

На правах рукописи



Илларионова Александра Владимировна

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
ДВИГАТЕЛЬНОЙ КООРДИНАЦИИ НА ОСНОВЕ ТРЕНИРОВОК
С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ**

03.03.01 – Физиология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Томск – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор
Капилевич Леонид Владимирович

Официальные оппоненты:

Налобина Анна Николаевна, доктор биологических наук, профессор, Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования города Москвы «Московский городской педагогический университет», кафедра адаптологии и спортивной подготовки, профессор

Ненашева Анна Валерьевна, доктор биологических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», кафедра «Теория и методика физической культуры и спорта», заведующая кафедрой

Поскотинова Лилия Владимировна, доктор биологических наук, доцент Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория биоритмологии Института физиологии природных адаптаций, заведующая лабораторией

Защита состоится 22 октября 2021 г. в 12 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета НИ ТГУ.1.5.03, созданного на базе Института биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства (Биологического института) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36 (учебный корпус № 4 ТГУ, аудитория 022).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке и на официальном сайте Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» www.tsu.ru.

Материалы по защите диссертации размещены на официальном сайте ТГУ: <https://dissertations.tsu.ru/PublicApplications/Details/c6653b69-5b30-4645-85ae-6bb0e014f453>

Автореферат разослан « ____ » сентября 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета *Каб* Кабачкова Анастасия Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Проблема поиска новых подходов к совершенствованию двигательных навыков и физических способностей спортсменов остается актуальной. На сегодняшний день возможности традиционных подходов в значительной степени исчерпаны. Жесткость антидопинговых правил существенно ограничивает возможности фармакологической поддержки спортсменов. В этих условиях внимание исследователей привлекает перспектива применения информационных технологий и технических устройств [Володенко Д.В., 2016; Черапкина Л.П., 2019]. Особой эффективностью обладает методический прием, направленный на предоставление дополнительной информации – биологической обратной связи (БОС), или биоуправления; в англоязычной литературе используется термин biofeedback [Гаевая Ю.А. с соавт., 2020; Датченко С.А., 2015]. Спектр применения технологии БОС в спортивной деятельности достаточно широк – от оптимизации нагрузок и обеспечения пиковой производительности скелетной мускулатуры до обучения расслаблению и восстановлению после нагрузок [Астахова А.И., 2014; Моисеенко В.А., 2020]. Обратная связь (ОС) дает возможность осуществлять физическую работу, сбалансированную по силе, координации движений и постуральному контролю. Метод БОС позволяет также, используя мультимедийные возможности, обеспечивать высокую эмоциональную заинтересованность и нестандартность проведения занятий [Володенко Д.В., 2016]. Тренировки с БОС проводятся по различным параметрам – частоте и структуре сердечных сокращений [Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В., 2015], частоте ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) [Черапкина Л.П., 2019], по параметрам дыхания и т.д. Перспективным направлением также видится использование БОС в развитии координации как способности согласовывать мышечные напряжения в соответствии с намеченной двигательной программой, поскольку для управления системой движений важное значение имеет самоконтроль, осуществляемый на основе отчетливых двигательных представлений, а одним из способов его совершенствования является развитие точности восприятия и воспроизведения проявляемых собственных усилий при решении двигательных заданий различной направленности [Баулина О.В. с соавт., 2014; Bonnette S. e.a., 2020; Kiefer A.W. e.a., 2015].

Степень разработанности темы исследования

В последние годы публикуется большое количество работ, в которых анализируется использование различных видов тренировок с БОС. Основным направлением использования биоуправления с целью сознательной регуляции функций организма остается физическая реабилитация (в том числе после спортивных травм) [Моисеенко В.А., 2020; Kos A., 2019]. Также немало исследований выполнено применительно к вопросам повышения спортивного мастерства [Баулина О.В. с соавт., 2014; Моисеенко В.А., 2020; Черапкина Л.П., 2019]: доказана эффективность срочной ОС в обеспечении роста спортивной результативности путем совершенствования навыка дифференцировать и оценивать основные специфические параметры движений в выбранной

спортивной специализации [Астахова А.И., 2014; Марьенко И.П. с соавт., 2013].

В то же время исследования, направленные на развитие физических качеств за счет сочетания различных видов БОС-тренинга, встречаются гораздо реже; сравнительная эффективность и механизмы реализации эффектов различных видов тренинга в решении данной задачи мало изучены.

Соответственно, основная **проблема**, на решение которой направлено данное исследование, связана с выяснением физиологических особенностей воздействия различных видов биоуправления на формирование равновесия и координационных способностей.

Цель исследования – исследовать физиологические особенности формирования двигательной координации на основе тренировок с БОС по различным параметрам.

Задачи исследования:

1. Оценить эффективность различных видов тренировок с БОС для формирования двигательных навыков.
2. Исследовать закономерности формирования чувства равновесия и координации при тренировках с БОС.
3. Изучить особенности биоэлектрической активности скелетных мышц при выполнении движений после курса тренировок с БОС.
4. Оценить влияние различных типов тренировок на биоэлектрическую активность головного мозга.

Научная новизна исследования

Впервые выполнено комплексное сравнительное исследование физиологических особенностей формирования двигательной координации на основе тренировок с БОС по различным параметрам.

Показано, что тренировки с БОС по параметрам «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» и «положение проекции центра тяжести» способствуют совершенствованию регуляции двигательных действий и сохранению статических положений, что сопровождается формированием специфических паттернов биоэлектрической активности коры головного мозга, улучшением межмышечной координации, проприоцептивной чувствительности, мышечной памяти.

Установлено, что после тренировок с БОС по параметру «положение проекции центра тяжести» наблюдается рост степени устойчивости, межмышечной координации и способности длительно удерживать концентрацию в процессе сохранения равновесия за счет улучшения контроля за положением центра давления (ЦД).

Доказано, что при тренинге с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» формируется навык сохранения статической устойчивости при отвлечении на выполнение параллельных мыслительных операций за счет улучшения межмышечной координации. Данный вид тренинга в наибольшей степени способствует оптимизации параметров нервно-мышечного взаимодействия.

Впервые показано, что характерной особенностью межмышечной координации при сохранении статического равновесия после тренинга с БОС

по параметру «положение проекции центра тяжести» является одновременное включение в работу мышц голени (агонистов и антагонистов) в статическом режиме с одновременным достижением в рассматриваемых мышцах пиковых амплитудных значений импульсов; тогда как после тренинга с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» отмечается включение в работу мышц голени в динамическом режиме со сменой периодов напряжения и расслабления в мышцах-антагонистах.

Впервые показано, что тренировки с БОС по параметрам «положение проекции центра тяжести» и «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» в большей степени (в сравнении с традиционными тренировками) сопровождаются вовлечением нейрональных ансамблей, ответственных за процессы проприоцептивного восприятия, вегетативной регуляции, удержания внимания, формирование адаптивной индивидуальной стратегии в сравнении с обычными тренировками, при которых отмечаются преимущественно проявления десинхронизации биоэлектрической активности коры головного мозга.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Полученные результаты раскрывают ряд важных физиологических закономерностей, характеризующих процесс формирования точности движений, равновесия и межмышечной координации при тренировке с БОС по различным параметрам. Описана взаимосвязь параметров статического и динамического равновесия, мышечной активности и биоэлектрической активности коры головного мозга.

Результаты исследования могут послужить основой для разработки и внедрения в тренировочный процесс новых подходов и методических приемов, способствующих повышению его эффективности.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебно-тренировочный процесс по дисциплине «Физиология спорта» для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Физическая культура» и «Рекреация и спортивно-оздоровительный туризм» кафедры спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины факультета физической культуры Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Методология и методы исследования

Методология настоящего исследования основана на теории функциональных систем П. К. Анохина, на концепции уровневого построения организации движений Н. А. Бернштейна и концепции физиологического обеспечения спортивного мастерства. В работе использовался комплекс функциональных методов исследования, включающий: компьютерную стабилотографию, электромиографию (ЭМГ), электроэнцефалографию (ЭЭГ).

Положения, выносимые на защиту

1. Тренировки с БОС способствуют ускоренному формированию навыка сохранения равновесия, развитию проприоцептивной чувствительности,

способности дифференцировать прикладываемые усилия без участия зрительного анализатора, а также улучшению межмышечной координации и мышечной памяти. Вариант тренинга по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» является более эффективным, особенно при выключении зрительного контроля, он обеспечивает формирование навыка сохранять статическую устойчивость во время отвлечения на выполнение параллельных мыслительных операций.

2. Эффекты тренировки с БОС по параметру «положение проекции центра тяжести» реализуются преимущественно посредством улучшения межмышечной координации (что проявляется в синхронизации активности различных мышечных групп), тогда как тренировки с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» связаны с оптимизацией нервно-мышечного взаимодействия и сопровождаются активацией нейрональных ансамблей, ответственных за процессы проприоцептивного восприятия.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности.

Диссертационная работа отвечает формуле специальности в части изучения функционирования организма человека с целью понять закономерности функционирования организма и его отдельных систем, принципы сохранения здоровья человека, его адаптивные возможности в различных условиях жизнедеятельности, закономерности взаимодействия организма с окружающей средой и соответствует паспорту специальности 03.03.01 – Физиология (биологические науки) по области исследования «Исследование механизмов сенсорного восприятия и организации движений» (п. 4 паспорта научной специальности).

Степень достоверности и апробации результатов

Достоверность полученных результатов определяется высоким методическим уровнем исследования, использованием сертифицированного современного оборудования, корректным формированием исследуемых групп и использованием методов статистического анализа. Все оборудование, применяемое в работе, имело необходимые сертификаты и своевременно проходило поверку, подбор групп для исследования выполнялся методом рандомизации и в соответствии с критерием репрезентативности. Методы статистического анализа полностью соответствовали размерам выборок и характеру распределения экспериментальных данных.

Апробация результатов исследования

Основные результаты проведенных исследований по теме диссертации обсуждены на всероссийских и международных конференциях: «Физическая культура, спорт, туризм, рекреация: проблемы и перспективы развития» (Томск, ТГУ, 2013); «Современные проблемы системной регуляции физиологических функций» (Москва, 2015); «Физическая культура, здравоохранение и образование» (Томск, ТГУ, 2014, 2015, 2018); «Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных органов и систем в норме и при патологии» (Томск, СибГМУ, 2017); «Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски, решения» (Томск: ТПУ, 2017); «Актуальные проблемы спортивной подготовки, оздоровительной физической

культуры, рекреации и туризма. Адаптивная физическая культура и медицинская реабилитация: инновации и перспективы развития» (Челябинск, УралГУФК, 2020).

Публикации по теме диссертации

По теме диссертации опубликовано 14 работ, в том числе 5 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (из них 4 статьи в российских научных журналах, входящих в Web of Science и Scopus), 1 статья в прочем научном журнале, 8 публикаций в сборниках материалов международных, всероссийских (в том числе с международным участием) и межрегиональной научной и научно-практических конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений, списка использованной литературы (124 источника, из них 42 – на иностранном языке), одного приложения. В работе содержится 17 таблиц и 18 рисунков. Объем работы составляет 153 страницы.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В первой главе представлен обзор литературы, описывающий физиологические основы формирования двигательных навыков и обучения технике движения, физиологические механизмы формирования двигательной координации, а также методы БОС, применяемые в спорте.

В главе обозначена возможность рассмотрения координационной структуры как обобщенного показателя всех сторон движения (физической, биологической, психологической) и важность ОС для корректного усвоения разучиваемых движений. Описаны преимущества применения аппаратов с БОС в процессе обучения сознательной саморегуляции, достигаемые в том числе за счет срочности предоставляемой информации.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 60 девушек в возрасте 18–20 лет, не занимающиеся спортом и входящие в основную медицинскую группу (первая группа здоровья), т. е. без отклонений в состоянии здоровья и физическом развитии, имеющие хорошее функциональное состояние и соответствующую возрасту физическую подготовленность.

Вывод о состоянии здоровья девушек делался исходя из данных собранного анамнеза, результатов исследования уровня здоровья и функционального состояния организма, а также медицинского осмотра, допускающего исследуемых до занятий физической культурой в основной медицинской группе.

При формировании плана исследований учитывались фазы менструального цикла испытуемых. Исследования девушек проводились в постменструальную фазу цикла.

Для исследования отбирались девушки со стандартным типом телосложения – исключались студентки высокого или низкого роста, с нестандартным соотношением длины тела и ног. Критериями исключения из

исследования также являлись: наличие заболеваний сердечно-сосудистой, нервно-мышечной и опорно-двигательной систем, неврологические заболевания, несовместимые с физической активностью, травмы, заболевания в остром периоде, дефицитная (индекс массы тела (ИМТ) ниже 18,5) или избыточная (ИМТ выше 25,0) масса тела, ожирение (ИМТ выше 30,0), состояние переутомления. В группу не включались участницы, имевшие опыт занятий видами спорта, направленными на развитие координации.

В результате отбора были сформированы 3 группы девушек так, чтобы разница между результатами проведенного при отборе тестирования девушек трех групп была несущественной. 20 девушек (группа «Упражнения») тренировались по программе, включавшей комплекс упражнений на развитие чувствительности вестибулярного анализатора (ВА) и проприоцептивной чувствительности. 20 девушек (группа «Стабилан») занимались на стабиланализаторе компьютерном «Стабилан-01-2» (производитель – ЗАО ОКБ «Ритм» (Россия)) с использованием ОС по параметру «положение проекции центра тяжести». Остальные 20 испытуемых (группа «HUBER») занимались на аппарате «HUBER» (производитель – «LPG SYSTEMS» (Франция)) с использованием ОС по параметру «прилагаемые усилия». Занятия проводились 3 раза в неделю в течение месяца, всего 12 тренировок. Перед началом курса тренировок, а также после него, девушки проходили комплексное тестирование с использованием методов ЭМГ (с применением электромиографа «Нейро-МВП-4» производства ООО «Нейрософт»), стабилотрии (на стабилотриформе «Стабилан-01-2»), ЭЭГ (на программно-аппаратном комплексе «Нейрон-спектр 4/П» компании «Нейрософт») и динамометрии на аппарате «HUBER».

Перед началом тренировочной программы, а также после нее с девушками в течение четырех дней с 10.00 до 12.00 проводились следующие виды исследований.

1 день – исследование на «НС Психотест» (методики «Теппинг-тест» и «Контактная координациометрия по профилю»), определение мышечной точности с помощью динамометра.

2 день – стабилотриграфия на стабиланализаторе компьютерном «Стабилан-01-2», ЭЭГ на программно-аппаратном комплексе «Нейрон-спектр 4/П».

3 день – ЭМГ на компьютерном комплексе «Нейро-МВП-4», метания теннисного мяча в цель.

4 день – динамометрия на аппарате «HUBER».

Затем в течение 4 недель, 3 раза в неделю с девушками проводились тренировки в зависимости от группы по одной из трех программ. Выполнение упражнений в каждой программе было регламентировано. Объем, дозировка, продолжительность, интенсивность выбирались с учетом реакции организма на нагрузку и уровня функциональной и технической подготовленности [63]. Интенсивность занятий возрастала от занятия к занятию до середины курса, к концу курса снижалась.

Группа «Упражнения» тренировались по программе, включавшей комплекс упражнений на развитие чувствительности ВА и проприоцептивной чувствительности без единовременной ОС. Длительность занятия – 1 час.

Группа «Стабилан» занималась по программе развития чувствительности ВА на стабиланализаторе «Стабилан-01-2» посредством корректировки траектории перемещения ЦД на плоскости опоры. Продолжительность занятия составляла 30 минут и состояла из включенных в программное обеспечение аппарата стабилографических компьютерных игр различной степени сложности, проводимых с помощью метода БОС. Управляющим параметром БОС-тренинга служило положение ЦД на плоскости опоры, условно принимаемое в качестве проекции общего центра тяжести тела (ОЦТ). Критерием оценки эффективности тренинга служила доля времени от общей продолжительности тренинга, в которое испытуемый удерживал ЦД в заданных пределах. Тренинг оценивался как успешный, если указанная величина составляла 80 % и более.

Группа «HUBER» занималась по программе развития двигательного анализатора (ДА) на аппарате «HUBER» посредством корректировки усилия, прикладываемого к силоизмерительным элементам аппарата. Продолжительность занятия составляла 1 час. Управляющим параметром БОС-тренинга служила величина прилагаемого усилия (жим или тяга). Критерием оценки эффективности тренинга служила средняя разница между эталонным и прилагаемым усилием за период выполнения тренинга. Тренинг оценивался как успешный, если указанная величина составляла 80 % и более от величины эталонного усилия.

Испытуемые, которые к пятой тренировке не могли обеспечить указанный выше уровень успешности тренинга, исключались из исследования.

В ходе эксперимента были использованы спортивные и функциональные методы исследования. Для оценки текущего состояния центральной нервной системы (ЦНС) и ДА использовалась методика «Теппинг-тест» из каталога исследований компьютерного комплекса «НС Психотест». Также использовались спортивные методики оценки координационной и мышечной точности. Данные методики предназначены для оценки согласованности движений и координации двигательных действий испытуемых в пространстве.

Для тестирования проприоцептивной чувствительности девушек в условиях дополнительной вестибулярной нагрузки также был использован многофункциональный аппарат «HUBER». Особенность аппарата заключается в мультисенсорном воздействии на проприорецепцию, экстероцепцию и органы чувств пациента во время изотонически-изометрического усилия в различных вариантах выполнения двигательного задания: меняется скорость и амплитуда движения опорной платформы.

Аппарат представляет собой моторизованную подвижную платформу, соединенную с вертикальной динамической колонной, в которую встроены: многосекторные рукояти, содержащие сенсоры для измерения прикладываемого усилия; интерактивный дисплей для осуществления ОС с тренируемым и саморегулирования двигательной активности относительно различных групп мышц, участвующих в выполняемом движении

непосредственно во время его осуществления; координационное табло для отображения информации о степени синхронизации (координации) двигательной активности мышц правой и левой сторон тела тренируемого при выполнении движения.

В качестве функциональных методов исследования были использованы такие методы функциональной диагностики, как компьютерная стабิโลграфия, ЭМГ, ЭЭГ.

Стабิโลграфические исследования проводились с использованием компьютерного стабילוанализатора с БОС «Стабилан-01-2» (производитель – ЗАО ОКБ «Ритм» (г. Таганрог, Россия)).

Отведение и регистрация биопотенциалов скелетных мышц осуществлялись по общепринятой методике с помощью многофункционального компьютерного комплекса «Нейро-МВП-4». Выполнялось исследование биоэлектрической активности передних большеберцовых (*musculus tibialis anterior*) и икроножных мышц (*m. gastrocnemius*) обеих ног. Регистрация электроактивности мышц осуществлялась при выполнении следующих проб.

Простая проба Ромберга. Испытуемый стоит без обуви, плотно сдвинув стопы, руки вытянув вперед, пальцы расслаблены и несколько разведены, сначала с открытыми (10 с), затем с закрытыми (10 с) глазами.

Усложненная проба Ромберга – ноги испытуемого стоят на одной линии (носок левой ноги упирается в пятку правой). Руки вытянуты вперед, пальцы расслаблены и несколько разведены. Испытуемый выполняет пробу сначала с открытыми (10 с), затем с закрытыми (10 с) глазами.

Проба Бирюк – испытуемый встает в сомкнутую стойку на носках, руки вверх и удерживает ее сперва с открытыми (10 с), затем с закрытыми (10 с) глазами.

Для оценки степени развитости проприоцептивной чувствительности поверхностная ЭМГ регистрировалась также во время выполнения метаний теннисного мяча в цель правой рукой из положения сидя, ноги в стороны на двуглавой (*musculus biceps brachii*) и трёхглавой (*musculus triceps brachii*) мышцах плеча, лучевом сгибателе запястья (*musculus flexor carpi radialis*) и длинном лучевом разгибателе запястья (*musculus extensor carpi radialis longus*) справа.

ЭЭГ проводилась с использованием программно-аппаратного комплекса «Нейрон-спектр 4/П» производства ООО «Нейрософт» в системе отведений «10-20» по 8 каналам (четные справа, нечетные слева): лобные (Fp1, Fp2), область центральной борозды (C3, C4), височные (T3, T4), затылочные (O1, O2) электроды и монтажом с объединенным ушным электродом. Запись ЭЭГ осуществлялась при проведении вышеописанных проб с закрытыми глазами. Анализ ЭЭГ включал оценку таких параметров, как амплитуда спектра и мощность спектра альфа- и бета-ритмов. Под симметричностью ЭЭГ понималось значительное совпадение амплитуд гомотопных отделов обоих полушарий мозга – различие менее 50 %.

Статистическая обработка материала проведена с использованием прикладного программного пакета Statistica 8.0 for Windows фирмы Statsoft.

Описательный анализ включал определение среднего арифметического значения, ошибки среднего значения «среднее \pm ошибка среднего» ($X \pm m$). Для проверки характера распределения признака полученных данных использовали критерий Колмогорова – Смирнова.

Сравнительный анализ изменений, произошедших в обследуемых группах, основывался на определении достоверности разницы показателей по Т-критерию Вилкоксона для ненормально распределенных параметров в связи с тем, что сформированные выборки не подчинялись нормальному распределению и, следовательно, применение параметрических статистических критериев, построенных на основании параметров совокупностей, распределяемых по нормальному закону, являлось недопустимым. Гипотеза о принадлежности сравниваемых независимых выборок к одной и той же генеральной совокупности или к совокупностям с одинаковыми параметрами проверялась с помощью рангового U-критерия Манна-Уитни для попарно несвязанных выборок. В данном исследовании этот метод использовался для определения первичной однородности групп, в дальнейшем занимавшихся на тренажерах «Стабилан» и «HUBER», а также без ОС. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез в исследовании принимался равным 0,05.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о наличии существенных особенностей в механизмах реализации эффектов различных типов тренингов, направленных на формирование у спортсменов координационных способностей и равновесия.

По результатам теппинг-теста после курса занятий наблюдалось достоверное уменьшение показателя мануальной асимметрии (то есть разницы в междарных интервалах правой и левой руки) в группах «Упражнения» и «HUBER», занятия в которых включали в том числе работу верхними конечностями (на силовую выносливость, проприоцептивную чувствительность) (рисунок 1).

При тестировании по методике «Контактная координациометрия по профилю» в группе «Стабилан» после курса тренировок наблюдалось снижение таких показателей, как количество касаний. Среднее время касания при этом достоверно снизилось. Таким образом, у обследуемых группы «Стабилан» после курса тренировок можно констатировать увеличение скорости исправления возникающих ошибок, что может говорить об улучшении нервной регуляции движений.

При тестировании по методике «Динамометрия» после курса тренировок наблюдается достоверное сокращение величины средней ошибки, полученной при проведении тестирования левой рукой при закрытых глазах, в группах «Стабилан» и «HUBER». Это может говорить об улучшении различимости прикладываемых усилий без участия зрительного анализатора и более корректном их дозировании после занятий в группах «Стабилан» и «HUBER», занимавшихся на аппаратах с БОС. Аналогичный показатель для группы «Упражнения» также сократился, но незначительно. Тренировки без использования биоуправления оказались в этом аспекте самыми

малоэффективными.

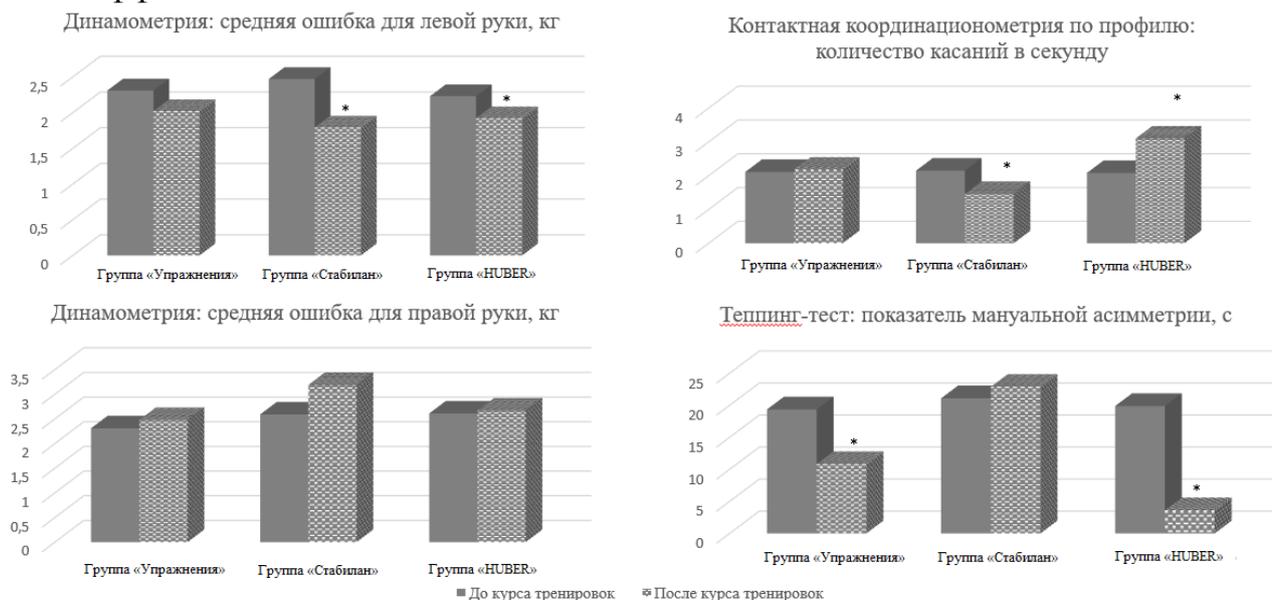


Рисунок 1 – Результаты психофизиологического тестирования спортсменов после различных видов тренировок

На рисунке 2 представлены результаты стабیلографического анализа выполнения пробы «Треугольник». Из рисунка видно, что после курса тренировок девушки лучше выполняют задание, траектория движения ОЦТ не столь значительно отклоняется от фигуры «треугольник», меньше выходя за ее пределы как на стадии обучения (с ОС), так и на стадии анализа (без ОС).

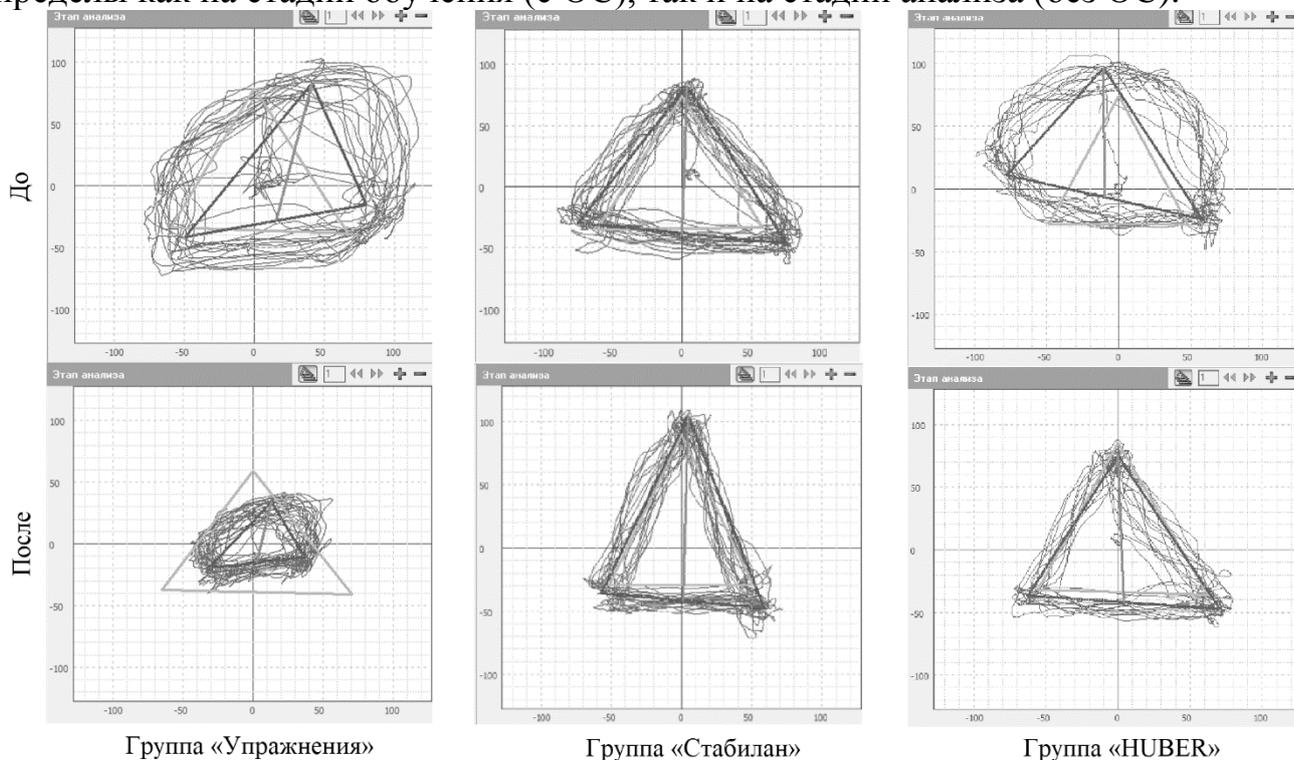
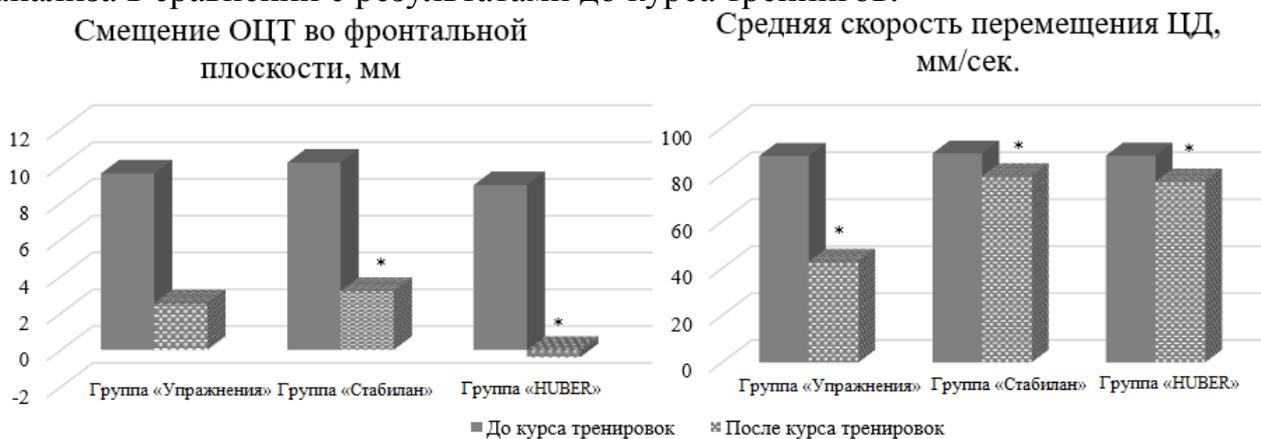


Рисунок 2 – Стабیلограмма выполнения пробы «Треугольник» девушками до и после курса тренировок

Во всех группах (рисунок 3) наблюдается достоверное снижение показателей смещения ОЦТ во фронтальной плоскости и средней скорости

перемещения ЦД, величины средней случайной ошибки во фронтальной и саггитальной плоскостях на этапе анализа в сравнении с этапом обучения. После тренировок в группе «Упражнения» наблюдался достоверный рост средней систематической ошибки во фронтальной плоскости на этапе анализа в сравнении с этапом обучения. У испытуемых групп «Стабилан» и «HUBER» наблюдалось достоверное снижение данной величины на этапах обучения и анализа в сравнении с результатами до курса тренировок.



* достоверность различий с результатом до курса тренировок, $p < 0,05$

Рисунок 3 – Стабилографические показатели выполнения пробы «Треугольник» до и после курса тренировок

Для тестирования проприоцептивной чувствительности девушек в условиях дополнительной вестибулярной нагрузки был использован многофункциональный аппарат «HUBER». Наиболее сбалансированные усилия по воспроизведению эталонного усилия и одинаковой работе обеих рук в упражнениях «Жим» и «Тяга» из позиции «руки параллельно, ноги параллельно» были показаны группой «HUBER», что указывает на развитие в процессе тренировок на тренажере «HUBER» проприоцептивной чувствительности. Наименее сбалансированными по степени соответствия эталонному усилию и равномерной работе обеих рук, особенно в упражнении «Жим», оказались результаты, показанные группой «Стабилан», у которой, несмотря на более развитое чувство динамического равновесия (судя по результатам тестирования на стабилотеле), мышечная чувствительность и выносливость, особенно верхних конечностей, в ходе тренинга не получила соответствующего уровня развития (рисунок 4). В группе «Упражнения», несмотря на существенные различия при тестировании после тренингов между эталонными и воспроизведенными результатами, в сравнении с результатами до курса тренировок наблюдался рост среднего времени воспроизведения эталонного результата – показателя, на основе которого и оценивается уровень скоординированности работы испытуемого.

Тренинги с использованием БОС по параметрам «положение проекции центра тяжести» и «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» позволяют за относительно короткое время (1 месяц) заметнее, чем при тренировках без БОС, развить проприоцептивную чувствительность, различимость прикладываемых усилий, снизить значимость зрительного анализатора (в группе, тренировавшейся с БОС по параметру «прилагаемые

усилия в положении поиска динамического равновесия»), а также улучшить межмышечную координацию и мышечную память. После тренировок с БОС по параметру «положение проекции центра тяжести» развитие чувства равновесия происходит за счет улучшения нервно-мышечного контроля за положением ЦД при выполнении динамических проб, что отражается на росте степени устойчивости (умении сохранять равновесие на большей площади относительно опоры) [Voloban V., 2010]. Это, помимо согласованности работы мышц, выражается в росте степени концентрации и в способности длительно удерживать данную концентрацию по время сохранения равновесия [Марьенко И.П. с соавт, 2013], что находит отражение в параметрах биоэлектрической активности коры головного мозга [Черапкина Л.П., 2019].



* достоверность различий с результатом до курса тренировок, $p < 0,05$,
 £ – достоверность различий в группе между эталонным показателем и воспроизведенным результатом, $p < 0,05$, ! – достоверность различий в группе между показателями правой и левой руки, $p < 0,05$

Рисунок 4 – Результаты выполнения девушками упражнения из положения А: «руки параллельно, ноги параллельно» на тренажере «HUBER» до и после тренингов

Характерной особенностью формирования чувства равновесия и координации после тренинга с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» является развитие умения сохранять статическую устойчивость во время отвлечения на выполнение параллельных мыслительных операций, координировать работу мышц всего тела, а также корректно дозировать прикладываемые усилия. Сходные результаты были получены авторами при использовании системы «HUBER» в практике физической реабилитации [Попадюха Ю.А. с соавт, 2012] и в оценке психофизиологического статуса [Косачев В.Е., 2000]. В доступной литературе мы не нашли работ, содержащих анализ результатов использования тренажера

«HUBER» в совершенствовании навыков у спортсменов. Однако имеющийся опыт обучения дифференцировке прилагаемых усилий с использованием специальных упражнений [Minikhanov V.A., 2014] говорит о перспективности и высокой эффективности такого подхода. Причем механизм сохранения равновесия после тренинга с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» характеризуется постоянным изменением очагов концентрации биоэлектрической активности в коре головного мозга и частым перемещением веса тела над опорой в процессе удержания статического равновесия без зрительного контроля, что отмечается при фиксации биоэлектрической активности мышц и может говорить о более динамичном процессе поиска устойчивого равновесия в сравнении с тренингами с БОС по параметру «положение проекции центра тяжести». Объяснение полученных данных, свидетельствующих о наибольшей эффективности биоуправления по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия», можно произвести с позиции теории функциональных систем П.К.Анохина [1980]. Одним из ключевых элементов этой теории является необходимость ОС и текущих корригирующих воздействий для обеспечения оптимального характера двигательного действия. Из трех используемых в нашей работе способов тренировки именно данный вид тренинга вовлекает в работу наибольшее количество анализаторов, предоставляя в процессе выполнения движения значительный объем срочной информации, что, в свою очередь, предоставляет оптимальную возможность для обучения коррекции двигательных действий.

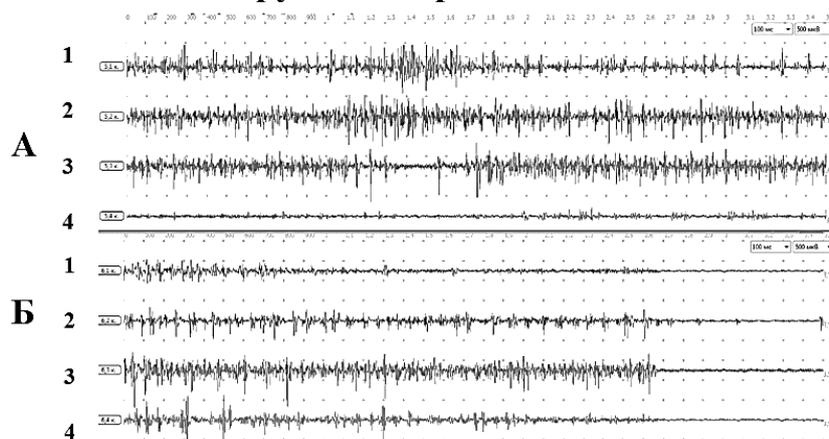
Различные виды тренинга также способствуют формированию различных мышечных стереотипов, реализуемых при выполнении проб на равновесие и координацию (рисунок 5). При тренировках без применения технологий биоуправления стереотипы мышечной активности практически не изменялись. Эти результаты соотносятся с данными литературы, свидетельствующими, что перестройка мышечных стереотипов – длительный процесс, требующий целенаправленных подходов [Фомина Д.К., 2006]. В то же время формирование новых паттернов мышечной активности является одним из механизмов повышения мастерства спортсмена [Lyakh V., 2010; Miller, J.F. e.a., 2010].

Характерной особенностью биоэлектрической активности мышц голени при сохранении статического равновесия без зрительного контроля после тренинга с БОС по параметру «положение проекции центра тяжести» является их включение в работу в статическом режиме (одновременное включение мышц-антагонистов с соизмеримыми показателями биоэлектрической активности), что может говорить о сохранении равновесия при минимальном колебании ЦД относительно опоры.

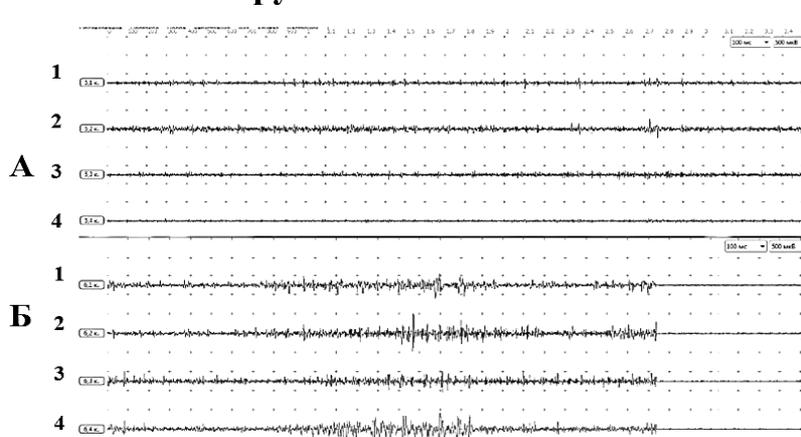
В то же время особенностью биоэлектрической активности мышц голени при сохранении статического равновесия без зрительного контроля после тренинга с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» является их включение в работу в динамическом режиме (с синхронизированной сменой периодов напряжения и расслабления в мышцах-агонистах и антагонистах), что может говорить о сохранении равновесия за счет более выраженных перемещений ЦД относительно опоры, чем в группе,

тренировавшейся с БОС по параметру «положение проекции центра тяжести». Данный стереотип является наиболее сложным с точки зрения его формирования [Shestakov M. e.a., 2010].

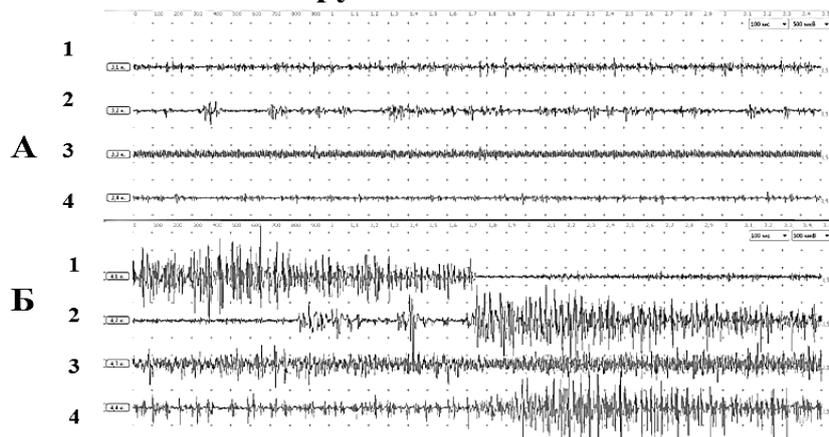
Группа «Упражнения»



Группа «Стабилан»



Группа «HUBER»



слева – номер группы.

1. левая передняя большеберцовая мышца, 2. левая икроножная мышца, 3. правая икроножная мышца, 4. правая передняя большеберцовая мышца.

А – до тренировок; Б – после тренировок.

Отметка времени – 0,25 с, отметка амплитуды – 50 мкВ

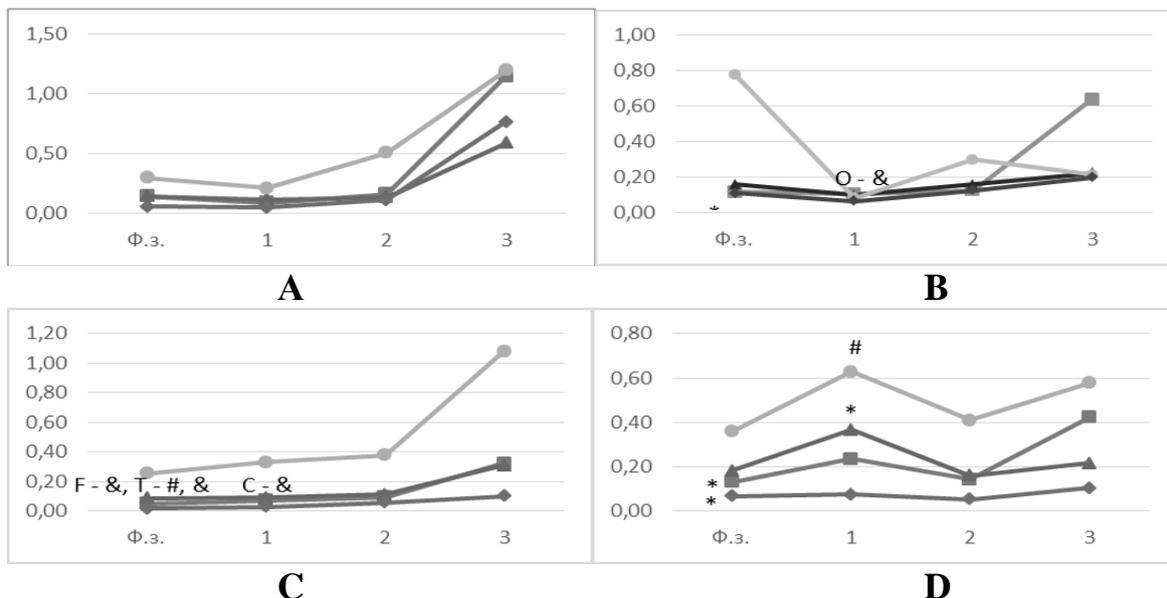
Рисунок 5 – Поверхностная ЭМГ при выполнении пробы Бирюк

По теории Н.А. Бернштейна поочередно-синхронные движения обеспечиваются более высокими уровнями регуляции и требуют вовлечения

более сложных механизмов. Одновременные сокращения мышц реализуются на более низких уровнях управления движениями. Следовательно, можно заключить, что тренинг с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» способствует активации таких механизмов управления движениями, которые обеспечиваются вышележащими отделами ЦНС. Необходимо отметить специфичность паттернов ритмики ЭЭГ для каждой из групп в процессе выполнения проб на сохранение равновесия. Возможность таких перестроек биоэлектрической активности мозга описана при проведении исследований с различными видами биоуправления [Cherapkina L.P., 2018]. В группе исследуемых, тренировавшихся без применения БОС, в большинстве случаев отсутствовала выраженная локализация средней мощности спектра альфа- и бета-диапазонов ЭЭГ в той или иной области коры во время выполнения тестов; все области коры были задействованы приблизительно одинаково; изменения амплитуды спектра ЭЭГ от теста к тесту, а также изменения мощности спектра ЭЭГ были наименее выражены.

Наряду со сходными эффектами после тренировок с БОС (усиление альфа-активности преимущественно в затылочной области коры и активация высокочастотной бета-активности ЭЭГ в затылочных отведениях) регистрируются и различия. Если после тренировок с использованием в качестве канала БОС параметра «положение проекции центра тяжести» наблюдались: снижение (десинхронизация) активности альфа- и бета-диапазонов ЭЭГ в сравнении с результатами до курса тренингов, последовательный рост активности ритмов альфа- и бета-диапазонов ЭЭГ при постепенном усложнении задания, редкие смены пространственной локализации ритмов от пробы к пробе, то тренировка с использованием в качестве канала БОС параметра «прилагаемые усилия», напротив, способствовала росту средней мощности альфа-активности ЭЭГ в центральной области коры, росту активности ЭЭГ-ритмов в различных областях головного мозга, значительной межполушарной асимметрией ЭЭГ-ритмов и частой пространственной сменой локализованных паттернов ЭЭГ на конвекситальной поверхности от пробы к пробе (рисунок 6, 7). Эти результаты хорошо соотносятся с данными Кривоноговой Е.В. с соавт. [2015] выявившими наличие разных типов изменений ЭЭГ при тренингах с БОС по кардиоритму. Обнаруженные ими типы отражают варианты интеграции нейронов в функциональных системах для обеспечения оптимизации баланса симпато- и ваготропных механизмов, что может сопровождаться разнонаправленными изменениями мощности альфа-, бета- и тета-составляющих ЭЭГ во всех отделах головного мозга.

Согласно концепции Г.Г. Князева с соавт. [39] различные аспекты управления двигательными реакциями (подготовка, выполнение и торможение движения, «моторное внимание» и другие) связаны с активностью различных осцилляторных систем мозга. В частности, существует специфическая связь бета-активности с торможением двигательных реакций, что подтверждает взаимную независимость процессов, обеспечивающих активацию и торможение движений.



Ф.з. – показатели фоновой записи, 1 – показатели во время выполнения простой пробы Ромберга, 2 – показатели во время выполнения усложненной пробы Ромберга, 3 – показатели во время выполнения пробы Бирюк.

■ F ■ C ● O ◆ T

Отведения:

A – до курса тренировок, B – после курса упражнений, C – после курса тренировок с БОС на аппарате «Стабилан», D – после курса тренировок с БОС на аппарате «HUBER».

– статистически значимые различия между показателями при сравнении с группой «Упражнения» ($p \leq 0,05$), * – статистически значимые различия между показателями при сравнении с группой 2, ($p \leq 0,05$), & – статистически значимые различия между показателями при сравнении с группой 3 ($p \leq 0,05$)

Рисунок 6 – Средняя мощность спектра альфа-активности ЭЭГ до и после курса тренировок, мкВ²·с

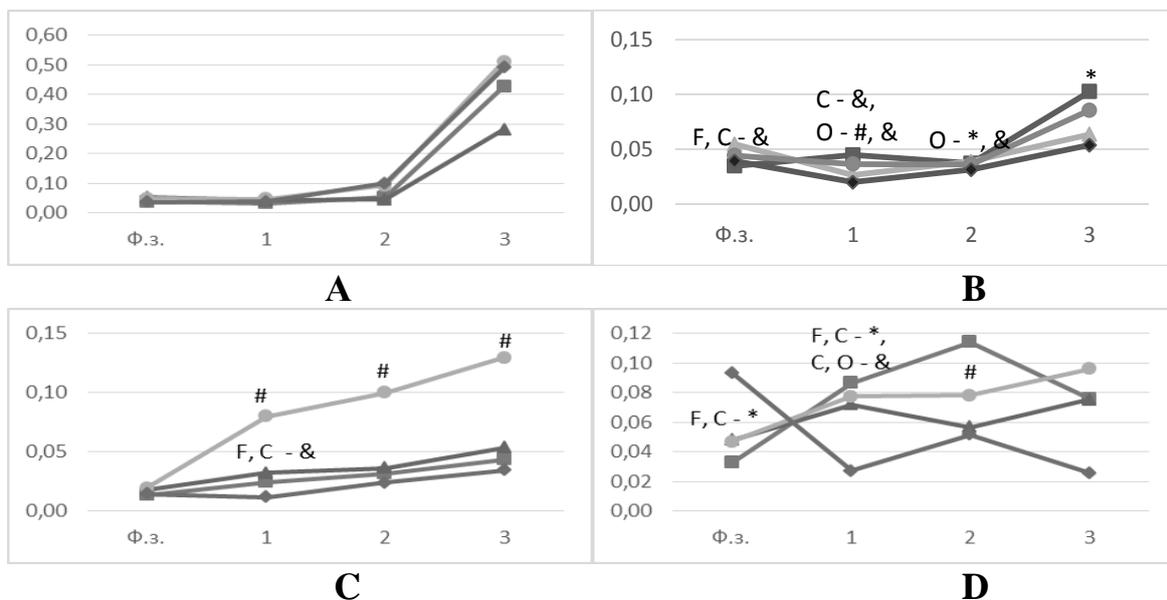


Рисунок 7 – Средняя мощность спектра НЧ бета-активности ЭЭГ до и после курса тренировок, мкВ²·с (обозначения те же, что на рисунке 6)

Полученные нами результаты хорошо соотносятся с данной концепцией – можно полагать, что вариант биоуправления по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» в наибольшей степени задействует

осцилляторные системы мозга, способствуя оптимальному сочетанию процессов возбуждения и торможения, за счет чего и обеспечивается наилучшая результативность тренировки.

По поводу трактовки физиологической значимости различных диапазонов биоэлектрической активности коры головного мозга в литературе нет единого мнения. В то же время есть доказательства связи определенных ее паттернов с формированием двигательных навыков [Фекличева И.В. с соавт., 2019]. Очевидно, что применение традиционных форм тренировки в нашем случае не позволило за период исследования добиться заметных нейрофизиологических перестроек. Об этом также свидетельствуют результаты, полученные Черепкиной Л.П. [2019]: она показала, что при традиционных видах тренировок различия в характеристиках фоновой ЭЭГ между группами спортсменов могут регистрироваться даже в тех случаях, когда эффективность нагрузки была одинаковой. Напротив, применение тренажеров с БОС привело к достоверным изменениям в параметрах ЭЭГ. Характерная для обоих методов тренировки с БОС активация ВЧ бета-активности в затылочных отведениях трактуется как признак напряжения, сосредоточенности на выполняемом действии и ассоциируется с формированием спортивного мастерства. Сходная картина описана в ряде работ [Cheron G. e.a., 2016; Park J.L. e.a., 2015], показывающих возможность формирования специфических паттернов ЭЭГ при тренировках различной направленности. Относительно активности альфа-диапазона ситуация выглядит противоречивой [Кривоногова Е.В. с соавт., 2015; Balkis Z. e.a., 2014]. С одной стороны, для активной деятельности чаще характерно снижение данного компонента ЭЭГ, что может трактоваться как проявление эффекта десинхронизации, повышение тонуса коры и активности ретикулярной формации, десинхронизирующей основной ритм ЭЭГ. С другой стороны, есть данные об усилении активности альфа-диапазона при сочетании физических нагрузок с выполнением когнитивных задач. В этом случае происходит снижение напряжения коры, акцент на усиление деятельности срединных, дизэнцефальных структур, переход в режим внутренней сосредоточенности на висцеральных ощущениях, активизация процессов внимания [Ji L. e.a., 2014]. Можно предположить, что выполнение упражнений с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» требует большего вовлечения нейрональных ансамблей, ответственных за процессы проприоцептивного восприятия, вегетативной регуляции, удержания внимания, а также за формирование адаптивной индивидуальной стратегии при биоуправлении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По всей видимости, результатом выявленных особенностей механизмов реализации эффектов тренировок с БОС по различным параметрам, являются различия в эффективности этих тренировок, в успешности формирования ряда важных навыков у спортсменов. Полученные результаты позволяют определить различия механизмов, лежащих в основе стратегии решения задач на равновесие и координацию, которая формируется у исследуемых после различных видов тренинга, в том числе тренингов с БОС (рисунок 8).

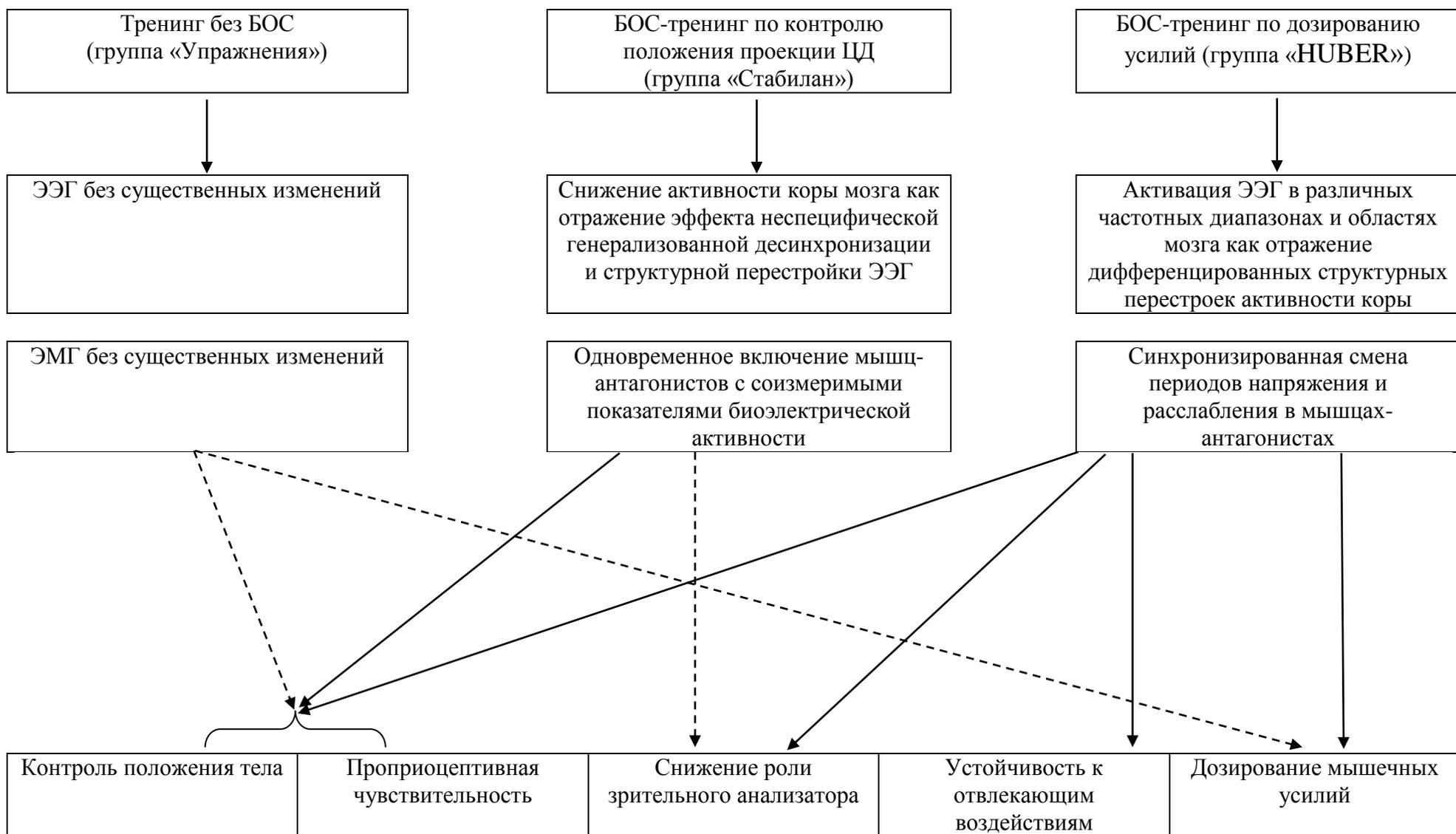


Рисунок 8 – Физиологическая характеристика и эффективность различных видов тренинга

БОС в процессе тренировок способствует ускоренному формированию навыков решения задач на сохранение равновесия посредством развития системы нервно-мышечной регуляции движений: появлению выраженных очагов концентрации на уровне коры головного мозга и синхронизированной работе участвующих в сохранении равновесия мышечных групп. Также наблюдается усиление чувствительности проприоцептивного анализатора, позволяющее выполнять движения более точно.

Полученные результаты также позволяют сформулировать ряд практических рекомендаций. Все изученные в работе методики – как с БОС, так и без БОС, направлены на формирование координационных способностей и равновесия, поэтому могут быть использованы в тех видах спорта, которые предъявляют повышенные требования именно к этим качествам. Это прежде всего единоборства, многие игровые виды спорта, гимнастика, акробатика и т.д.

Целесообразно применение этих методов на разных этапах спортивного совершенствования. На начальных этапах стоит начинать с обычных упражнений без БОС – этот вариант более эффективен для формирования навыков начального уровня. На среднем уровне можно использовать БОС на стабильной платформе, а у более квалифицированных спортсменов целесообразно использовать HUBER, т. к. эта методика способствует формированию навыков более высокого уровня и в большей степени вовлекает в их формирование ресурсы вышележащих отделов нервной системы.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Тренировки с БОС способствуют ускоренному формированию навыка сохранения равновесия. После тренинга с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» наблюдается более быстрое развитие умения сохранять статическую устойчивость во время отвлечения на выполнение параллельных мыслительных операций, чем в тренировках с БОС по параметру «положение проекции центра тяжести», что характеризует данный вариант тренингов как более эффективный, особенно в положении с закрытыми глазами.

2. Тренинги с использованием БОС позволяют быстрее развить проприоцептивную чувствительность, способность дифференцировать прикладываемые усилия без участия зрительного анализатора, а также улучшить межмышечную координацию и мышечную память. После тренировок с БОС по параметру «положение проекции центра тяжести» развитие чувства равновесия происходит за счет повышения эффективности контроля за положением ЦД, тогда как после тренинга с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» успешнее формируются умения сохранять статическую устойчивость во время отвлечения на выполнение параллельных мыслительных операций, координировать работу мышц, а также корректно дозировать прикладываемые усилия.

3. Характерной особенностью биоэлектрической активности мышц голени при сохранении статического равновесия после тренинга с БОС по параметру «положение проекции центра тяжести» является включение в работу мышц голени в статическом режиме (одновременное включение мышц-антагонистов с соизмеримыми показателями биоэлектрической активности). В

то же время после тренинга с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» наблюдается включение в работу мышц голени в динамическом режиме (с синхронизированной сменой периодов напряжения и расслабления в мышцах-антагонистах).

4. Отмечается более выраженное влияние тренингов с БОС на частотные и мощностные характеристики ЭЭГ в сравнении с традиционными тренировками. Тренировки с БОС по параметру «положение проекции центра тяжести» сопровождаются снижением мощности ЭЭГ как отражением эффекта неспецифической генерализованной десинхронизации и структурной перестройки ЭЭГ-ритмов в сравнении с тренингом с БОС по параметру «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия», который способствовал более специфической по частотным характеристикам и пространственной локализации активации ЭЭГ, что отражало более дифференцированные и направленные структурные перестройки активности коры головного мозга.

Практические рекомендации:

1. Все изученные в работе методики – как с БОС, так и без БОС, направлены на формирование координационных способностей и равновесия, поэтому могут быть использованы в тех видах спорта, которые предъявляют повышенные требования именно к этим качествам. Это прежде всего единоборства, многие игровые виды спорта, гимнастика, акробатика и т.д.

2. Целесообразно применение этих методов на разных этапах спортивного совершенствования. На начальных этапах стоит применять обычные упражнения без БОС: этот вариант более эффективен для формирования навыков начального уровня. На среднем уровне целесообразно использовать БОС на стабилотренинге, а у более квалифицированных спортсменов можно использовать HUBER.

Перспективы дальнейшей разработки темы связаны с исследованием влияния занятий с использованием БОС по параметрам «положение проекции центра тяжести» и «прилагаемые усилия в положении поиска динамического равновесия» на функционирование систем организма спортсменов различной квалификации в видах спорта, предъявляющих различные требования к развитию КС, и на результаты спортсменов, с последующей разработкой рекомендаций по программам тренировок для улучшения спортивных результатов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Илларионова А. В.** Точность дозированных усилий как фактор межмышечной координации у спортсменов / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Вестник Томского государственного университета. – 2014. – № 385. – С. 159–162. – 0,46 / 0,27 а.л.

2. **Илларионова А. В.** Особенности внутримышечной и межмышечной координации при дозировании усилий в условиях неустойчивого равновесия / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. – 2014. – № 12. – С. 44–46. – 0,3 / 0,26 а.л.

Scopus: **Illarionova A. V.** Distinctive features of intramuscular and intermuscular coordination at power graduation in the context of balance training / A. V. Illarionova, L. V. Kapilevich // Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury. – 2014. – №12. – P. 44–46.

3. **Илларионова А. В.** Характер межмышечной координации при формировании навыка точных бросков / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 4. – С. 83–84. – 0,26 / 0,17 а.л.

Scopus: **Illarionova A. V.** Inter-muscular coordination pattern in accurate shooting skills formation process / A. V. Illarionova, L. V. Kapilevich // Theory and Practice of Physical Culture. – 2016. – № 4. – P. 83–84.

4. **Илларионова А. В.** Особенности формирования вестибулярной и проприоцептивной чувствительности при тренировке координационных способностей с использованием биологической обратной связи / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Вестник Томского государственного университета. – 2017. – № 421. – С. 188–192. – 0,54 / 0,49 а.л.

Web of Science: **Illarionova A. V.** Features of forming vestibular and proprioceptive sensitivity in training coordination abilities using biological feedback / A. V. Illarionova, L. V. Kapilevich // Tomsk State University Journal. – 2017. – № 421. – P. 188–192.

5. **Илларионова А. В.** Характеристики биоэлектрической активности головного мозга при тренировке с использованием аппаратов с функцией обратной связи / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № S1. – С. 7–17. – 0,94 / 0,63 а.л.

Web of Science: **Illarionova A. V.** Characteristics of brain bioelectrical activity during feedback training / A. V. Illarionova, L. V. Kapilevich // Human. Sport. Medicine. – 2019. – Vol. 19, № S1. – P. 7–17.

Публикации в прочих научных изданиях:

6. **Илларионова А. В.** Возможность применения компьютерной системы HUBER Motion Lab для обучения двигательным действиям студентов / А. В. Илларионова // Физическая культура, спорт, туризм, рекреация: проблемы и перспективы развития : материалы студенческой межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 135-летию Томского государственного университета, 75-летию кафедры физического воспитания, 50-летию оздоровительно-учебного центра ТГУ. Томск, 12 декабря 2013 г. – Томск, 2013. – С. 213–216. – 0,16 а.л.

7. **Илларионова А. В.** Особенности биоэлектрической активности мышц при исследовании точности дозированных усилий у спортсменов / А. В. Илларионова // Вестник науки Сибири. – 2014. – № 4 (14) – С. 234–240. – 0,43 а.л.

8. **Илларионова А. В.** Анализ координационных способностей квалифицированных спортсменов и нетренированных лиц в сравнительном

аспекте с использованием аппарата «HUBER» / А. В. Илларионова // Физическая культура, здравоохранение и образование : материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти В. С. Пирусского. Томск, 13–14 ноября 2014 г. – Томск, 2014. – С. 107–110. – 0,25 а.л.

9. **Илларионова А. В.** Значение вестибулярной и проприоцептивной чувствительности в формировании координационных способностей / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Современные проблемы системной регуляции физиологических функций : материалы IV Международной междисциплинарной конференции. Москва, 17–18 сентября 2015 г. – Москва, 2015. – С. 274–278. – 0,25 / 0,18 а.л.

10. **Илларионова А. В.** Влияние развития координационных способностей на уровень моторной асимметрии / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Физическая культура, здравоохранение и образование : материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти В. С. Пирусского. Томск, 19–20 ноября 2015 г. – Томск, 2015. – С. 57–59. – 0,13 / 0,1 а.л.

11. **Илларионова А. В.** Особенности формирования проприоцептивной чувствительности при использовании различных видов тренинга / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных органов и систем в норме и при патологии : материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Е. Ф. Ларина. Томск, 23 мая 2017 г. – Томск, 2017. – С. 17–18. – 0,1 / 0,09 а.л.

12. **Илларионова А. В.** Особенности формирования мышечной координации при использовании различных видов тренинга / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Физическая культура и спорт на современном этапе : проблемы, поиски, решения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Томск, 22 декабря 2017 г. – Томск, 2017. – С.84–86. – 0,2 / 0,18 а.л.

13. **Илларионова А. В.** Особенности электрической активности головного мозга при использовании различных видов тренинга / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Физическая культура, здравоохранение и образование : материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти В. С. Пирусского. Томск, 15 ноября 2018 г. – Томск, 2018. – С. 137–140. – 0,19 / 0,17 а.л.

14. **Илларионова А. В.** Особенности влияния тренировок с использованием биологической обратной связи на уровень развития координационных способностей / А. В. Илларионова, Л. В. Капилевич // Актуальные проблемы спортивной подготовки, оздоровительной физической культуры, рекреации и туризма. Адаптивная физическая культура и медицинская реабилитация: инновации и перспективы развития : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию УралГУФК. Челябинск, 27–28 октября, 2020 г. – Челябинск, 2020. – С. 111–116. – 0,41 / 0,32 а.л.

Издание подготовлено в авторской редакции.
Отпечатано на участке цифровой печати
Издательского Дома Томского государственного университета
Заказ № 7327 от «09» сентября 2021 г. Тираж 100 экз.
г. Томск Московский тр.8, тел. 53-15-28