й и 10-й день до  $12,66 \pm 0,46$  мс и  $12,65 \pm 0,39$  мс по сравнению с фоном ( $10,6 \pm 0,44$  мс). Сразу после транслингвальной спайк-стимуляции на 5-й день эксперимента у легкоатлетов латентность ВМО *m. gastrocnemius medialis* и *m. rectus femoris* повысилась на 5% и 17,13% соответственно, а у *m. tibialis anterior* и *m. biceps femoris* незначительно снижалась, а через 40 минут возрастала на 2,62% и 5,13% соответственно ( $p > 0,05$ ). В третьем срезе (через 10 дней транслингвальной спайк-стимуляции) латентность ВМО изменялась на уровне тенденции. Латентный период ответов мышц голени (*m. tibialis anterior* и *m. gastrocnemius medialis*) повысился сразу после лингвального стимуляционного воздействия на 9% и через 40 минут после стимуляции вернулась к фоновым значениям. Латентность ВМО *m. rectus femoris* увеличилась на 5,58% через 20 минут после лингвальной стимуляции и снизилась до фоновых значений к 40

минуте. Латентный период ответов *m. biceps femoris* увеличивался после стимуляции и к 40 минуте повысился на 11,15%.

*Результаты динамики порогов ВМО после транслингвальной спайк-стимуляции.* Величина порогового раздражения для мышц правой ноги в группе легкоатлетов в период исследований достоверно не изменялась. Пороги появления ответов *m. tibialis anterior* и *m. rectus femoris* имели тенденцию к повышению на 10 день стимуляционного воздействия по сравнению в первый день стимуляции. Сила стимула для вызова пороговых ответов с мышц *m. gastrocnemius medialis*, *m. biceps femoris* снизилась на 5 и 10 дни лингвальной стимуляции (таблица 1).

Таблица 1. Изменение порогов ВМО после транслингвальной спайк-стимуляции

Группа	Мышцы	1 срез	2 срез	3 срез
Легкоатлеты	tibialis anterior	79,25±7,14	84,8±6,14	82,25±10,25
	gastrocnemius medialis	86,63±5,84	86,8±7,91	86,0±7,45
	rectus femoris	54,5±5,44	64,0±6,49	66,25±11,97
	biceps femoris	77,63±6,02	72,8±7,07	75,25±8,98
Стрелки из лука	tibialis anterior	87,83±6,87	81,67±7,06	72,33±13,9
	gastrocnemius medialis	93,4±4,85	92,5±4,03	83,33±11,61
	rectus femoris	69,17±9,45	63,83±6,58	63,67±17,15
	biceps femoris	90,0±5,14	92,17±5,78	75,33±16,89

*Заключение по параметрам вызванных моторных ответов нижних конечностей.* После однократной 20-минутной транслингвальной спайк-стимуляции у спортсменов-легкоатлетов амплитуда вызванных моторных ответов изучаемых мышц снижалась, за исключением *m. biceps femoris*, амплитуда ответов которой возросла через 40 минут после стимуляции. У

спортсменов-лучников был выявлен отставленный эффект – повышение амплитуды ВМО мышц правой ноги через 40 минут после окончания стимуляции. Латентный период ВМО после однократной стимуляции достоверно не изменялся, но прослеживалась тенденция у спортсменов обеих групп незначительного сокращения времени появления ответов сразу после стимуляции и его повышения через 40 минут.

Существенных различий амплитуды ВМО через 5 и 10 дней курсовой стимуляции у легкоатлетов обнаружено не было. На пятый день через 40 минут после стимуляции выявлена тенденция к повышению амплитуды ВМО изучаемых мышц по сравнению с первым днем. У стрелков из лука через 10 дней транслингвальной спайк-стимуляции увеличилась амплитуда ВМО исследуемых мышц бедра. Пороги ответов в группах легкой атлетики и стрелков из лука имели тенденцию к снижению от первого к десятому дню стимуляции.

Таким образом, выявлено влияние транслингвальной спайк-стимуляции, наносимой в состоянии относительного мышечного покоя, на нервно-мышечный аппарат спортсменов. Полученные результаты дают основания предполагать, что стимуляция во время выполнения основного соревновательного действия или специально-подготовительных упражнений будет иметь более выраженный эффект на параметры вызванных моторных ответов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке программы экспериментального исследования по оценке влияния транслингвальной спайк-стимуляции были охвачены различные стороны функциональной подготовленности спортсменов. Подобранные методики для оценки психомоторных и нейрорегуляторных функций спортсменов позволили объективно оценить влияние нейромодуляторной стимуляции на их параметры. Результаты, полученные на представителях различных видов спорта, позволяют говорить о специфическом влиянии транслингвальной спайк-стимуляции на спортсменов циклических и точностных видов спорта.

Экспериментально доказано, что однократное и курсовое воздействие транслингвальной спайк-стимуляции спортсменов, находящихся в состоянии относительного мышечного покоя, изменяет их функциональное состояние, показывает выраженный релаксационный эффект и не оказывает негативного воздействия. Целесообразно дальнейшее развитие нейромодуляторной стимуляции в спорте направить на изучение ее влияния при непосредственном выполнении соревновательных и специально-подготовительных упражнений разной направленности и подготовки методик транслингвальной спайк-стимуляции перед началом соревнований, в период разминки и во время тренировок.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бехтерева Н.П., Аничков А.Д., Гурчин Ф.А и др. Лечебная электрическая стимуляция мозга и нервов человека. – СПб.: СОВА, 2008. – 464 с.
2. Богданов О.В., Шелякин А.М., Преображенская И.Г. Транскраниальная и трансвертебральная микрополяризация в неврологии. Методические рекомендации. – СПб., 2002. – 41с.
3. Вартанян Г.А. и др. Нейрофизиологические и структурные перестройки, лежащие в основе эффектов транскраниальной микрополяризации // Физиология человека – 1980. – № 6. – С. 963–977.\
4. Винарская, Е.Н. Анализ автоматизмов управления позной статикой / Винарская Е.Н., Фирсов Г.И. // Системный анализ в медицине (САМ 2014) Материалы VIII международной научной конференции. Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания СО РАМН. - 2014. - С. 184-188
5. Виноградова О.Л. Использование метода транскраниальной электростимуляции для коррекции психофизиологического статуса спортсменов/ О.Л. Виноградова, О.С. Тарасова, А.И. Нетреба и др.// Сборник: Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования, - 2009, С. 256-273.
6. Гимазов, Р.М. Стабилометрические показатели характеризующие состояние центральных и периферических структур нервно-мышечного аппарата организма у спортсменов. / Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.- 2012. - № 10 (92). - С. 43-48
7. Гладченко Д.А., Иванов С.М., Мачуева Е.Н., Пухов А.М., Моисеев С.А., Пискунов И.В., Городничев Р.М. Параметры моторных ответов человека при чрескожной электрической и электромагнитной стимуляции различных сегментов спинного мозга. Ульяновский медико-биологический журнал. 2016; 2: 132-140;

8. Дмитроченков, А.Е. Функциональное состояние опорно-двигательного аппарата юных лыжников 10-12 лет по данным стабилотрии / XII международный научный конгресс "Современный Олимпийский Паралимпийский спорт и спорт для всех" : материалы конгресса .- М., 2008 .- Т.2.- С. 101-102
9. Иванов, В. В. Сравнительный анализ параметров стабилотрии у спортсменок разной специализации \ В. В. Иванов, В. В. Ларьков. Т. Ф. Абрамова, [и др.]. / Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 2009. – Т.147. - №2. - С. 194-196
10. Илюхина В.А., Матвеев Ю.К., Чернышева Е.М. Транскраниальная микрополяризация в физиологии и в клинике. – СПб.: Изд-во ИМЧ РАН, 2006. – 192 с.
11. Ковалев А.С. Применение транскраниальной электростимуляции в психофизиологическом сопровождении учебного процесса курсантов военного вуза, автореф. дисс. к.мед. наук, -Санкт-Петербург, - 2004, 24 с.
12. Колеватов А. С. Психофизиологическое обоснование коррекции функционального состояния организма управленческого персонала в годовом цикле профессиональной деятельности: Автореф. дисс... канд. мед. наук. – СПб., 2012. – 20 с.
13. Корнилова А.А. Транскраниальная электростимуляция головного мозга как метод коррекции функционального состояния организма операторов/ А.А. Корнилова, В.А. Махинов, В.Н. Сысоев// Современные проблемы науки и образования. – 2012. - №4.
14. Кубряк, О.В. Изменение параметров вертикальной позы человека при демонстрации разных изображений / О.В. Кубряк, С.С.Гроховский / Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина Исследовательский центр МЕРА. - М. – Т.41- №2- 2015. - С. 60-63.
15. Ланская, О.В. Выявление признаков пластичности спинально-мотонейронных пулов мышц верхних и нижних конечностей у представителей

различных видов спорта / О.В. Ланская, Е. Ю. Андриянова // Ульяновский медико-биологический журнал. 2014. № 3. С. 107-114

16. Лебедев В. П. Влияние неинвазивной транскраниальной электростимуляции на утомление и связанные с ним психофизиологические показатели состояния человека / В. П. Лебедев и др. // Физиология человека. – 2001. – Т.27, №2. – С.15-28.

17. Лебедева Н.Н. Исследование возможности коррекции функционального состояния человека в условиях монотонной операторской деятельности с помощью низкоинтенсивного электромагнитного поля/ Н.Н. Лебедева, А.В. Вехов, Е.Д. Смирнова// Биомедицинская радиоэлектроника, «Радиотехника», - Москва, №9, - 2011. С. 9-16

18. Левик, Ю. С. Стабилография в исследованиях управления позой / Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Медицинские информационные системы». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. - №6(83). – С. 108-112

19. Медников, А. Б. Динамика позной устойчивости лиц молодого возраста при физической циклической нагрузке «до отказа» в стабиллографическом тесте / Краснодарский университет МВД России (КрУ МВД России) Научно-теоретический журнал «Ученые записки» - № 4(110) – 2014. - С. 28-34

20. Мельников, А. А. Функция равновесия у спортсменов-борцов: монография / А. А. Мельников, А. Д. Викулов, М. В.Малахов. – Ярославль: РИО ЯГПУ, 2016. – 149 с.

21. Пухов А.М. Влияние электрической стимуляции спинного мозга на позную устойчивость спортсмена / Пухов А.М. Иванов П.В. // Материалы Международного научно-практического Конгресса «Научно-педагогические школы в сфере физической культуры и спорта», посвященного 100-летию ГЦОЛИФК. – М.: РГУФКСМиТ, 2018. – С. 339-441

22. Роголева Людмила Геннадьевна. Влияние транскраниальной электростимуляции на функциональное состояние спортсменов,

занимающихся борьбой и силовыми видами спорта: диссертация ... кандидата Медицинских наук: 03.03.01 / Роголева Людмила Геннадьевна - Томск, 2016.- 146 с.

23. Рокотова Н. А., Шапков Ю. Т. Текущее управление движениями, задаваемыми человеку изменениями внешнего сигнала: Некоторые проблемы биологической кибернетики. Л.: Наука, 1972. - С. 26-38

24. Рощина Л. В., Маркевич В. В, Иванов С. М., Городничев Р. М., Челноков А. А. Влияние длительной электрической и кратковременной электромагнитной стимуляции спинного мозга на параметры вызванных мышечных ответов человека. Ульяновский медико-биологический журнал. 2018, 2 : 121 – 128

25. Скворцов, Д. В. Клинический анализ движений. Стабилометрия / Д. В. Скворцов. – М.: АОЗТ «Антидор», 2000. – 192с

26. Слива, С.С. Отечественная компьютерная стабилотография: состояние, проблемы и перспективы / Слива С.С., Кондратьев И.В., Слива А.С. // Известия ЮФУ. Технические науки. - 2008. - № 6 (83). - С. 98-101

27. Столбков Ю.К. Гальваническая вестибулярная стимуляция в физиологических и клинических исследованиях последних лет / Ю. К. Столбков, Е. С. Томиловская, И. Б. Козловская, Ю. П. Герасименко // Успехи физиологических наук, 2014, том 45, № 2, -С. 57–76

28. Терехов, А. В. Математическое моделирование регулирования вертикальной позы человека. Автореф. дис... канд. физико-математических наук. / А.В. Терехов – М., 2007.-24с;

29. Трембач, А. Б. Возрастная динамика биомеханических показателей позной устойчивости девочек первого детства с различным уровнем двигательной деятельности // Вестник адыгейского государственного университета. Серия 3: педагогика и психология - №4.- 2015.- С.143-152

30. Усачев, В. И. Автоматизированная компьютерная стабилотографическая диагностика атаксий с использованием анализа векторов и статического метода «деревьев классификации»: монография / В. И. Усачев,

Х. Т. Абдулкеримов, С. Г. Григорьев. – Таганрог: ЗАО ОКБ «РИТМ», 2004. – 24 с

31. Яфарова Г.Г., Милицкова А.Д., Шульман А.А., Спиридонова К.Н., Бикчентаева Л.М. Влияние транскраниальной магнитной стимуляции на ответы мышц голени, вызванные чрескожной электрической стимуляцией спинного мозга. *Практическая медицина*. 2017; 8 (109): 201-205.

32. Andisheh Bastani The combined effect of cranial-nerve noninvasive neuromodulation with highintensity physiotherapy on gait and balance in a patient with cerebellar degeneration: a case report / Andisheh Bastani, L. Eduardo Cofré Lizama, Maryam Zoghi, Grant Blashki, Stephen Davis, Andrew H. Kaye, Fary Khan and Mary P. // *Galea. Cerebellum & Ataxias* (2018) 5:6 doi.org/10.1186/s40673-018-0084-z

33. Baudewig J. Regional modulation of BOLD MRI responses to human sensorimotor activation by transcranial direct current stimulation / Baudewig J., Nitsche M.A., Paulus W. // *Magn. Reson. Med.* – 2001. – Vol. 45. – P. 196–201.

34. Beaulieu Louis-David, Véronique H. Flamand, Hugo Massé-Alarie, and Cyril Schneider. "Reliability and minimal detectable change of transcranial magnetic stimulation outcomes in healthy adults: a systematic review." *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation* 10, no. 2 (2017): 196-213.

35. Carmona S. Galvanic vestibular stimulation improves the results of vestibular rehabilitation / Carmona S., Ferrero A., Pianetti G. // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2011. V. 1233. № 1. E. 1–7].

36. Carvalho C. Walking performance and muscle strength in the later stage poststroke: A nonlinear relationship / Carvalho C, Sunnerhagen KS, Willen C. // *Arch Phys Med Rehabil* 2013; 94:845-850.

37. Choe Jaehoon, Brian A. Coffman, Dylan T. Bergstedt, Matthias D. Ziegler, and Matthew E. Phillips. "Transcranial direct current stimulation modulates neuronal activity and learning in pilot training." *Frontiers in human neuroscience* 10 (2016): 34.

38. Courtine, G. Modulation of multisegmental monosynaptic responses in a variety of leg muscles during walking and running in humans / G. Courtine, S. J. Harkema, C. J. Dy, Y. P. Gerasimenko, P. Dyhre-Poulsen // *J Physiol.* 2007 Aug 1;582(Pt 3):1125-39. Epub 2007 Apr 19
39. Danilov Y., Kaczmarek K., Skinner K., Tyler M. New Approach to Neurorehabilitation. *Brain Neurotrauma: Molecular, Neuropsychological, and Rehabilitation Aspects.* Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis; 2015. Chapter 44
40. Enriquez-Geppert Stefanie, René J. Huster, and Christoph S. Herrmann. "Boosting brain functions: Improving executive functions with behavioral training, neurostimulation, and neurofeedback." *International Journal of Psychophysiology* 88, no. 1 (2013): 1-16.
41. Fan Julie, Julien Voisin, Marie-Hélène Milot Johanne Higgins, and Marie-Hélène Boudrias. "Transcranial direct current stimulation over multiple days enhances motor performance of a grip task." *Annals of physical and rehabilitation medicine* 60, no. 5 (2017): 329-333.
42. Goodall, S. Transcranial magnetic stimulation in sport science: a commentary / Goodall, Stuart, Howatson, Glyn, Ross, Emma and Romer, Lee // *European Journal of Sport Science.* – 2014. - 4 (s1): 332 - 340
43. Jaric S.a Muscle strength testing: use of normalisation for body size. / *Sports Med.* 2002; 32(10):615-31.
44. Jaric S.b Evaluation of methods for normalizing muscle strength in elite and young athletes / Jaric S, Ugarkovic D, Kukolj M. // *J Sports Med Phys Fitness.* 2002 Jun; 42(2):141-51.
45. Joseph C. Sustained cortical and subcortical neuromodulation induced by electrical tongue stimulation / Joseph C. Wildenberg, Mitchell E. Tyler, Yuri P. Danilov, Kurt A. Kaczmarek, Mary E. Meyerand // *Brain Imaging Behavior* 2010 December; 4(3-4): 199–211. doi:10.1007/s11682-010-9099-7.
46. Kang Nyeonju, Jeffery J. Summers, and James H. Cauraugh. "Transcranial direct current stimulation facilitates motor learning post-stroke: a

systematic review and meta-analysis." *J Neurol Neurosurg Psychiatry* (2015): jnnp-2015.

47. Knikou, M. Transspinal constant-current long-lasting stimulation: a new method to induce cortical and corticospinal plasticity / M. Knikou, L. Dixon, D. Santora, M. M. Ibrahim // *J Neurophysiol.* 2015 Sep;114(3):1486-99

48. L. Eduardo Cofré Lizama, Andisheh Bastani, Maya G. Panisset, Katharine Drummond, Fary Khan, Mary P. Galea. A novel neuromodulation technique for the rehabilitation of balance and gait: A case study. *Journal of Clinical Neuroscience* 54 (2018) 140–142

49. Malottki Kinga, Anne Fry-Smith, and David Moore. "Mapping the evidence base and use of neurostimulators (interim report)." Unit of Public Health, Epidemiology and Biostatistics, University of Birmingham (2008).

50. Martins J.C. Assessment of the strength of the lower limb muscles in subjects with stroke with portable dynamometry: A literature review / Martins JC, Aguiar L.T., Lara E.M. // *Fisioter Mov* 2016; 29:193-208.

51. Martins J.C. Assessment of the strength of the trunk and upper limb muscles in stroke subjects with portable dynamometry: A literature review / Martins J.C. Teixeira-Salmela LF, Aguiar LT, Souza LAC, Lara EM, Faria CD // *Fisioter Mov* 2015; 28:169-186.

52. Minassian, K. Posterior root-muscle reflexes elicited by transcutaneous stimulation of the human lumbosacral cord / K. Minassian, I Persy, F Rattay, M. R. Dimitrijevic, C. Hofer, H. Kern // *Muscle Nerve.* – 2007 - Mar;35(3):327-36

53. Mitchell E. Tyler Non-invasive neuromodulation to improve gait in chronic multiple sclerosis: a randomized double blind controlled pilot trial / Mitchell E Tyler, Kurt A Kaczmarek, Kathy L Rust, Alla M Subbotin, Kimberly L Skinner1 and Yuri P Danilov // *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2014, 11:79

54. Nitshe M.A. Transcranial direct current stimulation: a new treatment for depression? // *Bipolar. Disord.* – 2002. – Vol. 4. № 1. – P. 98–99.

55. Paget, L. D. A. Fast-tracked rehabilitation and return to sport of an elite rugby player with a complicated posterolateral corner injury and associated peroneal

paralysis / Paget, L. D. A., P. P. F. M. Kuijer, M. Maas, and G. M. M. J. Kerkhoffs // *BMJ case reports* 2017 (2017): bcr-2017.

56. Pan W. Improvement of motor functions by noisy vestibular stimulation in central neurodegenerative disorders / Pan W., Soma R., Kwak S., Yamamoto Y. // *Journal Neurology*. 2008. V. 255. P. 1657–1661

57. Pierrette Baschung Pfister Manual muscle testing and hand-held dynamometry in people with inflammatory myopathy: An intra- and interrater reliability and validity study / Pierrette Baschung Pfister, Eling D. de Bruin, Iris Sterkele, Britta Maurer, Rob A. de Bie, Ruud H. Knols. // *Plos one*, March 29, 2018

58. Rogalewski A. Transcranial direct current stimulation disrupts tactile perception // *Eur. J. Neurosci.* – 2004. – Vol. 20, № 1. – P. 313–316.

59. Rossini, P.M. Central conduction studies and magnetic stimulation / P.M. Rossini, M.D. Caramia // *Curr Opin Neurol Neurosurg.* – 1992. - 5(5):697-703

60. Rossini, P.M. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee / P.M. Rossini, D. Burke, R. Chen, L.G. Cohen, Z. Daskalakis, R. Di Iorio, V. Di Lazzaro, F. Ferreri, P.B. Fitzgerald, M.S. George, M. Hallett, J.P. Lefaucheur, B. Langguth, H. Matsumoto, C. Miniussi, M.A. Nitsche, A. Pascual-Leone, W. Paulus, S. Rossi, J.C. Rothwell, H.R. Siebner, Y. Ugawa, V. Walsh, U. Ziemann // *Journal of Clinical Neurophysiology.* – 2015. - 126(6). – P. 1071-107.)

61. Sabbahi, M. A. Cervical multisegmental motor responses in healthy subjects / M.A Sabbahi, Y.S Sengul // *Spinal Cord.* - 2012 Jun;50(6):432-9)

62. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: A systematic review. *PM R* 2011;3:472-479.

63. Tavares L. A Single Trial May Be Used for Measuring Muscle Strength With Dynamometers in Individuals With Stroke: A Cross-Sectional Study. *PMRJ2188\_proof*. 4 Sept 2018