

Федеральное медико-биологическое агентство

**ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины
и реабилитации Федерального медико-биологического агентства»**

ООО «ИНФОТЕЛЬ»

Ю.А. Бубеев, И.Н. Митин, В.И. Седин, А.В. Жолинский, А.И. Кузнецов,
А.Е. Горовая, К.А. Назаров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДИАГНОСТИКЕ И
КОРРЕКЦИИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕИНВАЗИВНЫХ МЕТОДОВ СТИМУЛЯЦИИ
НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТИ**

Методические рекомендации

Под редакцией проф. В.В. Уйба

Москва 2018

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 № 16 от 29 марта 2018 г.). Введены впервые.

Ю.А. Бубеев, И.Н. Митин, В.И. Седин, А.В. Жолинский, А.И. Кузнецов, А.Е. Горовая, К.А. Назаров. Методические рекомендации по диагностике и коррекции психофизиологического состояния у высококвалифицированных спортсменов с применением неинвазивных методов стимуляции нейропластичности. Методические рекомендации. Под ред. проф. В.В. Уйба // М.: ФМБА России, 2018. –115 с.

Методические рекомендации предназначены для врачей по спортивной медицине и врачей других специальностей, работающих в области физической культуры и спорта, заведующих отделениями и кабинетами спортивной медицины, массажистов, 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, 2018
© ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, 2018
© ООО «ИНФОТЕЛЪ», 2018

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| 1. ВОЗМОЖНОСТИ НЕИНВАЗИВНОЙ АКТИВАЦИИ НЕЙРОНОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА С ЦЕЛЬЮ СТИМУЛЯЦИИ ПРОЦЕССОВ НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ..... | 6 |
| 1.1. Нейропластичность мозга | 6 |
| 1.1.1. Общее представление о нейропластичности | 6 |
| 1.1.2. Особенности нейропластичности мозга спортсменов | 9 |
| 2. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОЙ АКТИВАЦИИ НЕЙРОНОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА | 14 |
| 2.1. Классические методы | 15 |
| 2.2. Неклассические методы | 20 |
| 2.3. Идеомоторная тренировка | 21 |
| 3. МЕТОДИКА КОНТРОЛИРУЕМОЙ НЕИНВАЗИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ..... | 27 |
| 3.1. Описание методики..... | 27 |
| 3.2. Алгоритм применения методики..... | 31 |
| 4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ НЕИНВАЗИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ..... | 35 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 39 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ДАННЫЕ ПО АНАЛИЗУ АЛЬФА1-РИТМА (8-11 ГЦ). МЕЖГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ..... | 49 |

| | |
|--|-----|
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ДАННЫЕ ПО АНАЛИЗУ АЛЬФА1-РИТМА (8-11 ГЦ). ВНУТРИГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ | 53 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ДАННЫЕ КОГЕРЕНТНОГО АНАЛИЗА АЛЬФА1-РИТМ (8-11 ГЦ)..... | 61 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ДАННЫЕ АНАЛИЗА АЛЬФА-РИТМА (8-13ГЦ). МЕЖГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ..... | 65 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ДАННЫЕ АНАЛИЗА АЛЬФА-РИТМА (8-13ГЦ). ВНУТРИГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ | 71 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 6. РЕЗУЛЬТАТЫ КОГЕРЕНТНОГО АНАЛИЗА АЛЬФА- РИТМА (8-13 ГЦ)..... | 86 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 7. ДАННЫЕ АНАЛИЗА БЕТА1-РИТМА (13-24 ГЦ). МЕЖГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ..... | 89 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 8. ДАННЫЕ АНАЛИЗА БЕТА1-РИТМА (13-24 ГЦ). ВНУТРИГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ | 95 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 9. ДАННЫЕ КОГЕРЕНТНОГО АНАЛИЗА БЕТА1-РИТМА. | 110 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 10. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МОДАЛЬНОСТИ НЕИНВАЗИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА ДИНАМИКУ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ..... | 113 |

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня также не вызывает сомнений факт изменчивости нейронных структур, включенных в формируемые в процессе опыта конкретные функциональные системы. В этой связи внедрение концепции нейропластичности в отрасли прикладной психологии, в особенности, связанные с формированием специфических функциональных систем, является необходимым и неизбежным. И одна из таких областей – спортивная психофизиология.

Поскольку связь между длительным тренировочным процессом и структурно-функциональными изменениями мозговых структур очевидна, в целях повышения результативности спортсменов и ускорения тренировочного процесса видится актуальным применение специальных приемов стимуляции нейропластичности мозга.

Учет существующей практики психофизиологического сопровождения спорта высших достижений, а также соотношения временных затрат на проведение и информативности различных методов стимуляции нейропластичности, позволяет рассматривать контролируруемую посредством электроэнцефалограммы идеомоторную тренировку, инициирующую повышение активности каждого элемента функциональной системы, реализующей двигательную активность, в качестве наиболее эффективного средства.

Настоящие Методические рекомендации определяют особенности применения контролируемой неинвазивной стимуляции психофизиологического состояния у спортсменов сборных команд России.

1. ВОЗМОЖНОСТИ НЕИНВАЗИВНОЙ АКТИВАЦИИ НЕЙРОНОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА С ЦЕЛЬЮ СТИМУЛЯЦИИ ПРОЦЕССОВ НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

1.1. Нейропластичность мозга

1.1.1. Общее представление о нейропластичности

Терминология, описывающая устойчивые изменения в мозге на протяжении всего жизненного цикла индивида приобрела научную известность во второй половине XX века и подразумевает синонимичное использование понятий нейропластичность, пластичность мозга и нейронная пластичность.

Целесообразным видится использование следующего рабочего определения нейропластичности. Нейропластичность мозга понимается далее как способность нервной системы модифицировать собственную организацию, подразумевающую сложный многоступенчатый процесс, который включает в себя многочисленные зависящие от времени события, происходящие на молекулярном, синаптическом, электрофизиологическом и структурном уровнях организации.

Стержневым компонентом нейропластичности является синапс, который представляет собой не статическое, а динамическое образование, являющееся главным действующим вектором функциональных изменений (Foeller, Feldman, 2004). В соответствии с правилом Д. Хебба (Hebb, 1949), утверждающим, что в основе обучения и запоминания при повторении заданий лежит изменение синаптической активности одновременно задействованных нейронов, показано, что в ходе овладения моторным навыком посредством долговременной потенциации происходит активация

горизонтальных связей в зоне M1, контралатеральной по отношению к тренируемой конечности (Rioult-Pedotti, 2000). При этом основу «гомеостатической» нейропластичности составляют механизмы синаптической стабилизации, реализуемые посредством регуляции активности рецепторов альфаамино – 3 – гидрокси – 5 – метил – 4 – изоксазолепропионовой кислоты (Kolb, 2003; Ward, 2003).

Один из основополагающих принципов, лежащих в основе нейропластичности, основан на идее, что отдельные синаптические связи постоянно удаляются или воссоздаются, и во многом зависят от активности нейронов, которые их несут. Пластичность зависит от активности субъекта, которая в свою очередь имеет огромное значения для процессов развития и обучения, а также процессов восстановления после травм головного мозга (Pascual-Leone et al. 2011; Ganguly, Poo, 2013; Keller, Just, 2016).

Спектр явлений нейропластичности очень широк: от кратковременного ослабления и укрепления существующих синапсов путем индукции долгосрочного потенцирования до формирования длительных новых нейронных связей. Подобные модификации подразумевают тонкие изменения на синаптическом уровне (например, долгосрочные изменения релиза нейротрансмиттеров) и образование новых клеточных структур (Bruehl-Jungerman et al., 2007a; Bruehl-Jungerman et al., 2007b; Butz et al., 2009).

Принято выделять функциональную и структурную пластичность, механизмы формирования которых различны (Toni et al., 1999). Так, все виды механизмов, которые изменяют силу одного синапса, относят к функциональной пластичности: введение или удаление постсинаптических рецепторов; изменение пресинаптического высвобождения передатчиков; изменение толщины синапса. В то же время каждое изменение анатомической связи между нейронами определяется как структурная пластичность. К механизмам, вызывающим структурную пластичность, принято относить увеличение множественных контактных синапсов между теми же парами аксонов и дендритов, что приводит к структурному

удвоению усиленных синхроимпульсов (Tonì et al., 1999). Более того, появление новых аксональных варикоцитов и пресинаптических элементов или сингенеза, а также выпячивание новых шипов (постсинаптические элементы) приводит к синаптогенезу (образованию новых синапсов). Формирование пред- и постсинаптических элементов в свою очередь может быть связано с разрастанием и ветвлением аксонов и дендритов соответственно. Следовательно, ретракция аксонов и дендритных ветвей приводит к потере синаптических элементов. Дегенерация пред- или постсинаптических элементов может повлечь за собой потерю синапса, если ранее синаптический элемент был связан в синапсе. Синаптическая перестройка подразумевает ретракцию пред- или постсинаптического элемента из мишени с последующим оборотом в другую ближайшую мишень, и таким образом представляет собой определенную форму структурной пластичности (образование нового синапса в данном случае зависит от удаления существующего синапса).

Пластичность, зависящая от активности субъекта, представляет собой форму функциональной и структурной нейропластичности, возникающей в ответ на работу его когнитивных функций (Ganguly, Poo, 2013), и является таким образом биологической основой для обучения и формирования новых воспоминаний (Keller, Just, 2016). Другими словами, пластичность, зависящая от активности субъекта, представляет собой форму нейропластичности, которая возникает из внутренней или эндогенной активности, в отличие от форм нейропластичности, которые возникают из внешних или экзогенных факторов (например, электрическая стимуляция мозга), и нейропластичности, вызванной лекарственными средствами (Ganguly, Poo, 2013). Способность мозга реконструироваться сама по себе и является основой способности мозга сохранять воспоминания, улучшать двигательную функцию и улучшать понимание и речь (Bruehl-Jungerman, Davis, Laroche, 2007a). Данная форма пластичности возникает в результате изменений в экспрессии генов, которые запускаются сигнальными

каскадами, активирующиеся различными сигнальными молекулами (например, кальций, допамин и глутамат) в ходе повышенной активности нейронов (Flavell, Greenberg, 2008).

Способность мозга адаптироваться очевидна в ситуациях, когда, например, человек-правша, будучи не способным хорошо выполнять какое-либо двигательное действие своей левой рукой, в ходе непрерывных тренировок левой рукой становится амбидекстром. Другим примером могут служить ситуации, когда ребенок от рождения имеет неврологический диагноз или же взрослый человек, перенесший инсульт страдает от неврологических осложнений. Здесь ЦНС способна компенсировать большую часть своей утраченной функции в ходе активной практической деятельности субъекта, что в свою очередь, «перенаправляет» мозг для смягчения неврологической дисфункции (Doidge, Norman, 2007).

«Активность-зависимая» пластичность играет очень важную роль в обучении, отвечая за помощь в адаптации мозга человека под конкретные задачи в зависимости от необходимого объема его использования и функционирования. Другими словами, речь идет о способности мозга сохранять и развивать воспоминания, основанные на изменениях синаптической силы, зависящей от активности самого субъекта, что позволяет более эффективно изучать информацию. Принято считать, что основу синаптической пластичности, связанной с обучением и памятью, составляет растущее и адаптируемое качество дендритных шипов: преобразование синаптического входа в выход нейронов и помощь в формировании связи между синапсами (Sala, Cambianica, Rossi, 2008).

1.1.2. Особенности нейропластичности мозга спортсменов

Процесс формирования любого навыка, в частности, двигательного спортивного навыка, так или иначе задействует механизмы нейропластичности. Известны обзорные исследования особенностей

структурной нейропластичности, детерминированной занятиями спортом (например, Hänggi et al., 2010).

Дж. Хангги с коллегами показали увеличение серого вещества у спортсменов-гандболистов в следующих зонах: первичная моторная кора, первичная соматосенсорная кора, поясная моторная зона, дополнительная моторная область, премоторная кора, вторичная соматосенсорная кора, таламус, мозжечок, базальные ганглии, спинномозговой тракт. В зоне спинномозгового тракта было выявлено снижение белого вещества и фракционной анизотропии (Hänggi et al., 2015) Кроме того, Хангги с коллегами также проводили исследование с участием танцоров балета. Было выявлено уменьшение серого вещества в дополнительной моторной области, премоторной коре и в базальных ганглиях. В свою очередь уменьшение белого вещества было выявлено в спинномозговом тракте, внутренней капсуле, мозолистом теле и поясной извилине (Hänggi et al., 2010). Аналогично в исследованиях К. Хафнер (Hufner et al., 2011) изучались особенности мозговой организации людей, занимающихся танцами. В результате было выявлено уменьшение серого вещества в таламусе и мозжечке, а также увеличение серого вещества в поясной извилине.

Исследование спортсменов, занимающихся гольфом, Л. Йонке с коллегами (Jäncke et al., 2009c) показало увеличение серого вещества в премоторной коре и увеличение белого вещества в следующих зонах: базальные ганглии, спинномозговой тракт, внутренняя капсула, мозолистое тело, внешняя капсула. Было выявлено также снижение фракционной анизотропии в спинномозговом тракте и внутренней капсуле.

В свою очередь И. Парк с коллегами провели исследование спортсменов - баскетболистов и обнаружены увеличение серого и белого вещества в мозжечке (Park et al., 2009). Позднее авторы провели еще одно исследование с участием баскетболистов, которое показало увеличение серого вещества в базальных ганглиях (Park et al., 2011). Кроме того, И. Парк с коллегами занимались изучением особенностей мозговых структур

скейтбордистов: выявлено увеличение серого и белого вещества в мозжечке (Park et al., 2012).

В исследованиях Г. Вей (Wei et al., 2009) при изучении спортсменов – хайдайверов было зафиксировано увеличение серого вещества в премоторной коре и уменьшение серого вещества в базальных ганглиях, таламусе и мозжечке. Однако позднее Ю. Жанг с коллегами (Zhang et al., 2012) показали увеличение серого вещества в таламусе и базальных ганглиях спортсменов – хайдайверов. Кроме того, Ю. Жанг с коллегами изучали особенности мозговой организации спортсменов - скалолазов. Результаты исследования показали уменьшение фракционной анизотропии в следующих зонах: спинномозговой тракт, внутренняя капсула, мозолистое тело, поясная извилина (Zhang et al., 2013). М. Ди Паола с коллегами, также работая со скалолазами, показали уменьшение серого вещества в мозжечке спортсменов (Di Paola et al., 2013).

Кроме того, известны данные ряда исследований спортсменов, занимающихся гимнастикой. Так, Б. Ванг с коллегами (Wang et al., 2013) выявили наличие уменьшения местной эффективности сети в таламусе и поясной извилине; увеличение местной эффективности сети в первичной моторной коре и первичной соматосенсорной коре, а также уменьшение фракционной анизотропии в спинномозговом тракте. В свою очередь Р. Хуанг с коллегами (Huang et al., 2013) получили следующие результаты в работе с гимнастами: увеличение серого вещества в первичной моторной коре и первичной соматосенсорной коре. Кроме того, было выявлено уменьшение фракционной анизотропии в следующих зонах: дополнительная моторная область, первичная соматосенсорная кора, первичная моторная кора, премоторная кора и поясная извилина.

В литературе также представлены данные исследований спортсменов - представителей боевых искусств. Так, В. Джасини с коллегами (Jasini et al., 2009), работая с дзюдоистами, показали увеличение серого вещества в первичной моторной коре, первичной соматосенсорной коре и

дополнительной моторной области. В свою очередь исследования Л. Шлаффке с коллегами (Schlaffke et al., 2014) привлекли не только представителей боевых искусств, но и спортсменов циклических видов. Авторы показали увеличение серого вещества в дополнительной моторной области и премоторной коре.

Изучение структурной нейропластичности, детерминированной занятиями бадминтоном, провели Х. Ди (Di et al., 2012). Авторы выявили увеличение серого вещества в области мозжечка у бадминтонистов по сравнению с людьми, которые не занимаются спортом.

Кроме того, среди первых лонгитюдных исследований структурной нейропластичности следует вновь выделить работу по изучению двигательных навыков жонглирования Б. Драгански с коллегами (Draganski et al. 2004). Результаты показывают, что даже краткосрочная тренировка (от нескольких недель до нескольких месяцев) конкретного двигательного навыка связана со структурными адаптациями в соответствующих областях мозга, которые могут быть временными или постоянными. Кроме того, авторы демонстрируют, что описанные изменения являются следствием обучения и, следовательно, вызваны нейропластическими процессами (а не только результатом генетической предрасположенности к определенной нейронной черте). Таким образом, можно предположить, что долгосрочное обучение (годы и десятилетия) конкретной задаче также вызывает структурные адаптации мозга, что может быть измерено с использованием структурной МРТ. Действительно, в рамках структурных исследований МРТ есть убедительные доказательства того, что сенсорная, моторная и когнитивная тренировка модулирует морфологию мозга (Mietchen et. al. 2009; May, Gaser, 2006, Jäncke, 2009a, 2009b, 2009c; Johansen-Berg, 2010).

Несмотря на ограниченное количество исследований в психологии спорта с применением нейровизуализации и нейроморфометрических процедур, в ряде из них были выявлены различные морфологические изменения в сером веществе и белом веществе мозга спортсменов по

сравнению с людьми, которые не занимаются спортом. Так, морфометрические особенности областей мозга, относящихся к моторному и сенсорному контролю, были исследованы на профессиональных балеринах (Hänggi et al., 2010) и профессиональных игроках в гольф (Jäncke et al., 2009c). Были выявлены изменения в архитектуре серого и белого вещества соматосенсорно-моторной сети, включая премоторную кору, дополнительную моторную область, теменную кору, стриатум, спинномозговой тракт, внутреннюю капсулу, мозолистое тело и передний пояс. Показано также, что вследствие тренировок у здоровых пожилых людей, которые начали играть в гольф в качестве хобби, также были обнаружены изменения в первичной моторной коре и премоторной коре в продольном исследовании (Bezzola et al., 2011).

Дж. Хангги с коллегами (Hänggi et al., 2010) был проведен мета-анализ исследований, в которых данные о нейропластичности мозга спортсменов были получены с применением следующих методов: диффузионной МРТ в сочетании с воксель-ориентированной морфометрией (или поверхностной морфометрией); ручной вольюметрии (трассировка); воксельного анализа параметров диффузии; трактографией тканей в сочетании с теоретико-графическими (сетевым) анализом. Результаты анализа показывают, что локальная морфология серого и белого вещества мозга изменяется у спортсменов по сравнению с людьми, не занимающимися спортом, в соматосенсорно-моторной сети, включая первичную моторную кору, первичную и вторичную соматосенсорную кору, премоторную кору, дополнительную моторную область, базальные ганглии, таламус, мозжечок и мозолистое тело (Hänggi et al., 2010; Jäncke et al., 2009; Di Paola et al., 2013; Di et al., 2012; Huang et al., 2013; Hufner et al., 2011; Jacini et al., 2009; Park et al., 2006, 2009, 2011, 2012; Wang et al., 2013; Wei et al., 2009, 2011; Zhang H. et al., 2012; Zhang Y. et al., 2013; Schlaffke et al., 2014).

2. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОЙ АКТИВАЦИИ НЕЙРОНОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

Несмотря на то, что процессы нейропластичности мозга изучаются уже более полувека как в рамках исследования анатомических (Diamond et al., 1964), так и физиологических (Zhang, Sejnowski, 2000) изменений, связанных с обучением, только относительно недавно ученым с помощью методов нейровизуализации удалось показать нейропластичность мозга человека «in vivo». Так, макроскопические морфологические изменения могут быть обнаружены с помощью магнитно-резонансной томографии (далее - МРТ). При этом только в 2006 году Б. Драгански с коллегами провели одно из первых лонгитюдных исследований структурной пластичности, показав воксель-морфометрические изменения серого вещества зрительной и моторной зон, вызванные процессом обучения жонглированию (Draganski et al., 2006). Ряд других исследований описывает нейропластические изменения серого вещества в результате процесса интенсивного изучения медицины, использования упражнений на развитие пространственной памяти, и занятий аэробикой (Draganski et al., 2004; Maguire et al., 2006; Woollett, Maguire, 2011; Colcombe et al., 2006; Erickson et al., 2011).

Разновидностью структурной визуализации, основанной на МРТ, является диффузионная МРТ, представляющая собой неинвазивную методику для количественного измерения диффузии молекул воды в биологических тканях (Jones, 2010). Исследования с использованием данного метода также подтверждают феномен нейропластичности, вызванной интенсивными тренировками и обучением. Т. Келлер и М. Джаст (Keller, Just, 2016) показали, что приблизительно 100 часов интенсивной работы по коррекции чтения приводят к увеличению фракционной анизотропии в левой лобной доле. Полученные результаты обнаружили корреляции с изменениями способности к чтению среди детей. В свою очередь Дж. Шолз с коллегами обнаружили, что шесть недель обучения жонглированию у

взрослых привели к увеличению фракционной анизотропии в белом веществе под правой интрапариетальной бороздой (Scholz et al., 2009). Кроме того, в ряде других исследований показано, что у взрослых фракционная анизотропия увеличивается после тренировки на баланс (Taubert et al., 2010), тренировки рабочей памяти (у пожилых людей) (Lövdén et al., 2010; Engvig et al., 2011) и медитации (Tang et al., 2010). Кроме того, известны данные мета-анализов изменений серого и белого вещества, вызванных относительно долгосрочными интенсивными учебными или тренировочными нагрузками у взрослых (Zatorre et al., 2012; Lövdén et al., 2013).

2.1. Классические методы

Один из подходов, предполагающий интенсификацию процесса обучения представляет собой стимуляцию «базовых» процессов пластичности, таких как долговременная потенция и долговременная депрессия. В рамках данного подхода следует выделить несколько методов, наиболее очевидным из которых является использование фармакологических препаратов.

Изучение влияния фармакологических препаратов на восстановление моторных функций головного мозга после инсульта и травматического повреждения мозга показало, что модуляция движения может быть достигнута при использовании веществ, влияющих на долговременную потенцию пароксетина, флуоксетина, нейромидина и лоразепама (Azari, Seitz, 2000). Некоторые из вышеперечисленных препаратов, например, нейромидин, за счет своей способности блокировать калиевую проницаемость мембраны и временно ингибировать холинэстеразу, обладает уникальным свойством многоуровневой нейропротекции холинергических нейронов, что предупреждает нейродегенеративный процесс, вызванный «глутаматной агрессией» во время оксидантного стресса. Кроме этого

нейромидин, в отличие от других лекарственных средств, за счет влияния на нервную проводимость позволяет повысить интенсивность сенсорной импульсации, что позволяет дополнительно активизировать афферентные системы.

Кроме того, в ряде нейровизуализационных исследований с использованием позитронно-эмиссионной томографии (далее - ПЭТ) показана эффективность некоторых препаратов, способствующих реактивации структур левого полушария: амфетамина, бромокриптина и пирацетама (в лечении речевых расстройств) (Одинак, 2008; Хегги, 2003).

Длительная электростимуляция центральной области коры головного мозга с применением экстрадуральных электродов применяется для модуляции нейрональных функциональных сетей, в особенности при двигательных нарушениях и хронических болях (Canavero, 2002). Высокочастотная электрическая стимуляция глубоко расположенных ядер серого вещества головного мозга способна восстанавливать функцию корково-подкорковых трактов, улучшать двигательную, когнитивную и поведенческую функции при болезни Паркинсона, дистонии и эссенциальном треморе. Длительная стимуляция глубинных структур головного мозга применяется также в случаях труднокурабельной кластерной головной боли, при психических заболеваниях (в частности при обсессивно-компульсивном расстройстве), а также при резистентной к лечению эпилепсии (Chen, 2002).

Наиболее распространенными неинвазивными методами активации нейронов коры головного мозга человека с целью стимуляции процессов нейропластичности являются транскраниальная магнитная стимуляция (далее - ТМС), транскраниальная электростимуляция (далее – ТЭС) и транскраниальная стимуляция постоянным током (далее – ТСПК).

ТМС представляет собой неинвазивный метод стимуляции локальных зон мозга посредством катушки индуктивности, подающей короткие магнитные импульсы, вызывающие электрический ток в проводнике

(нейроне) в соответствии с принципом электромагнитной индукции. Данный метод имеет как диагностическое значение, позволяя оценивать состояние проводящих путей (Rossi, Rossini, 2004), так и реабилитационное (Rajapakse, Kirton, 2013). Воздействие позволяет стимулировать или ингибировать активность выбранных зон мозга, воздействуя на процессы долговременной потенциации и долговременной депрессии, лежащие в основе механизмов нейропластичности, облегчая тем самым формирование или воспроизведение навыка, включающего в используемую систему данную зону. Так, например, стимулирование первичной моторной коры облегчает обучение моторным навыкам (Улащик, 2017). При этом в отличие от рассматриваемого далее метода ТЭС, ТМС не сопряжен с болевыми ощущениями и поэтому может применяться в качестве диагностической процедуры в амбулаторных условиях. Кроме того, в последние годы повторяющаяся ТМС (rTMS) стала потенциально перспективным вариантом лечения различных нейроповеденческих расстройств, охватывающих широкий возрастной диапазон (Kirkcaldie et al., 1997; Wassermann et al., 2001; Lin et al., 2002; Fregni et al., 2005). Отсутствие эффективной нейровосстанавливающей терапии делает применение rTMS для облегчения процессов нейропластичности (например, в ходе реабилитации после инсульта) и ускорения функционального восстановления, достигаемого физической терапией, все более актуальным. Накопленные данные свидетельствуют о том, что rTMS может оказывать положительное влияние на восстановление моторного аппарата у пациентов с инсультом, особенно у лиц с подкорковыми поражениями (Ziemann, 2004; Lefaucheur, 2006; Lefaucheur et al., 2014; Talelli et al., 2007; Adeyemo et al., 2012; Ayache et al., 2012; Edwardson et al., 2013; Le et al., 2014; Kubis, 2016).

При стимуляции моторной зоны коры головного мозга ТМС вызывает сокращение соответствующих периферических мышц согласно их топографическому представительству в коре. Так, например, при использовании фокальной восьми-образной электромагнитной катушки

наиболее оптимальным местом стимуляции для получения моторных ответов из дистальных мышц нижних конечностей является вертекс, а для стимуляции моторной зоны кисти необходимо переместить катушку от вертекса латерально на 5-7 см. Моторные ответы, вызываемые ТМС, или моторные вызванные потенциалы (далее - МВП), можно зарегистрировать, используя метод электромиографии при помощи электродов прикрепляемых на кожу в области той мышцы (или мышц), которая принимает участие в моторной реакции на ТМС. Регистрация МВП применяется для измерения центрального времени проведения по моторным проводящим путям и исследования кортикоспинальной возбудимости (Wassermann et al., 2002)

Важно отметить, что ТМС возбуждает центральные моторные проводящие пути (пирамидный тракт) не прямым способом, как это делает ТЭС, а посредством активации интернейронов с последующей синаптической передачей возбуждения на пирамидные нейроны. Поэтому любые нарушения синаптической функции приводят к снижению амплитуды и удлинению латентности МВП. С другой стороны, высокая чувствительность МВП к изменениям синаптической активности, позволяет производить оценку возбудимости моторной системы головного мозга, включая её возбуждающие (экситаторные) и тормозные (ингибиторные) компоненты.

Следует отметить, что для усиления влияния на нейропластичность ТМС можно совмещать с различными реабилитационными процедурами или же фармакологическими воздействиями. Отметим, что ТМС находит также свое применение в лечении достаточно разных патологических состояний (депрессия, острая и хроническая боль, эпилепсия и другие).

Еще одним неинвазивным методом стимуляции мозга является транскраниальная электростимуляция. В данном методе применяется как постоянный (микрполяризация, tDSC), так и переменный (ТЭС, tASC) ток малых величин. ТЭС следует отличать от других методов электростимуляции, осуществляемой через электроды, прикладываемые к

голове: не только от описанного выше метода ТМС, но и от метода микрополяризации («transcranial direct current stimulation», “tDCS”). Разновидностью ТЭС-терапии является мезодиэнцефальная модуляция (МДМ).

ТЭС является одним из первых методов, в отношении которого доказана его способность неинвазивно, избирательно и строго дозировано активировать работу структур, продуцирующих эндогенные опиоидные пептиды (далее - ЭОП), что открывает широкие перспективы его дальнейшего применения. ЭОП является важнейшей системой организма, регулирующей деятельность нейро-иммуно-эндокринной системы организма. ТЭС селективно (избирательно) активирует структуры ЭОП мозга, продуцирующие β -эндорфин, с помощью импульсного электрического воздействия, подаваемого через головные накожные электроды. Для достижения указанной селективности при ТЭС-терапии необходимо соблюдение двух основных принципов: направление приложения тока (лоб — сосцевидные отростки) и резонансные характеристики тока по отношению к ЭОП.

Транскраниальная стимуляция постоянным током (далее - tDCS) временно модулирует возбуждение и торможение в мозге человека путем изменения мембранного потенциала нейронов (Antal et al., 2010, 2011; Nitsche et al., 2008; Stagg et al., 2009; Stagg, Nitsche, 2011). Данная разновидность метода ТЭС подразумевает использование стимулирующего устройства, которое обеспечивает мягкий постоянный ток между двумя электродами (анодом и катодом), размещенными на скальпе наблюдателя, что создает резистивную цепь постоянного тока, которая в свою очередь индуцирует слабый внутрипочечный электрический ток от анода (где ток поступает в кору) к катоду (где ток выходит из коры). Направление потока тока определяет влияние tDCS. Полярность специфических поведенческих эффектов tDCS хорошо установлена в моторной коре (например, Jacobson et al., 2012).

Примечательны данные о наличии значительного эффекта воздействия тока на формирование моторных навыков и когнитивные функции. Так, в исследовании С. Рардона (Reardon, 2016) с использованием методики tDSC было показано достоверно положительное влияние электростимуляции на выносливость и координацию движений на выборке спортсменов-лыжников. В работе С. Луи (Looi, 2016) благодаря применению tDSC была выявлена эффективность сочетания электростимуляции и когнитивной тренировки для улучшения характеристик рабочей памяти и выполнения математических задач. Более того, С. Луи подчеркивает, что достигнутый положительный эффект не исчезал и по прошествии двух месяцев (Looi, 2016).

Применительно к спортивной практике, данные методы позволяют создать физиологическую основу для формирования и коррекции двигательных и когнитивных навыков, используемых спортсменом в тренировочном и соревновательном процессах.

2.2. Неклассические методы

Неинвазивная активация нейронов коры головного мозга человека может осуществляться посредством аудиовизуальной стимуляции (далее – АВС). Ритмическая аудиовизуальная стимуляция – это воздействие стимулами различных модальностей (световыми, звуковыми) на частоте биоритмов мозга, что позволяет воздействовать на биологическую активность мозга и функциональное состояние отдельных систем организма.

В основе наблюдаемых эффектов АВС лежит влияние сенсорной стимуляции на уровень активации коры больших полушарий через модулирующие системы мозга, фактически определяющей психофизическое состояние человека (Данилова, 1998). В ходе применения АВС происходит формирование навязанной биоэлектрической активности коры головного мозга через стимуляцию сенсорных входов адекватными раздражителями, на фоне которой формируются более совершенные функциональные системы,

обеспечивающие достижение более высокой спортивной работоспособности (Molholm et al., 2002). Считается, что в процессе применения метода ABC не затрагиваются высшие психические процессы, а лишь создаются условия для облегчения произвольной регуляции психических функций и вегетативных реакций благодаря формированию определенного уровня мозговой активности и оптимизации нервных процессов в коре головного мозга. Что в свою очередь позволяет координировать механизмы регуляции функций внутренних органов при психоэмоциональных и физических нагрузках, а также оптимизировать адаптивные и восстановительные реакции в процессе экстремальных воздействий (Психология спорта, 2011).

Появление аппаратных вариантов ABC, позволяющих достигать заметных результатов при проведении ежедневных относительно непродолжительных (до 20 мин) процедур ABC, резко изменили отношение к ним в положительную сторону не только спортивных психологов и тренеров, но и самих спортсменов. ABC позволяет эффективно моделировать различные ФС и могут применяться для повышения концентрации внимания, сосредоточенности и улучшения пиковой работоспособности за счет вскрытия резервов, находящихся под защитой ВНС (Таймазов, Голуб, 2004).

Другой пример неклассической стимуляции нейропластичности - широко применяющаяся в спорте высших достижений техника идеомоторной тренировки. Анализ возможностей применения идеомоторной тренировки требует особого внимания, поскольку данная техника принципиальное отличие от рассмотренных выше методов: нейропластичность здесь является и необходимым условием, и следствием применения.

2.3. Идеомоторная тренировка

В спортивной психологии термин «идеомоторная тренировка» нередко используется в качестве синонима для обозначения мысленной тренировки (Горовая, 2016). Мысленно прорабатывая перед важным соревнованием свою

программу, спортсмены тем самым готовятся к нему. Представляя свои самые лучшие выступления, они снижают волнение и начинают ощущать большую уверенность перед предстоящим соревнованием. Однако не следует смешивать данные термины. Идеомоторная тренировка, являясь в остальном во многом сходной с мысленной, ограничена использованием образов движений (её ближайший эквивалент в англоязычной литературе – термин «motor imagery»). Более того, А.В. Алексеев, известный отечественный специалист в данной области, подчеркивает, что идеомоторным называется лишь такое представление, при котором мысленный образ движения обязательно связан с мышечно-суставным чувством спортсмена (Алексеев, 2005). «Прокручивая» в уме какой-либо двигательный элемент, спортсмен как бы невольно делает его. Именно поэтому использование образов движений помогает спортсменам быстрее освоить правильную технику и способствует исправлению ошибок. Примечательно, что метод идеомоторной тренировки вышел за рамки спортивной психологии, получив распространение и в клинической практике (Pearson, 2013): как для реабилитации нарушенных или утраченных моторных функций (Li, 2017), так и для лечения психических расстройств (Holmes et al., 2008).

Образ движения (представление о движении) вызывает само движение, что проявляется в идеомоторных актах — микродвижениях мышц, ответственных за выполнение данного движения в целом. Согласно идеомоторному принципу, описанному впервые У. Карпентером еще в 1894 году, в ходе образного представления возникает локализованная мышечная активность, более слабая по величине, но идентичная по характеру мышечной активности при действительном выполнении движений (Carpenter, 1894). Свое дальнейшее развитие данная идея получила в работах К. Старта и А. Ричардсона (Start, Richardson, 1964), которые фактически предложили так называемое «двигательное» объяснение (программирование мышц к действию) эффективности мысленной тренировки. Другими словами, эффективность применения моторных образов, или идеомоторной

тренировки, обусловлена обратной связью, идущей от кратковременного мышечного возбуждения - по характеру идентичного тому, который возникает в ходе действительного выполнения движений, - возникающего в ходе мысленного представления человеком выполнения движения.

Вопрос о психофизиологических механизмах феномена идеомоторной тренировки подробно раскрывается Л. Пиккейнхайном, в основе работ которого лежит теория функциональных систем и принципы построения двигательного акта, предложенные Н.А. Бернштейном и П.К. Анохиным (Бернштейн, 1966; Анохин, 1975). Л. Пиккейнхайн (Pikkenhain, 1980) утверждает, что несмотря на то, что при идеомоторном воспроизведении двигательного навыка обратная информация о реальном выполнении движений отсутствует, «неоспоримый эффект от идеомоторной тренировки» объясняется гипотезой о существовании так называемых «внутренних обратных связей», которые являются общими и для реального, и для воображаемого движения. Специфической особенностью обратных связей идеомоторного движения выступает зависимость объема включенных во внутреннюю реализацию действия уровней от «оживленности» и «близости к реальности» воображаемых движений. Кроме того, важными, с точки зрения указания на принципиальное сходство механизмов осуществления реального и мысленного движения, являются факты, говорящие о включенности в программы воображаемого действия также и вегетативного компонента, например, об изменении частоты дыхания у испытуемых в процессе мысленного выполнения движений с заданной частотой в зависимости от изменения частоты движения (Веракса, Горовая и др., 2016).

Накопленный клинический опыт и данные исследований с применением современных методов нейровизуализации подтверждают выдвигаемый различными психологическими школами тезис о единстве внешней и внутренней деятельности: большая часть нейронных процессов, лежащих в основе восприятия, моторных актов и эмоций, задействованы

также и при их мысленном представлении (Jeannerod, 1995; Kosslyn, Ganis, 2001).

Однако мета-анализ литературы по данному направлению показывает, что в большинстве работ, посвященных изучению эффективности идеомоторной тренировки, успешность или неуспешность применения констатируется на основании «внешних» характеристик выполнения моторных действий: измеренные теми или иными способами спортивная результативность, показатели силы мышц, скорость выполнения задачи и прочее (Веракса, Горовая и др., 2016).

В этой связи представляется актуальной работа по анализу и осуществлению исследований, направленных на поиск психофизиологических коррелятов, указывающих на процессы нейропластичности при применении методики идеомоторной тренировки. Подобные объективные показатели могут быть использованы как для диагностических целей, так и для контроля трудно-регламентируемого процесса идеомоторной тренировки, в том числе для интеграции идеомоторной тренировки с системами биологической обратной связи.

Наиболее перспективными на сегодняшний день принято считать исследования в рамках разработки систем «мозг-компьютер» («brain-computer interface») в сочетании анализа электроэнцефалограммы (далее – ЭЭГ) с использованием моторных образов. Несмотря на то, что изучение нейропластичности не является в данном случае непосредственной целью исследований, полученные данные свидетельствуют о возможности классификации паттернов энцефалограммы, соответствующих выполнению движений в мысленном плане.

Так, в эксперименте И. Е. Антифеева с коллегами (Антифеев, Крысюк, Гальперина, 2013) показана возможность классификации паттернов на основе ЭЭГ, регистрируемой во время выполнения испытуемыми мысленно имитируемых движений кистью. Регистрация ЭЭГ осуществлялась по 21 каналу: 15 электродов располагались в соответствии с системой 10-20 (Fp1,

Fp2, F3, F4, F7, F8, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2, CZ); дополнительные 6 электродов были установлены над проекционными зонами кистей обеих рук, а также в премоторных зонах. Испытуемые выполняли 8 реальных и 8 мысленно имитированных движений. Исследователями констатируется высокая степень различения каждого тестируемого состояния от всех остальных на основе различения по матрицам ковариации (точность в среднем не менее 70%). В свою очередь в исследовании Т. Игасаки с коллегами (Igasaki et al., 2010) показана возможность классификации 4-х состояний с использованием единственного ЭЭГ электрода (Pz) путем анализа мощности спектральных составляющих. Паттерны мозговой активности предварительно формировались в течение 5-дневной тренировки. Подобные исследования показывают возможность классификации целевых состояний активности мозга для дальнейшего её использования в работе с БОС-технологиями. Важным вопросом здесь является нахождение оптимальных математических подходов к классификации (Руннова, Лопатин, Журавлев, 2016; Фингелькурц, 1998).

Используя ЭЭГ Л. А. Дикая, М.И. Наумова и И.В. Наумов в своем исследовании проследили особенности корковых взаимодействий у танцоров разного уровня подготовки при мысленном исполнении ими импровизированного танца (Дикая, Наумова, Наумов, 2015). Многофакторный анализ показал отличия силы функциональных связей в различных областях и в различных спектральных диапазонах в зависимости от опыта танцоров: так, было обнаружено усиление когерентных связей в альфа-1,2 диапазонах в задних областях мозга по мере роста профессионализма. Результаты этого эксперимента согласуются с данными серии работ А. Финк с коллегами (Fink et al., 2009), в которых также наблюдалось усиление связей в альфа-диапазоне у опытных спортсменов по сравнению с группой начинающих танцоров.

Кроме того, в работе В. Н. Кирой (Кирой, 2010), посредством анализа спектра ЭЭГ, показано, что при реальном выполнении движений

наблюдается повышение уровня активации прежде всего центральных областей коры, которое сопровождается снижением спектральной мощности как в альфа-, так и в бета-диапазонах. Одновременно на ЭЭГ наблюдается повышение мощности гамма-частот, наиболее выраженное в теменно-затылочных отведениях левого полушария. Мысленное представление аналогичных движений сопровождается дополнительной активацией лобных, височных и теменно-затылочных областей, а также более выраженным повышением мощности гамма-частот.

3. МЕТОДИКА КОНТРОЛИРУЕМОЙ НЕИНВАЗИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

3.1. Описание методики

На основе проведенного мета-анализа литературы, с учетом существующей практики психофизиологического обеспечения спорта высших достижений, а также исходя из соотношения временных затрат на проведение, обработку результатов методики и ее информативности, предлагается к использованию методика контролируемой неинвазивной стимуляции психофизиологического состояния спортсменов высшей квалификации.

Анализ психофизиологических механизмов феномена идеомоторной тренировки позволил выделить данный метод среди классических и неклассических подходов к неинвазивной стимуляции психофизиологических состояний как наиболее приемлемый в рамках комплексного сопровождения спорта высших достижений в РФ. В свою очередь исходя из понимания ЭЭГ как одного из наиболее надежных и перспективных с точки зрения анализа результатов метода работы в рамках разработки систем «мозг-компьютер», для оценки связанных с нейропластичностью морфофункциональных изменений мозга целесообразным было принято использование многоканальной регистрации электроэнцефалограммы.

Идеомоторный тренинг

Вошедший в комплекс методики контролируемой неинвазивной стимуляции психофизиологического состояния высококвалифицированных спортсменов идеомоторный тренинг, был разработан на базе алгоритма

поэтапного обучения спортсменов сложно-координационных видов спорта основным приемам эффективного использования идеомоторной тренировки.

Последние представляют собой практические рекомендации, основанные на результатах мета-анализа литературы по данному направлению (Веракса, Горовая и др., 2016). Ниже даны ключевые компоненты построения идеомоторного тренинга.

1. При проведении идеомоторных тренировок следует использовать позитивные мысленные образы, связанные с мысленным проигрыванием успешного выполнения тех или иных конкретных движений. Другими словами, мысленный образ движения должен быть максимально приближен к идеальному варианту его реального технического исполнения.

Г. Пауэлл (Powell, 1973) показал, что что испытуемые, представлявшие, как их дротики попадают близко к центру мишени, впоследствии выступали лучше, чем испытуемые, представлявшие, как их дротики попадают далеко от «десятки». Аналогичные данные были получены Р. Вулфолк, В. Пэрриш и Ш. Мэрфи (Woolfolk, Parrish, Murphy, 1985), сравнивавших результаты выполнения ударов трех групп игроков в гольф: использовавших позитивные образы, отрицательные образы и не применявших их вовсе (контрольная группа). Оказалось, что использование позитивных образов может привести к улучшению результатов деятельности, тогда как негативных – способно ухудшить реальное исполнение по сравнению с тем, если бы образы вообще не применялись.

Следование данному принципу ведет к созданию эффективного физиологического базиса, стимулирует выработку правильной техники выполнения движений, а также, в целом, повышает самоэффективность спортсмена (Hall, 2001).

2. Создание идеомоторных представлений, в основе которых лежит мысленная проработка конкретных движений с включением в образ как можно более полных мышечных ощущений; в том числе посредством

добавления к мысленному образу реальных имитирующих упражнений. Другими словами, использование кинестетической модальности образа.

Большинство специалистов сходятся во мнении относительно необходимости в образ всех сенсорных модальностей (а не только зрительную), которые сопровождают реальное выполнение данного движения (например, Bird, Cripe, 1986; Janssen, Sheikh, 1994; Vealey, Greenleaf, 2001; Weinberg, Gould, 2003). Поскольку идеомоторным является лишь такое представление, при котором мысленный образ движения обязательно связан с мышечно-суставным чувством спортсмена, одну из ключевых ролей здесь играет кинестетическая модальность образа.

Для достижения полноценного использования кинестетической модальности требуется дополнительная работа, так как у начинающих спортсменов почти или совсем не возникают соответствующие мышечно-суставные ощущения. В подобных случаях рекомендуется начинать использовать моторные образы в сочетании с имитациями. Другими словами, при работе над каким-либо техническим элементом мысленно представлять его в той позе, которая наиболее близка к реальному положению тела в момент выполнения данного элемента. Известно, что имитация подготавливает к выполнению того или иного трудного движения. Имитируя, выполняя как бы в намеке реальное движение или часть его, спортсмен помогает формированию более четкого представления о нужном ему техническом элементе. Важно, что сама по себе имитация также будет более эффективной, если будет сопровождаться мысленным представлением о реальном выполнении элемента (то есть реальные «имитирующие» физические движения должны быть скоординированы с мысленным представлением полноценного выполнения данного движения).

3. Скорость течения образного представления.

Вопрос о скорости мысленной проработки различных действий и ситуаций представляет собой еще один важный аспект при разработке идеомоторного тренинга. Выделяют два основных направления решения

данного вопроса: мысленную проработку навыка по типу «замедленной съемки» или же в режиме «реального времени».

Изначально в основу принципа «замедленной съемки», предложенного несколькими авторами (Martens, 1987; Hale, 1986) была положена идея о том, что это позволит спортсменам выделить уязвимые части своей программы и поможет исправить ошибки, что, в конечном итоге, должно привести к улучшению реального выполнения этих элементов. Р. Мартенс (Martens, 1987) подчеркивал, что мысленную проработку по типу «замедленной съемки» необходимо постепенно ускорять и, в итоге, прийти к варианту мысленной работы, скорость которой будет соответствовать реальной.

Другие авторы (Holmes, Collins, 2002), напротив, утверждают, что замедленная мысленная проработка различных действий актуализирует нервные паттерны, отличающиеся по своей специфике от возникающих в ходе физического выполнения движений или же при работе с их образными представлениями в режиме «реального времени», а значит, может приводить к появлению ошибок в реальной деятельности (Harris D., Harris B., 1984; Rushall, 1995).

В свою очередь данные, подтверждающие необходимость использования образных представлений, протекающих в режиме «реального времени», можно разделить на два основных типа. Во-первых, А. Моран и Т. Маклнтайр (Moran, MacIntyre, 1998) показали, что спортсмены способны при мысленном выполнении действий осуществлять их по аналогии с ощущениями их реального физического выполнения. Так, была выявлена сильно выраженная значимая корреляция между количеством времени, потребовавшимся спортсменам, занимающимся гребным слаломом, для мысленного представления их последнего прохода трассы, и временем, зарегистрированным при ее реальном прохождении. Эти данные говорят в пользу того факта, что спортсмены способны точно воссоздавать в воображении действия в режиме «реального времени», не используя при этом «замедленную съемку» для усиления реалистичности или точности

созданных образов. Во-вторых, П. Холмс и Д. Коллинс (Holmes, Collins, 2002) предложили использовать теорию функциональной эквивалентности в качестве основы для доказательства правомерности использования в образах «режима реального времени» Авторы полагают, что спортсмены могут использовать сходство нейронной активности, возникающей при реальном выполнении действий и работе с ними в образном плане, для совершенствования своих спортивных навыков. Соответствие темпа выполнения движений и согласованность времени их выполнения в физическом и образном плане, должно, в конечном итоге, привести к повышению готовности и улучшению мысленного выполнения движений и эквивалентного ему реального выполнения.

3.2. Алгоритм применения методики

Процесс реализации методики должен включать в себя в себя следующие этапы.

- *Предварительный этап*

Индивидуальная беседа по типу полуструктурированного интервью с целью оценки самочувствия и формирования у спортсменов мотивации на добросовестное выполнение предлагаемой методики;

- *Основной этап*

Диагностическое исследование особенностей психофизиологического состояния спортсменов с помощью многоканальной регистрации ЭЭГ с последующим проведением специально разработанного идеомоторного тренинга.

- *Заключительный этап*

Повторное диагностическое исследование особенностей психофизиологического состояния с помощью многоканальной регистрации ЭЭГ. Обработка и анализ полученных данных;

Спортсмены проходят индивидуальный идеомоторный тренинг, на каждом из этапов которого идеомоторный образ усложняется в соответствии с практическими рекомендациями по эффективному использованию идеомоторной тренировки.

1 этап – реализуется правило идеальности образа; задействована преимущественно визуальная модальность.

2 этап – реализуется правило включения мышечной обратной связи в моторный образ (задействована кинестетическая модальность) с применением внешней реальной имитации движений.

3 этап – реализуется правило соответствия скорости течения моторного образа реальной.

Для оценки связанных с нейропластичностью морфофункциональных изменений мозга производится многоканальная регистрация ЭЭГ. Протокол регистрации включает в себя функциональные пробы, расположенные в фиксированном порядке. Ниже приведен пример работы по методике со спортсменами, занимающимися санным спортом.

1. Фоновая активность с закрытыми глазами;
2. Фоновая активность с открытыми глазами;
3. «Идеомоторика 1»

Задача спортсмена заключается в мысленном прохождении процедуры старта на санно-бобслейной эстакаде, включающей в себя следующие операции: посадка в сани, занятие в санях стартового (сидячего) положения, выполнение стартового рывка, разгон с использованием шипов, занятие основного (лежачего) положения саночника. Мысленное прохождение процедуры старта и регистрация ЭЭГ производится с закрытыми глазами;

4. «Идеомоторика 2»

Задача спортсмена заключается в мысленном прохождении субъективно сложного для него участка определенной санно-бобслейной

трассы. Мысленное выполнение действий и регистрация ЭЭГ производится с закрытыми глазами;

5. *«Идеомоторика 3».*

Задача спортсмена заключается в мысленном прохождении определенной санно-бобслейной трассы целиком, начиная от выполнения старта (посадка в сани) и заканчивая прохождением финишной отсечки;

6. Фоновая активность с закрытыми глазами;

7. Фоновая активность с открытыми глазами.

В качестве электроэнцефалографических коррелятов специализации функциональной организации головного мозга, являющихся одним из проявлений феномена нейропластичности, используются мощности ритмов и значения когерентности между отведениями энцефалограммы:

- в альфа-1 диапазоне частот (8-11 Гц), специфичном для ряда процессов моторной коры;
- в альфа-диапазоне (8-13Гц), характеризующих неспецифическую готовность к восприятию информации и ряд других процессов;
- в бета1 диапазоне частот (13-24 Гц), характеризующих процессы активации корковых структур головного мозга.

Регистрация ЭЭГ осуществляется посредством программно-аппаратного комплекса «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» (ООО «Медиком», г. Таганрог, регистрационное удостоверение ФСР 2007/00125). Сигнал регистрируется униполярно по 17 отведениям (F3, F4, F7, F8, Fz, Fpz, C3, C4, Cz, T3, T4, P3, P4, Pz, O1, O2, Oz) в соответствии со международной схемой «10-20».

Два референтных электрода (A1, A2) фиксируется на мочках ушей. Частота дискретизации – 250Гц. Фильтр низких частот (ФНЧ) – 70Гц, фильтр высоких частот (ФВЧ) – 0,16Гц, режекторный фильтр для удаления сетевых помех – 50 Гц. Сопротивление под электродами не превышает 15 кОм.

Электроокулограмма (ЭОГ) регистрируется с использованием самоклеящихся электродов, располагающихся для вертикальной ЭОГ на уровне 1 см над и под правым глазом, для горизонтальной ЭОГ - на расстоянии 1 см от уголков глаз на уровне правого и левого виска. ФНЧ – 15Гц, ФВЧ – 0,16Гц.

4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ НЕИНВАЗИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

Оценка эффективности разработанной методики проводилась по типу классического формирующего эксперимента с добавлением контрольного эксперимента. В качестве общей гипотезы выступало предположение, что предлагаемая методика идеомоторного тренинга стимулирует процессы нейропластичности, находящие отражение в функциональной организации суммарной электрической активности головного мозга (ЭЭГ).

В качестве испытуемых выступали спортсмены молодежной сборной России по санному спорту (N=18). Основная фаза апробации проходила в течение пяти дней в рамках летнего учебно-тренировочного мероприятия на базе МСБК «Парамоново». Спортсмены были равномерно распределены на экспериментальную и контрольную группы для участия в исследовании в соответствии с экспериментальным планом, представленным в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальный план

| | День 1 | День 2 | День 3 | День 4 | День 5 |
|--------------------------|--|--|--|--|--|
| Экспериментальная группа | Сессия идеомоторной тренировки | Сессия идеомоторной тренировки | Сессия идеомоторной тренировки | Сессия идеомоторной тренировки | Сессия идеомоторной тренировки |
| | Сессия регистрации ЭЭГ по общему протоколу | Сессия регистрации ЭЭГ по общему протоколу | Сессия регистрации ЭЭГ по общему протоколу | Сессия регистрации ЭЭГ по общему протоколу | Сессия регистрации ЭЭГ по общему протоколу |
| Контрольная группа | | | Сессия регистрации ЭЭГ по общему протоколу | | |

Как показано в таблице 1, экспериментальное воздействие состояло в стимуляции процессов нейропластичности посредством идеомоторной тренировки. Первичная обработка данных включала в себя поиск и удаление артефактов вручную и программно-аппаратную фильтрацию полученных сигналов в требуемом для последующей обработки диапазоне частот.

Для оценки достоверности полученных межгрупповых и внутригрупповых различий использовались непараметрические критерии (критерий суммы рангов Уилкоксона) и U критерий Манна-Уитни. Статистическая обработка проводилась с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 23. Результаты анализа полученных данных представлены в разделе Приложения.

Относительные значения мощностей ритмов ЭЭГ в частотном диапазоне альфа₁, альфа и бета₁ двух групп спортсменов позволили оценить когнитивный вклад спортсменов при выполнении идеомоторных актов.

По итогам прохождения идеомоторного тренинга (к пятому дню регистрации ЭЭГ) спортсмены экспериментальной группы демонстрировали значительный рост относительных значений альфа-ритма на всех трех

функциональных пробах. Другими словами, спортсменам к концу идеомоторных тренировок удается выполнять идеомоторные акты с меньшими когнитивными затратами.

Спектральный анализ ЭЭГ выявил и позволил оценить динамику и степень изменений и перестройки мощностей ритмов, участвующих в обеспечении идеомоторных актов; а также оценить вклад каждого рассмотренного ритма (альфа1, альфа и бета1)

Анализ когерентных связей позволил проследить динамику перестройки функциональных систем по отдельным отведениям ЭЭГ, участвующих в формировании и обеспечении идеомоторных актов, что в свою очередь позволило наглядно оценить феномен нейропластических процессов, происходящих на фоне визуализации движений.

Удалось проследить динамику топической организации функциональных систем, соответствующих состояниям до и после курса идеомоторного тренинга. Полученные данные по когерентности между отведениями, свидетельствующей о степени вовлеченности зон мозга в единые нейронные ансамбли, адекватные выполняемой задаче, дополняют данные об изменении мощностей ритмов за время исследования. Наблюдается тенденция к увеличению синхронизации структур моторной и прилегающих зон в диапазоне альфа1-ритма, и снижение синхронизации в высокочастотном бета-диапазоне.

Кроме того, был проведен анализ динамики формирования функциональных систем с использованием разных модальностей. Получены данные, иллюстрирующие степень синхронизации структур мозга до и после введения кинестетического компонента в идеомоторный образ. Оказалось, что добавление кинестетической модальности способствует синхронизации нейронной активности моторной области в диапазоне, соответствующем мю-ритму.

Таким образом, результаты оценки эффективности методики показали, что разработанная методика контролируемой неинвазивной стимуляции

психофизиологического состояния спортсменов, стимулирует процессы нейропластичности, находящие отражение в функциональной организации суммарной электрической активности головного мозга, и таким образом имеет преимущество над использованием классических лабораторных и полевых методов неинвазивной стимуляции.

Использованные средства коррекции способны в 83% случаев стимулировать процессы нейропластичности головного мозга и обеспечивать сохранение достаточно длительного положительного эффекта коррегирующего воздействия.

Алгоритм проведения оценивающих и коррегирующих процедур методики легко усваиваемый и не содержит сложных операционных действий.

Предложенная методика контролируемой неинвазивной стимуляции психофизиологического состояния при простоте в использовании обеспечивает высокую надежность, эффективность и качество проводимых, в рамках функционирования системы психофизиологического обеспечения спортивных сборных команд России, диагностических и коррегирующих мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.В. Психическая подготовка в теннисе. Феникс. – 2005. – 120 с.
2. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. – М.: Медицина. - 1975. – 447 с.
3. Антифеев И. Е., Крысюк О. Б., Гальперина Е. И. Мысленная имитация движения как возможная основа для создания системы биологической обратной связи, используемой в процессе подготовки спортсменов // Ученые записки университета им. ПФ Лесгафта. – 2013. – №. 7 (101).
4. Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – М.: Медицина. - 1966. – 349 с.
5. Веракса А.Н., Горовая А.Е., Грушко А.И., Леонов С.В. Мысленная тренировка в психологической подготовке спортсмена, М.: Спорт. - 2016. – 208 с.
6. Горовая А. Е. Тренировка идеомоторная (в психологии спорта) // Клиническая психология: энциклопедический словарь (под общ. ред. Творогова Н.Д.). — 2-е издание. — Практическая медицина Москва, 2016. — С. 494.
7. Данилова Н.Н. Стрессоустойчивость как индивидуальная особенность. / I Международная конференция памяти А.Р. Лурия / Сб. докладов под ред. Е.Д. Хомской, Т.В. Ахутиной. - М.: МГУ. - 1998. - стр. 177-192.
8. Дикая Л. А., Наумова М. И., Наумов И. В. Психофизиологические корреляты мысленного исполнения импровизированного танца // Российский психологический журнал. – 2015. – Т. 12. – №. 4.

9. Кирой В. Н. и др. Электрографические корреляты реальных и мысленных движений: спектральный анализ //Журнал высшей нервной деятельности им. ИП Павлова. – 2010. – Т. 60. – №. 5. – С. 525-533.
10. Одинак М.М. Нарушения невральной проводимости при травматических невропатиях (патогенез, клинические синдромы, диагностика и лечение). Воен.-мед журн. - 2008. - №2. - С. 28-39.
11. Психология спорта: Монография / Под ред. Ю.П. Зинченко, А.Г. Тоневицкого. — М.: МГУ, 2011.
12. Руннова А. Е., Лопатин Д. В., Журавлев М. О. Математические методы распознавания паттернов движения экспериментальных данных многоканальной электроэнцефалографии человека //Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21. – №.6.
13. Таймазов В.А., Голуб Я.В. Психофизиологическое состояние спортсмена (Методы оценки и коррекции) / СПб.: Издательство «Олимп СПб», 2004.
14. Фингелькурц А. А. Некоторые закономерности динамики спектральных паттернов ЭЭГ человека в процессе мнестической деятельности //М: МГУ. – 1998.
15. Antal A., Kriener N., Lang N., Boros K., Paulus W. Cathodal transcranial direct current stimulation of the visual cortex in the prophylactic treatment of migraine. Cephalalgia. – 2011. – 31. – pp. 820–828.
16. Antal A., Terney D., Kuhn S., Paulus W. Anodal transcranial direct current stimulation of the motor cortex ameliorates chronic pain and reduces short intracortical inhibition. J Pain Symp Man. – 2010. – 39. – pp. 890–903.
17. Bird A., Cripe B. Psychology and sport behavior. St. Louis: Times Mirror / Mosby College Publishing. – 1986.
18. Bruel-Jungerman E., Davis S., Laroche S. Brain plasticity mechanisms and memory: a party of four Neuroscientist. - (2007a). -13. - pp. 492–505.

19. Bruel-Jungerman E., Rampon C., Laroche S. Adult hippocampal neurogenesis, synaptic plasticity and memory: facts and hypotheses. – 2007b.
20. Butz M., Wörgötter F., van Ooyen A. Activity-dependent structural plasticity. – 2009.
21. Carpenter W. Principles of mental psychology. 4th ed. – New York: Appleton. – 1894.
22. Di Paola M., Caltagirone C., Petrosini L. Prolonged rock climbing activity induces structural changes in cerebellum and parietal lobe. *Hum Brain Mapp.* – 2013. – 34. – pp. 2707–2714.
23. Draganski B., Gaser C., Busch V., Schuierer G., Bogdahn U., May A. Neuroplasticity: changes in grey matter induced by training. *Nature.* – 2004.
24. Draganski B., Gaser C., Kempermann G., Kuhn H., Winkler J., Büchel C., May A. Temporal and spatial dynamics of brain structure changes during extensive learning. *J. Neurosci.* – 2006. - 26, pp. 6314–6317.
25. Edwardson M., Lucas T., Carey J., Fetz E. New modalities of brain stimulation for stroke rehabilitation. *Exp Brain Res.* – 2013. – 224. – pp. 335- 358.
26. Erickson K., Voss M., Prakash R., Basak C., Szabo A. et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* – 2011. – 108. – pp. 3017–3022.
27. Fink A., Graif B., Neubauer A. C. Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers // *NeuroImage.* – 2009. – T. 46. – №. 3. – pp. 854-862.
28. Flavell S., Greenberg M. "Signaling mechanisms linking neuronal activity to gene expression and plasticity of the nervous system". *Annu. Rev. Neurosci.* – 2008. – 31. – pp. 563–90.
29. Foeller E., Feldman D. Synaptic basis for developmental plasticity in somatosensory cortex. *Curr Opin Neurobiol.* - 2004. - 14. - pp. 89-95.
30. Ganguly K., Poo M. Activity-dependent neural plasticity from bench to bedside". *Neuron.* – 2013. - 80 (3). – pp. 729–741.

31. Hall C. Imagery in sport and exercise // In Handbook of research on sport psychology, 2nd ed., ed. R. Singer, H. Hausenblas and C. Janelle. – New-York: Wiley. – 2001. – pp. 529–549.
32. Hale B. Application of Lang’s bio-informational theory of emotional imagery to sport psychology // In Sport psychology in theory and practice, ed. L. Unestahl. – Veje: Orebro. – 1986. – pp. 172–178.
33. Hänggi J., Koeneke S., Bezzola L., Jäncke L. Structural neuroplasticity in the sensorimotor network of professional female ballet dancers. *Human Brain Mapping*. -2010. – 31. – pp. 1196–1206.
34. Hänggi J., Langer N., Lutz K., Birrer K., Mérillat S., Jäncke L. Structural Brain Correlates Associated with Professional Handball Playing. *PLoS ONE*. – 2015. - 10(4). - e0124222.
35. Harris D., Harris B. The athlete’s guide to sport psychology: mental skills for physical people. – NY: Leisure Press. – 1984.
36. Hebb D. The Organization of Behaviour. New York: Wiley. -1949. - pp. 34-46.
37. Holmes E. A. et al. Mental imagery as an emotional amplifier: Application to bipolar disorder // *Behaviour research and therapy*. – 2008. – T. 46. – №. 12. – pp. 1251-1258.
38. Holmes P., Collins D. Functional equivalence solutions for problems with motor imagery // In *Solutions in Sport Psychology*, ed. I. Cockerill. – London: Morgan. – 2002.
39. Huang R., Lu M., Song Z., Wang J. Long-term intensive training induced brain structural changes in world class gymnasts. *Brain Struct Funct*. – 2013.
40. Hufner K., Binetti C., Hamilton D., Stephan T., Flanagin V., Linn J. et al. Structural and functional plasticity of the hippocampal formation in professional dancers and slackliners. *Hippocampus*. – 2011. – 21. – pp. 855–865.

41. Igasaki T. et al. Cursor control by synchronous-type BCI: Examination of validity to increase of alternatives //Clinical Neurophysiology. – 2010. – T. 121. – №. 7. – C. e34.
42. Jacini W., Cannonieri G., Fernandes P., Bonilha L., Cendes F., Li L. Can exercise shape your brain? Cortical differences associated with judo practice. Journal of Science and Medicine in Sport. – 2009. – 12. – pp. 688–690.
43. Jacobson L., Koslowsky M., Lavidor M. (2012). tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review. Exp. Brain Res. 216, 1–10
44. Janssen J., Sheikh A. Enhancing Athletic Performance Through Imagery: An Overview // In Imagery in Sports and Physical Performance ed. A. Sheikh and E. Korn. – Amityville, NY: Baywood. – 1994. – P. 1–22.
45. Jäncke L. The plastic human brain. Restor Neurol Neurosci. – 2009a. – 27. – pp. 521–538.
46. Jäncke L. Music drives brain plasticity. F1000 Biol Rep. - 2009b. – 1. – p.78.
47. Jäncke L., Koeneke S., Hoppe A., Rominger C., Hänggi J. The architecture of the golfer's brain. PLoS One. - 2009c. – p. 4785.
48. Jeannerod M. Mental imagery in the motor context //Neuropsychologia. – 1995. – T. 33. – №. 11. – C. 1419-1432.
49. Johansen-Berg H. Behavioural relevance of variation in white matter microstructure. Curr Opin Neurol. – 2010. – 23. – pp. 351–358.
50. Jones D. Diffusion MRI. — Oxford University Press, 2010-11-04. — 784 c.
51. Kaiser J. et al. Dynamics of gamma-band activity in human magnetoencephalogram during auditory pattern working memory. NeuroImage. - 2003. - 20. - pp. 816-827.
52. Keller T., Just M. Structural and functional neuroplasticity in human learning of spatial routes. NeuroImage. – 2016. – 125. – pp. 256–266.

53. Kolb B. Brain plasticity and behaviour. Current directions in psychological science. - 2003. - 12: 1. - pp. 1-5.
54. Kosslyn S., Ganis G., Thompson W. L. Neural foundations of imagery //Nature Reviews. Neuroscience. – 2001. – T. 2. – №. 9. – pp. 635.
55. Kubis N. Non-invasive brain stimulation to enhance post-stroke recovery. Front Neural Circuits. – 2016. – 10. – p.56.
56. Le Q., Qu Y., Tao Y., Zhu S. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on hand function recovery and excitability of the motor cortex after stroke: a meta-analysis. Am J Phys Med Rehabil. – 2014. – 93. – pp. 422-430.
57. Lefaucheur J. Stroke recovery can be enhanced by using repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). Neurophysiol Clin. – 2006. – 36. – pp. 105-115.
58. Lefaucheur J., André-Obadia N., Antal A. et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). Clin Neurophysiol. – 2014. – 125. – pp. 2150-2206.
59. Li R. et al. Effect of motor imagery on walking function and balance in patients after stroke: A quantitative synthesis of randomized controlled trials //Complementary Therapies in Clinical Practice. – 2017.
60. Looi C. et al. Combining brain stimulation and video game to promote long-term transfer of learning and cognitive enhancement //Scientific reports. – 2016. – T. 6. – p. 22003.
61. Lövdén M., Bodammer N., Kühn S., Kaufmann J., Schütze H., Tempelmann C. et al. Experience-dependent plasticity of white-matter microstructure extends into old age. Neuropsychologia. – 2010. – 48. – pp. 3878–3883.
62. Lövdén M., Wenger E., Mårtensson J., Lindenberger U., Bäckman L. Structural brain plasticity in adult learning and development. Neurosci. Biobehav. Rev. – 2013. – 37. – pp. 2296–2310.

63. Maguire E., Gadian D., Johnsrude I., Good C., Ashburner J., Frackowiak R., Frith C. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* – 2000. – 97. – pp. 4398–4403.
64. Maguire E., Woollett K., Spiers H. London taxi drivers and bus drivers: a structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus.* – 2006. – 16. – pp. 1091–1101.
65. Martens R. *Coaches guide to Sport Psychology.* – Champaign IL: Human Kinetics. – 1987.
66. May A., Gaser C. Magnetic resonance-based morphometry: a window into structural plasticity of the brain. *Current Opinion in Neurology.* – 2006. – 19. – pp. 407–411.
67. Mietchen D., Gaser C. Computational morphometry for detecting changes in brain structure due to development, aging, learning, disease and evolution. *Front Neuroinform.* – 2009. – 3. – p. 25.
68. Molholm S., Ritter W., Murray M., Javitt D., Schroeder C., Foxe J. Multisensory auditory–visual interactions during early sensory processing in humans: a high-density electrical mapping study. *Cognitive Brain Research.* – 2002. - 14(1). - 115–28.
69. Moran A., MacIntyre T. There's more to an image than meets the eye: A qualitative study of kinaesthetic imagery among elite canoe-slalomists' // *Irish Journal of Psychology.* – 1998. – № 19. – pp. 406–423.
70. Nitsche M., Cohen L., Wassermann E., Priori A., Lang N. et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimulation.* – 2008. - 1 (3). – pp. 206–23.
71. Park I., Han J., Lee K., Lee N., Lee W., Park K. et al. Evaluation of morphological plasticity in the cerebella of basketball players with MRI. *J Korean Med Sci.* – 2006. – 21. – pp. 342–346.
72. Park I., Lee K., Han J., Lee N., Lee W., Park K. et al. Experience-dependent plasticity of cerebellar vermis in basketball players. *Cerebellum.* – 2009. – 8. – pp. 334–339.

73. Park I., Lee K., Han J., Lee N., Lee W., Park K. et al. Basketball training increases striatum volume. *Hum Mov Sci.* – 2011. – 30. – pp. 56–62.
74. Park I., Lee N., Kim T., Park J., Won Y., Jung Y. et al. Volumetric analysis of cerebellum in short-track speed skating players. *Cerebellum.* – 2012. – 11. – pp. 925–930.
75. Pascual-Leone A., Amedi A., Fregni F., Merabet L. The plastic human brain cortex. *Annual Review of Neuroscience.* – 2005. – 28. – pp. 377–401.
76. Pascual-Leone A., Freitas C., Oberman L., Horvath J., Halko M., Eldaief M. et al. Characterizing brain cortical plasticity and network dynamics across the age-span in health and disease with TMS-EEG and TMS-fMRI". *Brain Topography* - 2011. – 24. – pp. 302–315
77. Pearson D. et al. Assessing mental imagery in clinical psychology: A review of imagery measures and a guiding framework // *Clinical Psychology Review.* – 2013. – T. 33. – №. 1. – C. 1-23.
78. Pikkenhain L. Neurofiziologicheskie mehanizmy ideomotornoi trenirovki // *Voprosy psihologii.* – 1980. – № 3. – pp. 116-120.
79. Powell G. Negative and positive mental practice in motor skill acquisition // *Perceptual and Motor Skills.* – 1973. – № 37. – p. 312.
80. Rajapakse T., Kirton A. Non-invasive brain stimulation in children: applications and future directions. *Translational neuroscience.* – 2013. - 4(2).
81. Reardon S. Brain doping'may improve athletes' performance // *Nature.* – 2016. – T. 531. – №. 7594. – C. 283-284.
82. Rioult-Pedotti M., Merzenich M. Learning-induced LTP in neocortex. *Science.* - 2000. – 290. – pp. 533-536.
83. Rossi S., Rossini P. M. TMS in cognitive plasticity and the potential for rehabilitation // *Trends in cognitive sciences.* – 2004. – T. 8. – №. 6. – pp. 273-279.
84. Rushall B. Mental skills training for sports: A manual for athletes, coaches, and sport psychologists. 2nd ed. – Spring Valley, CA: Sport Science Associates. – 1995.

85. Schlaffke L., Lissek S., Lenz M., Brune M., Juckel G., Hinrichs T. et al. Sports and brain morphology—A voxel-based morphometry study with endurance athletes and martial artists. *Neuroscience*. – 2014. – 259. – pp. 35–42.
86. Scholz J., Klein M., Behrens T., Johansen-Berg H. Training induces changes in white-matter architecture. *Nat. Neurosci.* – 2009. – 12. – pp. 1370–1371.
87. Stagg C., Best J., Stephenson M., O'Shea J., Wylezinska M., Kincses Z. et al. Polarity-sensitive modulation of cortical neurotransmitters by transcranial stimulation. *J Neurosci.* – 2009. – 29. – pp. 5202–5206
88. Stagg C., Nitsche M. Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *Neuroscientist*. – 2011. -17. – pp. 37–53.
89. Start K., Richardson A. Imagery and Mental Practice // *British Journal of Education Psychology*. – 1964. – № 34. pp. 280-284.
90. Toni L., Schluter N., Josephs O., Friston K., Passingham R. Signal, set- and movement-related activity in the human brain: An event-related fMRI study. *Cereb Cortex*. – 1999. -9. – pp. 34–49.
91. Vealey R., Greenleaf C. Seeing is believing: Understanding and using imagery in sport // In *Applied sport psychology: Personal growth to peak performance* 4th ed., ed. J. Williams. – Mountain View, CA: Mayfield. – 2001. – P. 248.
92. Ward N. Neural correlates of motor recovery after stroke: a longitudinal fMRI study. *Brain*. - 2003. - V. 126, №11. - pp. 2476-2496.
93. Wassermann E. et al. Safety and side-effects of transcranial magnetic stimulation and repetitive transcranial magnetic stimulation // *Handbook of transcranial magnetic stimulation*. London: Arnold. – 2002.
94. Wei G., Luo J., Li Y. Brain structure in diving players on MR imaging studied with voxel-based morphometry. *Progress in Natural Science*. – 2009. – 19. – pp. 1397–1402.

95. Wei G., Zhang Y., Jiang T., Luo J. Increased cortical thickness in sports experts: a comparison of diving players with the controls. *PLoS One*. – 2011. – 6. – p. 17112.
96. Weinberg R., Gould D. *Foundations of sport and exercise psychology*. – Champaign, IL: Human Kinetics. – 2003.
97. Woolfolk R., Parrish W., Murphy S. The effects of positive and negative imagery on motor skill performance // *Cognitive Therapy and Research*. – 1985. – № 9. – pp. 335–341.
98. Xerri C., Zennou-Azogui Y. Influence of the postlesion environment and chronic piracetam treatment on the organization of the somatotopic map of the primary somatosensory cortex after focal cortical injury. *Neuroscience*. 2003. – 118. – pp. 161-177.
99. Zhang H., Lin J., Sun Y., Huang Y., Ye H., Wang X. et al. Compromised white matter microstructural integrity after mountain climbing: evidence from diffusion tensor imaging. *High Alt Med Biol*. – 2012. – 13. – pp. 118–125.
100. Zhang K., Sejnowski T. A universal scaling law between gray matter and white matter of cerebral cortex. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* – 2000. – 97. – pp. 5621–5626.
101. Zhang Y., Wei G., Zhuo J., Li Y., Ye W., Jiang T. Regional inflation of the thalamus and globus pallidus in diving players. *Med Sci Sports Exerc*. – 2013. – 45. – pp. 1077–1082.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ДАННЫЕ ПО АНАЛИЗУ АЛЬФА1-РИТМА (8-11 ГЦ). МЕЖГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ

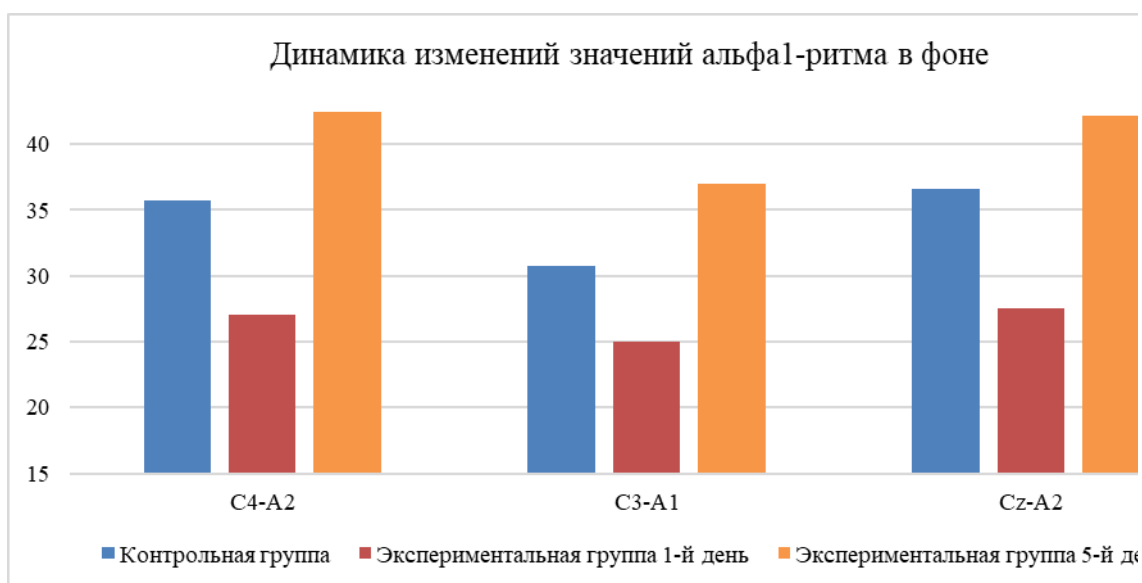


Рисунок 1. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа1-ритма в контрольной и экспериментальной группах по центральным отведениям ЭЭГ в фоне с закрытыми глазами.

Таблица 2. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11 Гц) на ЭЭГ в фоне с закрытыми глазами спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | |
|------------|--------------------|--------------------------|------------|
| | | 1-й день | 5-й день |
| C4-A2 | 35,70±5,81 | 27,01±4,51 | 42,45±9,06 |
| C3-A1 | 30,73±4,95 | 25,04±4,67 | 36,95±8,83 |
| Cz-A2 | 36,65±5,82 | 27,54±4,47 | 42,13±8,91 |

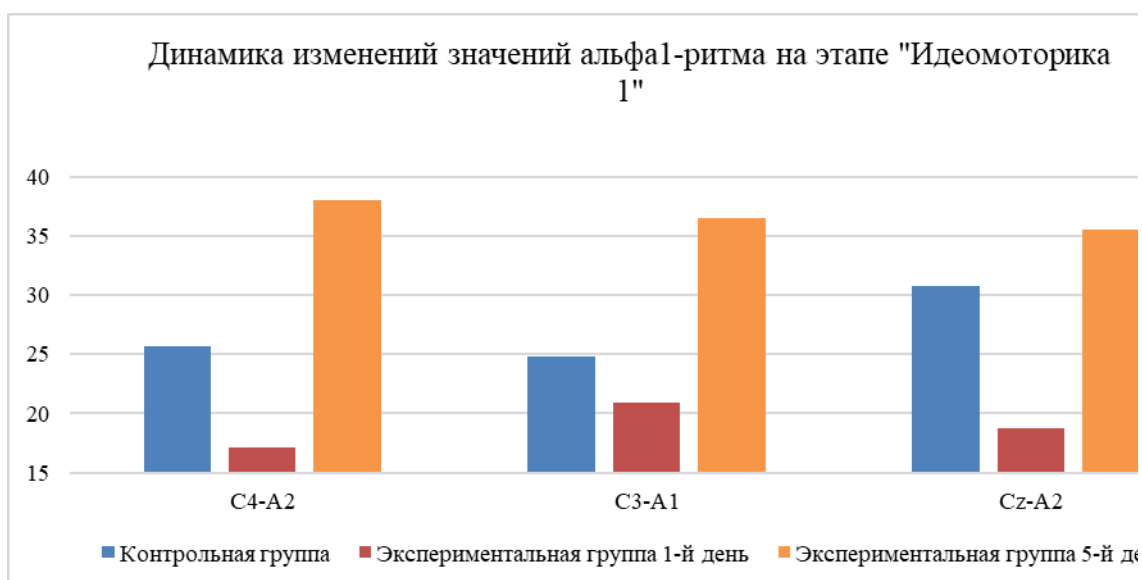


Рисунок 2. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа1-ритма в контрольной и экспериментальной группах по центральным отведениям ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 1» (мысленное «прохождение» старта трассы с закрытыми глазами).

Таблица 3. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11 Гц) на ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 1» спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | |
|------------|--------------------|--------------------------|------------|
| | | 1-й день | 5-й день |
| C4-A2 | 25,66±5,39 | 17,09±3,66 | 38,00±8,69 |
| C3-A1 | 24,86±4,68 | 20,95±4,71 | 36,56±8,82 |
| Cz-A2 | 30,75±6,78 | 18,72±3,34 | 35,55±8,67 |

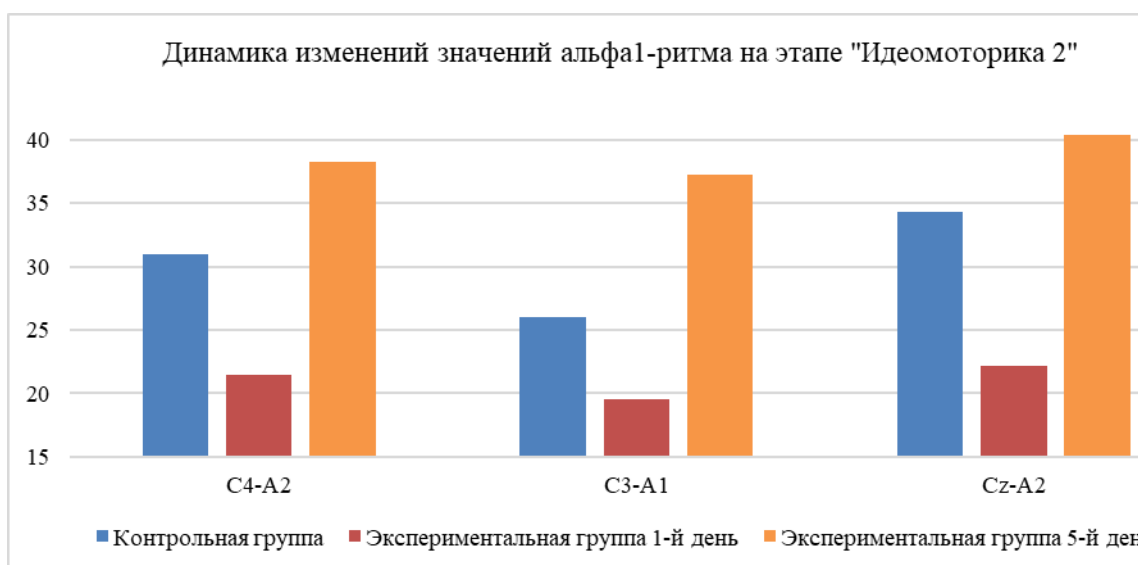


Рисунок 3. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа1-ритма в контрольной и экспериментальной группах по центральным отведениям ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 2» (мысленное «прохождение» сложного участка трассы с закрытыми глазами).

Таблица 4. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11 Гц) на ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 2» спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | |
|------------|--------------------|--------------------------|------------|
| | | 1-й день | 5-й день |
| C4-A2 | 30,92±5,98 | 21,47±3,69 | 38,25±6,87 |
| C3-A1 | 26,03±5,28 | 19,49±3,16 | 37,19±6,23 |
| Cz-A2 | 34,26±7,04 | 22,16±3,83 | 40,37±7,57 |

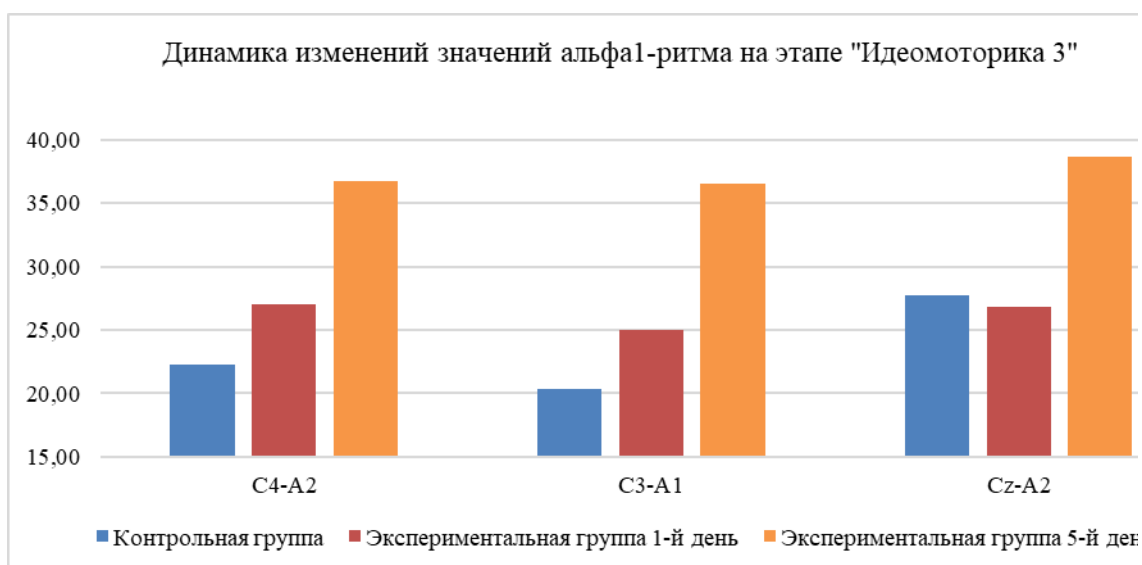


Рисунок 4. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа1-ритма в контрольной и экспериментальной группах по центральным отведениям ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 3» (мысленное «прохождение» всей трассы целиком с закрытыми глазами).

Таблица 5. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11 Гц) на ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 3» спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | |
|------------|--------------------|--------------------------|------------|
| | | 1-й день | 5-й день |
| C4-A2 | 22,25±3,41 | 27,02±4,61 | 36,70±7,89 |
| C3-A1 | 20,35±3,62 | 24,97±5,48 | 36,58±8,48 |
| Cz-A2 | 27,73±5,00 | 26,86±4,72 | 38,67±8,96 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ДАННЫЕ ПО АНАЛИЗУ АЛЬФА1-РИТМА (8-11 ГЦ). ВНУТРИГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ

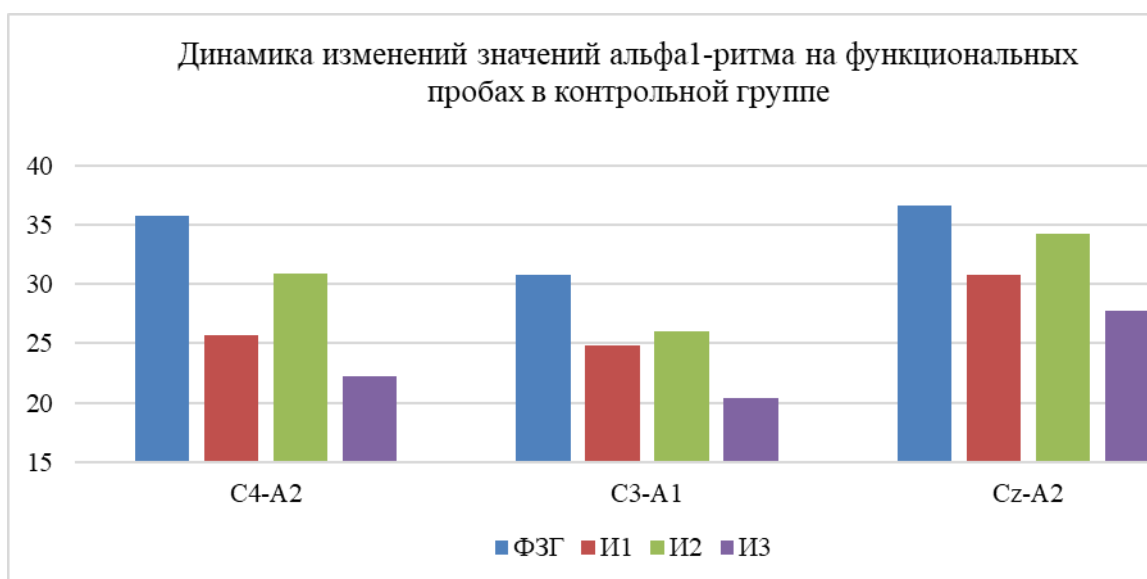


Рисунок 5. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа1-ритма в контрольной группе по центральным отведениям ЭЭГ на функциональных пробах.

Таблица 6. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в фоне с закрытыми глазами с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|------------|----------------------|------------|------------|-------------|
| | ФЗГ до | И1 | И2 | И3 |
| C4-A2 | 38,12±5,53 | 27,06±5,50 | 32,84±5,97 | 22,75±3,58* |
| C3-A1 | 32,54±4,84 | 26,77±4,48 | 27,87±5,20 | 20,65±3,83 |
| Cz-A2 | 38,80±5,69 | 32,96±6,76 | 36,73±6,94 | 27,50±5,29 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 7. Внутригрупповые различия относительных значений

мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в пробе «Идеомоторика 1» (И1) с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы. Статистически значимых различий внутри группы не выявлено.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|------------|------------|------------|
| | И1 | ФЗГ до | И2 | И3 |
| C4-A2 | 27,06±5,50 | 38,12±5,53 | 32,84±5,97 | 22,75±3,58 |
| C3-A1 | 26,77±4,48 | 32,54±4,84 | 27,87±5,20 | 20,65±3,83 |
| Cz-A2 | 32,96±6,76 | 38,80±5,69 | 36,73±6,94 | 27,50±5,29 |

Таблица 8. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в пробе «Идеомоторика 2» (И2) с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы. Статистически значимых различий внутри группы не выявлено.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|------------|------------|------------|
| | И2 | ФЗГ до | И1 | И3 |
| C4-A2 | 32,84±5,97 | 38,12±5,53 | 27,06±5,50 | 22,75±3,58 |
| C3-A1 | 27,87±5,20 | 32,54±4,84 | 26,77±4,48 | 20,65±3,83 |
| Cz-A2 | 36,73±6,94 | 38,80±5,69 | 32,96±6,76 | 27,50±5,29 |

Таблица 9. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в пробе «Идеомоторика 3» (И3) с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|------------|------------|
| | И3 | ФЗГ до | И1 | И2 |
| C4-A2 | 22,75±3,58 | 38,12±5,53* | 27,06±5,50 | 32,84±5,97 |
| C3-A1 | 20,65±3,83 | 32,54±4,84 | 26,77±4,48 | 27,87±5,20 |
| Cz-A2 | 27,50±5,29 | 38,80±5,69 | 32,96±6,76 | 36,73±6,94 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

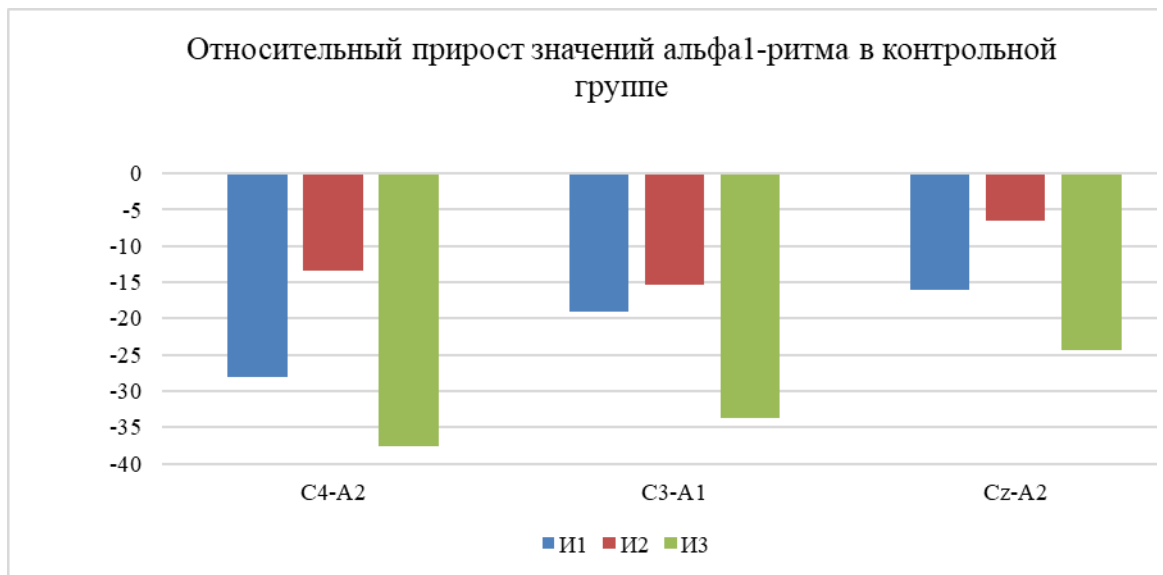


Рисунок 6. Относительный прирост/убыль значений мощности альфа1-ритма на функциональных пробах к фону в контрольной группе.

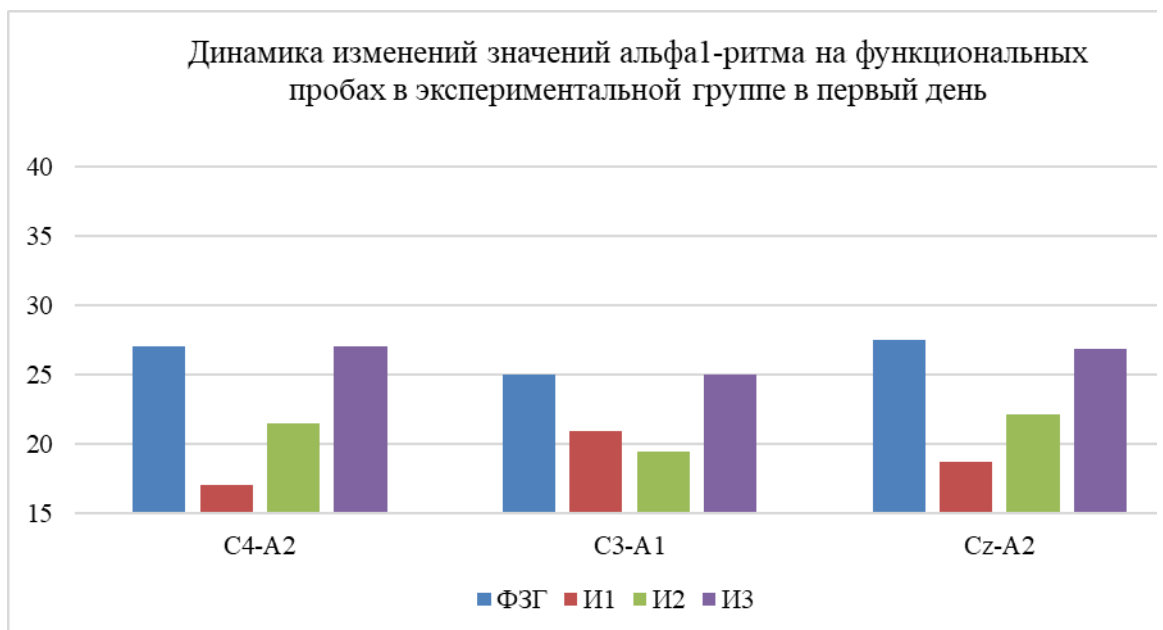


Рисунок 7. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа1-ритма в экспериментальной группе по центральным отведениям ЭЭГ на функциональных пробах в первый день.

Таблица 10. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в фоне с закрытыми глазами с другими

функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|------------|-------------|------------|
| | ФЗГ до | И1 | И2 | И3 |
| C4-A2 | 27,01±4,51 | 17,09±3,66 | 21,47±3,69* | 27,02±4,61 |
| C3-A1 | 25,04±4,67 | 20,95±4,71 | 19,49±3,16 | 24,97±5,48 |
| Cz-A2 | 27,54±4,47 | 18,72±3,34 | 22,16±3,83 | 26,86±4,72 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 11. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в пробе «Идеомоторика 1» (И1) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | И1 | ФЗГ до | И2 | И3 |
| C4-A2 | 17,09±3,66 | 27,01±4,51* | 21,47±3,69* | 27,02±4,61* |
| C3-A1 | 20,95±4,71 | 25,04±4,67 | 19,49±3,16 | 24,97±5,48 |
| Cz-A2 | 18,72±3,34 | 27,54±4,47 | 22,16±3,83* | 26,86±4,72* |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 12. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в пробе «Идеомоторика 2» (И2) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | И2 | ФЗГ до | И1 | И3 |
| C4-A2 | 21,47±3,69 | 27,01±4,51* | 17,09±3,66* | 27,02±4,61* |
| C3-A1 | 19,49±3,16 | 25,04±4,67 | 20,95±4,71 | 24,97±5,48 |
| Cz-A2 | 22,16±3,83 | 27,54±4,47 | 18,72±3,34* | 26,86±4,72 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 13. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в пробе «Идеомоторика 3» (ИЗ) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|------------|----------------------|------------|-------------|-------------|
| | ИЗ | ФЗГ до | И1 | И2 |
| C4-A2 | 27,02±4,61 | 27,01±4,51 | 17,09±3,66* | 21,47±3,69* |
| C3-A1 | 24,97±5,48 | 25,04±4,67 | 20,95±4,71 | 19,49±3,16 |
| Cz-A2 | 26,86±4,72 | 27,54±4,47 | 18,72±3,34* | 22,16±3,83 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

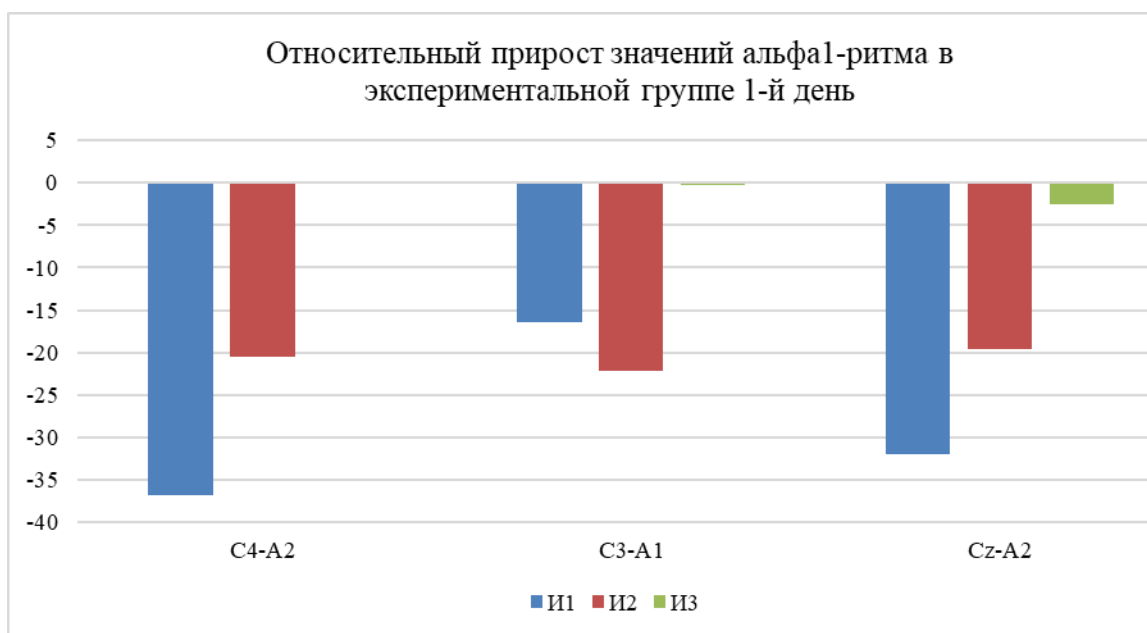


Рисунок 8. Относительный прирост/убыль значений мощности альфа1-ритма на функциональных пробах к фону в экспериментальной группе в первый день регистрации ЭЭГ.

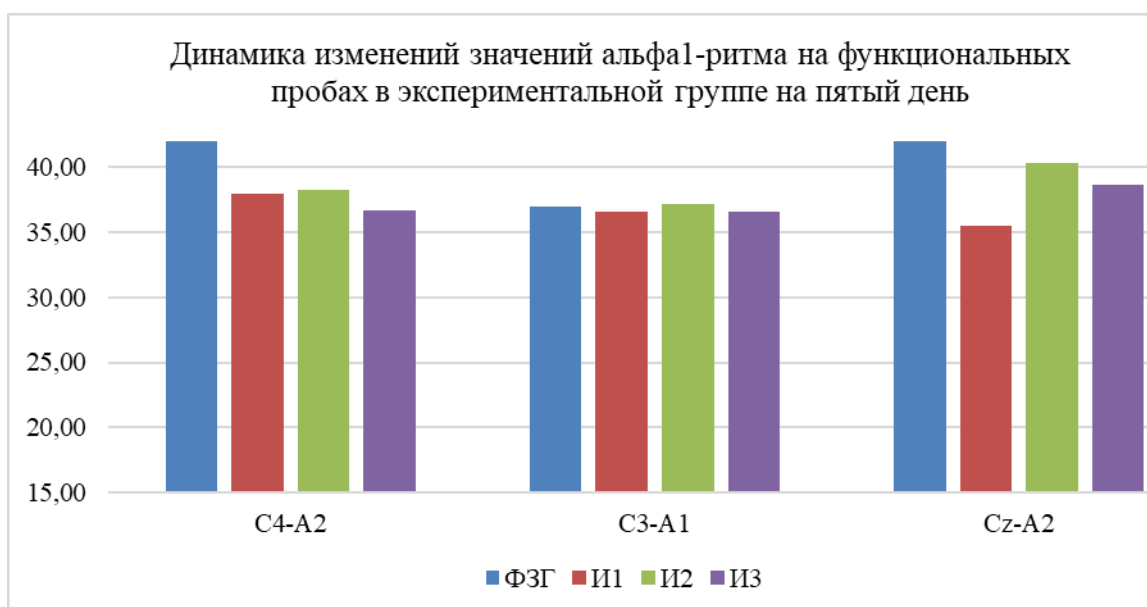


Рисунок 9. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа1-ритма в экспериментальной группе по центральным отведениям ЭЭГ на функциональных пробах на пятый день.

Таблица 14. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в фоне с закрытыми глазами с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на пятый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|------------|----------------------|-------------|------------|------------|
| | ФЗГ до | И1 | И2 | И3 |
| C4-A2 | 42,45±9,06 | 38,00±8,69 | 38,25±6,87 | 36,70±7,89 |
| C3-A1 | 36,95±8,83 | 36,56±8,82 | 37,19±6,23 | 36,58±8,48 |
| Cz-A2 | 42,13±8,91 | 35,55±8,67* | 40,37±7,57 | 38,67±8,96 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 15. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в пробе «Идеомоторика 1» (И1) с

другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на пятый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|------------|------------|
| | И1 | ФЗГ до | И2 | И3 |
| C4-A2 | 38,00±8,69 | 42,45±9,06 | 38,25±6,87 | 36,70±7,89 |
| C3-A1 | 36,56±8,82 | 36,95±8,83 | 37,19±6,23 | 36,58±8,48 |
| Cz-A2 | 35,55±8,67 | 42,13±8,91* | 40,37±7,57 | 38,67±8,96 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 16. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в пробе «Идеомоторика 2» (И2) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на пятый день регистрации ЭЭГ. Статистически значимых различий внутри группы не выявлено.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|------------|------------|------------|
| | И2 | ФЗГ до | И1 | И3 |
| C4-A2 | 38,25±6,87 | 42,45±9,06 | 38,00±8,69 | 36,70±7,89 |
| C3-A1 | 37,19±6,23 | 36,95±8,83 | 36,56±8,82 | 36,58±8,48 |
| Cz-A2 | 40,37±7,57 | 42,13±8,91 | 35,55±8,67 | 38,67±8,96 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 17. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа1-ритма (8-11Гц) в пробе «Идеомоторика 3» (И3) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной

группы на пятый день регистрации ЭЭГ. Статистически значимых различий внутри группы не выявлено.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|------------|----------------------|------------|------------|------------|
| | ИЗ | ФЗГ до | И1 | И2 |
| C4-A2 | 36,70±7,89 | 42,45±9,06 | 38,00±8,69 | 38,25±6,87 |
| C3-A1 | 36,58±8,48 | 36,95±8,83 | 36,56±8,82 | 37,19±6,23 |
| Cz-A2 | 38,67±8,96 | 42,13±8,91 | 35,55±8,67 | 40,37±7,57 |

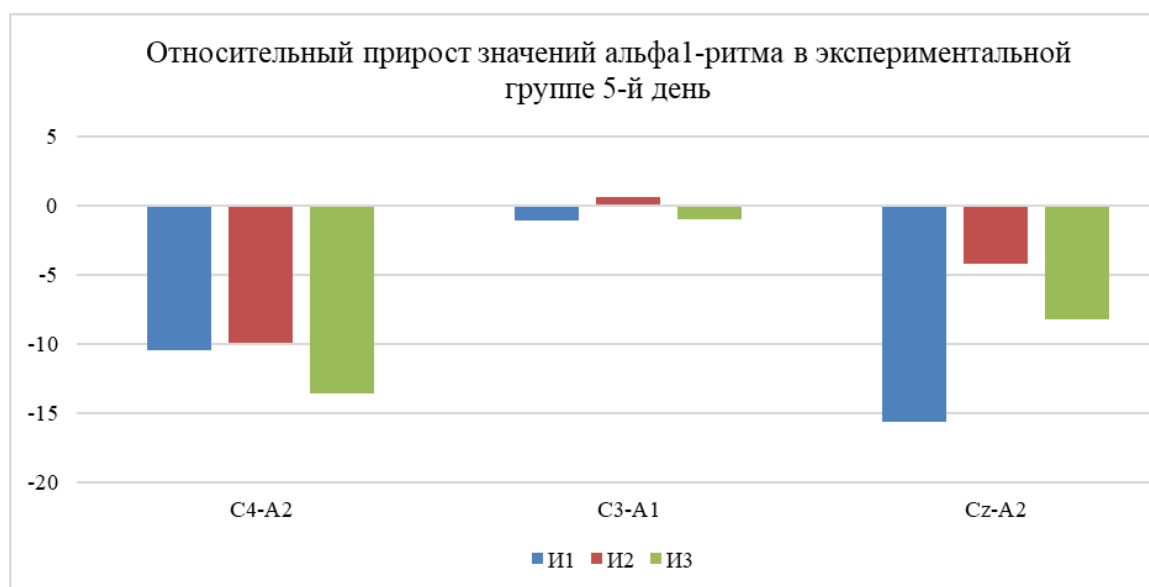


Рисунок 10. Относительный прирост/убыль значений мощности альфа1-ритма на функциональных пробах к фону в экспериментальной группе на пятый день регистрации ЭЭГ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ДАННЫЕ КОГЕРЕНТНОГО АНАЛИЗА АЛЬФА1-РИТМ (8-11 ГЦ).

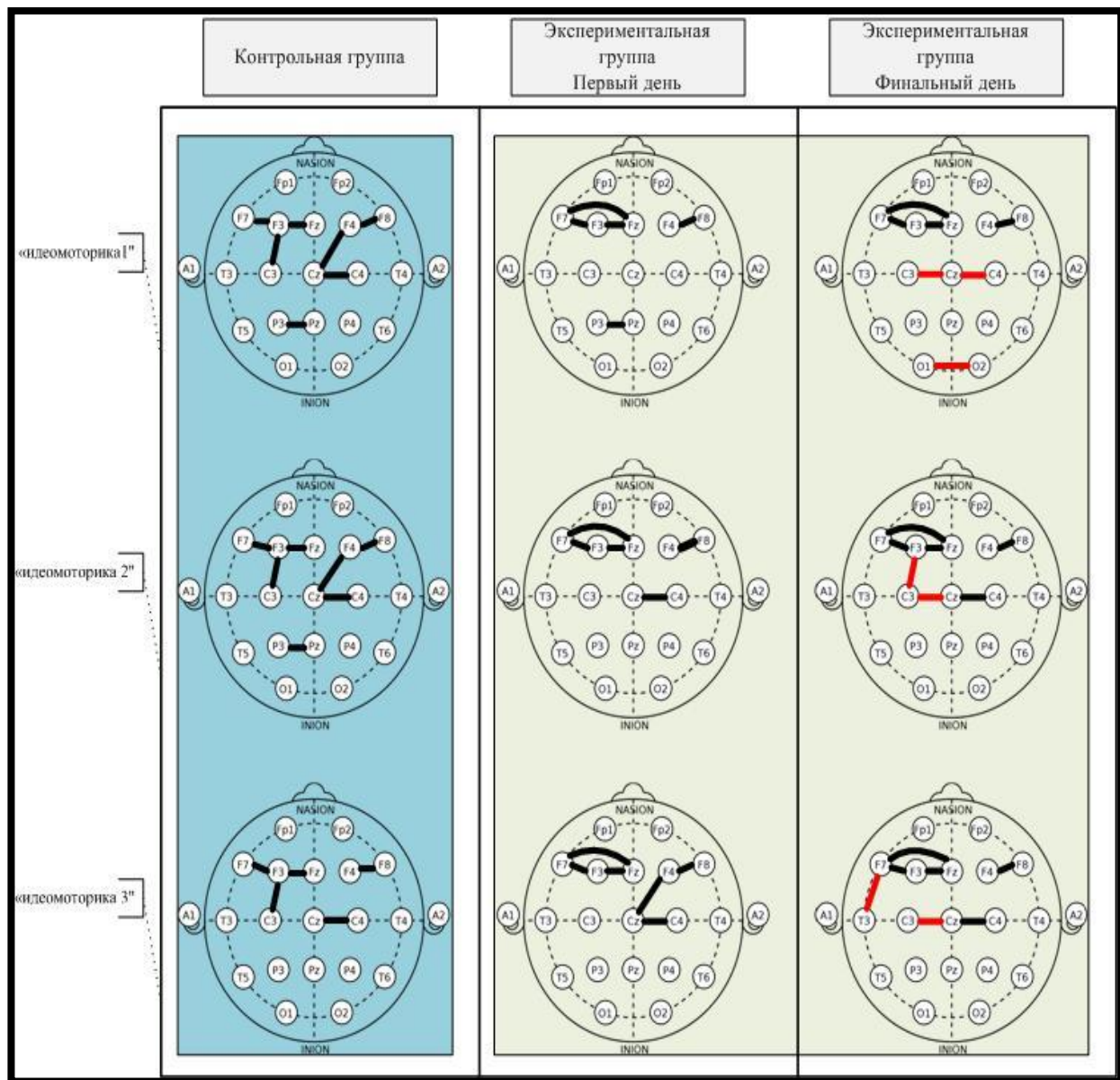


Рисунок 11. Связи между отведениями с высокими значениями уровня когерентности в альфа-1 диапазоне частот в контрольной и экспериментальной (до и после воздействия) группах. В третьей колонке красным цветом обозначены связи, зарегистрированные после экспериментального воздействия.

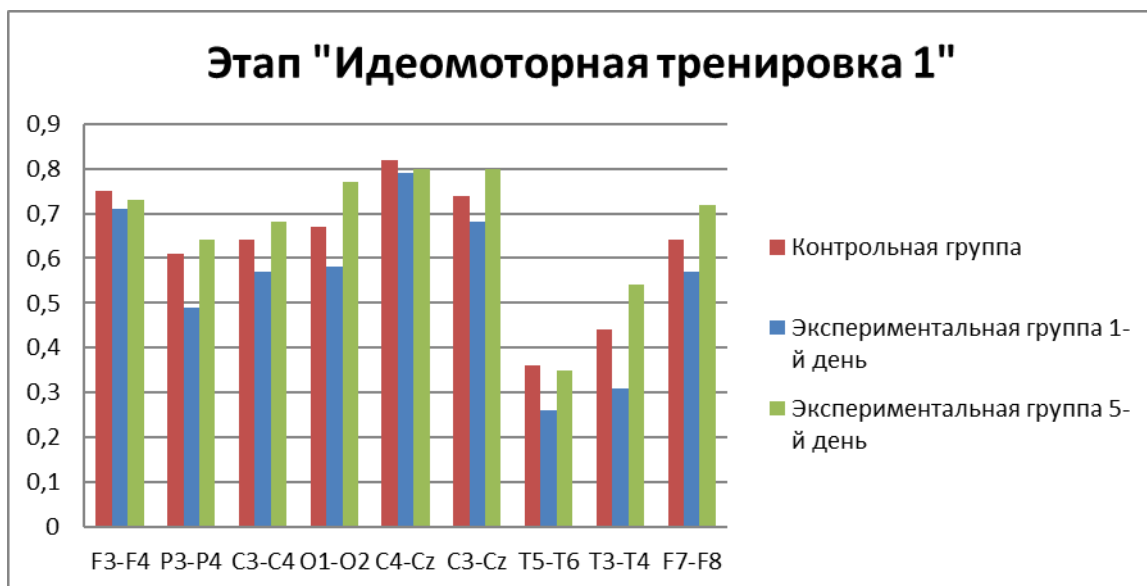


Рисунок 12. Сравнение средних по горизонтальным и центральным связям на этапе «Идеомоторная тренировка 1».

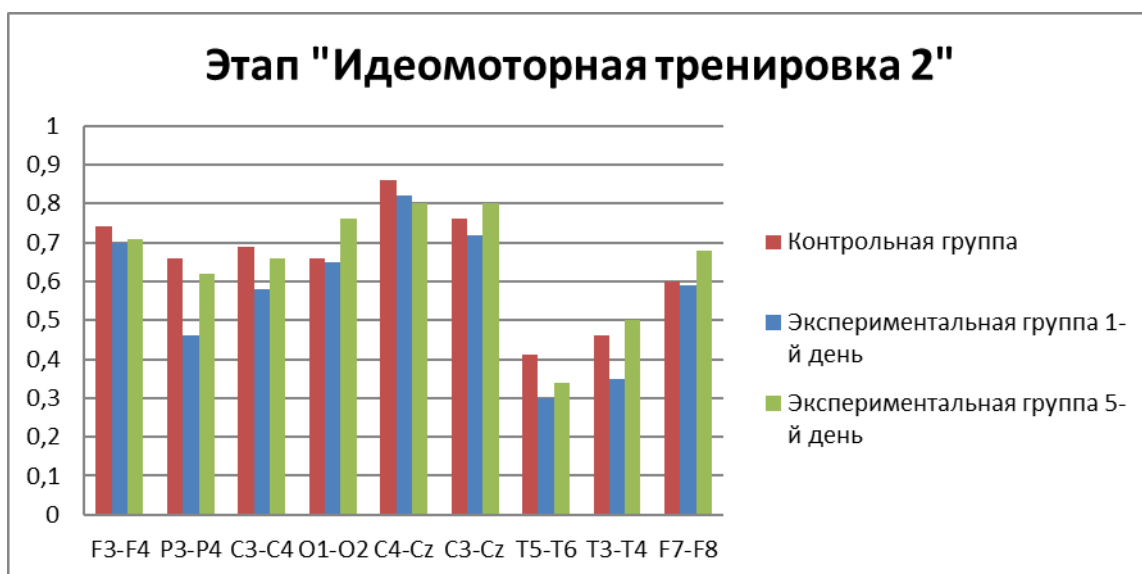


Рисунок 13. Сравнение средних по горизонтальным и центральным связям на этапе «Идеомоторная тренировка 2».

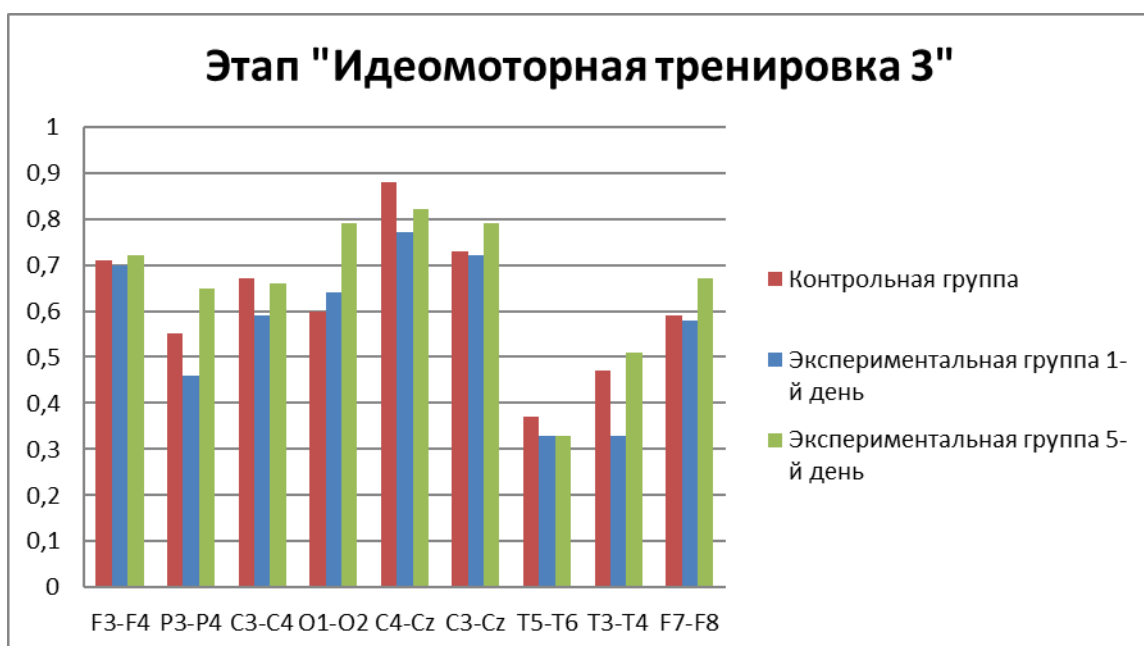


Рисунок 14. Сравнение средних по горизонтальным и центральным связям на этапе «Идеомоторная тренировка 3».

Таблица 18. Уровень значимости для различий между экспериментальными срезами экспериментальной группы в разных функциональных пробах.

| статистика для межполушарных отведений | | | | | | |
|--|-------|-----------------------------|------|-----------------------------|-------|-------|
| "идеомоторная тренировка 1" | | "идеомоторная тренировка 2" | | "идеомоторная тренировка 3" | | |
| | До | После | | До | После | |
| F3F4 | 0,314 | | F3F4 | 0,155 | F3F4 | 0,314 |
| P3P4 | 0,173 | | P3P4 | 0,066 | P3P4 | 0,015 |
| C3C4 | 0,038 | | C3C4 | 0,021 | C3C4 | 0,051 |
| O1O2 | 0,374 | | O1O2 | 0,086 | O1O2 | 0,008 |
| C4Cz | 0,767 | | C4Cz | 0,767 | C4Cz | 0,859 |
| C3Cz | 0,051 | | C3Cz | 0,058 | C3Cz | 0,069 |
| T5T6 | 0,008 | | T5T6 | 0,594 | T5T6 | 0,953 |
| T3T4 | 0,011 | | T3T4 | 0,051 | T3T4 | 0,008 |
| F7F8 | 0,028 | | F7F8 | 0,139 | F7F8 | 0,008 |

Примечание. Темно-зеленым цветом показаны значения $p < .05$, светло-зеленым – значения $.05 < p < 1$, иллюстрирующие устойчивую тенденцию сдвига, но не достигающие уровня $.05$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ДАННЫЕ АНАЛИЗА АЛЬФА-РИТМА (8-13ГЦ).
МЕЖГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ

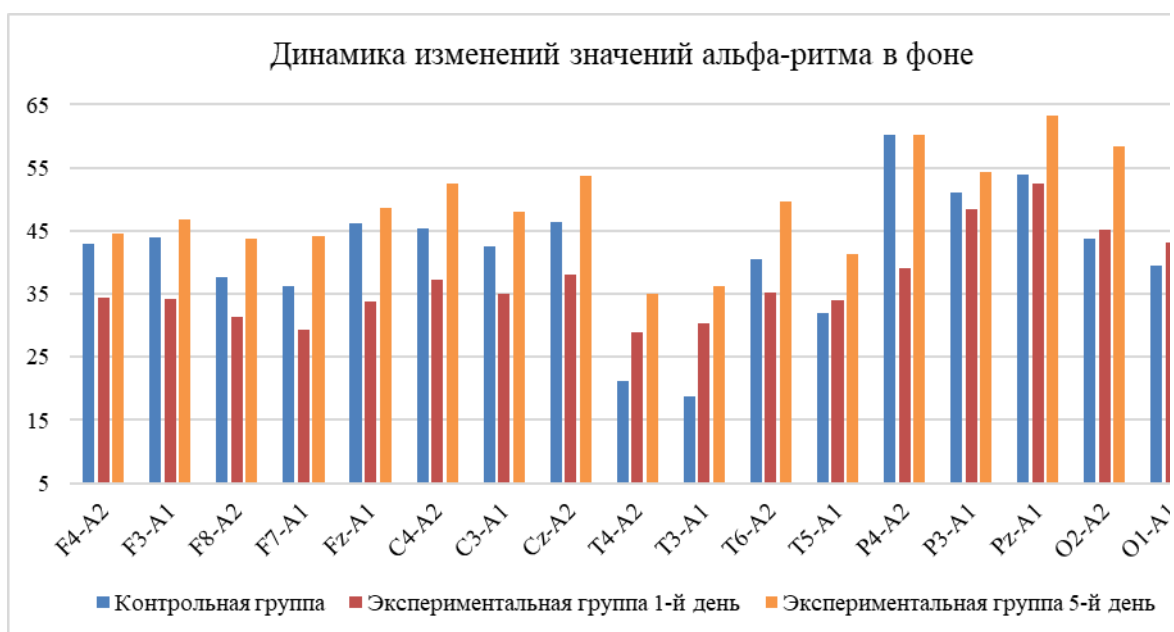


Рисунок 15. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа-ритма в контрольной и экспериментальной группах по 17 отведениям ЭЭГ в фоне с закрытыми глазами.

Таблица 19. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13 Гц) на ЭЭГ в фоне с закрытыми глазами спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | |
|------------|--------------------|--------------------------|-------------|
| | | 1-й день | 5-й день |
| F4-A2 | 42,86±5,12 | 30,50±5,96 | 39,68±10,02 |
| F3-A1 | 44,02±5,41 | 30,34±5,95 | 41,58±10,47 |
| F8-A2 | 37,61±5,11 | 27,78±6,09 | 38,92±10,55 |
| F7-A1 | 36,15±4,21 | 25,98±5,17 | 39,21±10,56 |
| Fz-A1 | 46,11±5,26* | 30,09±5,67* | 43,18±10,40 |
| C4-A2 | 45,46±6,08 | 33,10±6,79 | 46,72±9,72 |
| C3-A1 | 42,54±6,66 | 31,18±6,73 | 42,76±9,66 |

| | | | |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| Cz-A2 | 46,33±6,13 | 33,85±7,13 | 47,73±9,52 |
| T4-A2 | 21,17±5,07 | 25,63±6,94 | 31,14±9,88 |
| T3-A1 | 18,78±4,60 | 26,92±7,13 | 32,23±9,49 |
| T6-A2 | 40,51±5,56 | 31,34±8,16 | 44,10±10,84 |
| T5-A1 | 31,85±4,30 | 30,17±8,89 | 36,73±9,26 |
| P4-A2 | 60,21±5,57* | 34,74±9,56* | 53,49±10,09 |
| P3-A1 | 51,13±6,19 | 43,07±9,42 | 48,25±9,74 |
| Pz-A1 | 53,90±6,02 | 46,72±9,45 | 56,16±9,46 |
| O2-A2 | 43,53±2,90 | 40,09±8,93 | 51,88±10,95 |
| O1-A1 | 39,52±4,20 | 38,40±9,96 | 44,77±9,53 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$

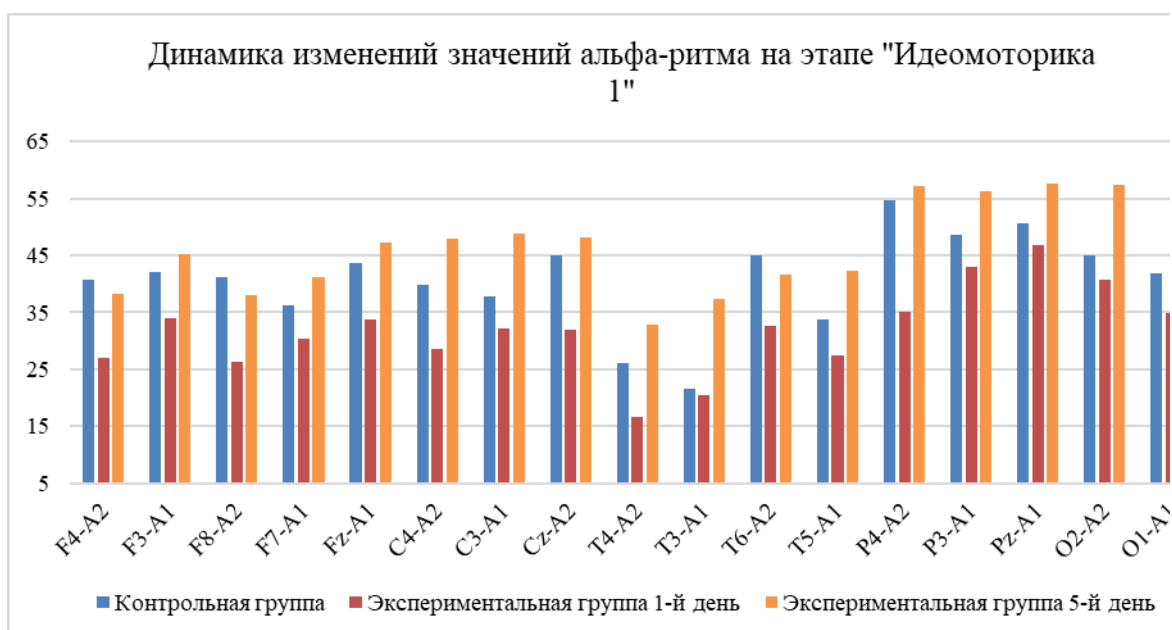


Рисунок 16. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа-ритма в контрольной и экспериментальной группах по 17 отведениям ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 1».

Таблица 20. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений

мощностей альфа-ритма (8-13 Гц) на ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 1» спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | |
|------------|--------------------|--------------------------|-------------|
| | | 1-й день | 5-й день |
| F4-A2 | 40,77±5,19 | 26,16±5,59 | 34,96±10,73 |
| F3-A1 | 42,04±5,15 | 31,41±6,32 | 39,70±11,21 |
| F8-A2 | 41,08±5,58 | 26,51±6,29 | 35,20±10,53 |
| F7-A1 | 32,49±6,14 | 28,76±6,72 | 37,22±11,31 |
| Fz-A1 | 43,64±5,25 | 30,78±6,37 | 41,12±10,97 |
| C4-A2 | 39,83±5,99 | 28,11±6,61 | 44,20±10,36 |
| C3-A1 | 37,83±4,81 | 30,42±6,44 | 43,55±10,25 |
| Cz-A2 | 44,94±6,67 | 30,26±6,97 | 45,85±10,32 |
| T4-A2 | 26,06±3,24 | 17,18±4,99 | 29,37±10,09 |
| T3-A1 | 21,58±4,15 | 19,97±6,07 | 33,35±10,77 |
| T6-A2 | 45,09±4,51 | 30,83±8,94 | 38,68±10,57 |
| T5-A1 | 30,35±5,53 | 26,27±9,38 | 34,89±10,11 |
| P4-A2 | 54,70±6,80 | 33,01±10,01 | 50,92±10,55 |
| P3-A1 | 48,54±5,57 | 40,46±9,85 | 48,59±9,77 |
| Pz-A1 | 50,72±6,98 | 42,71±9,25 | 51,70±9,57 |
| O2-A2 | 44,02±4,93 | 39,36±10,27 | 50,97±10,40 |
| O1-A1 | 41,84±5,00 | 34,27±11,14 | 44,61±9,21 |

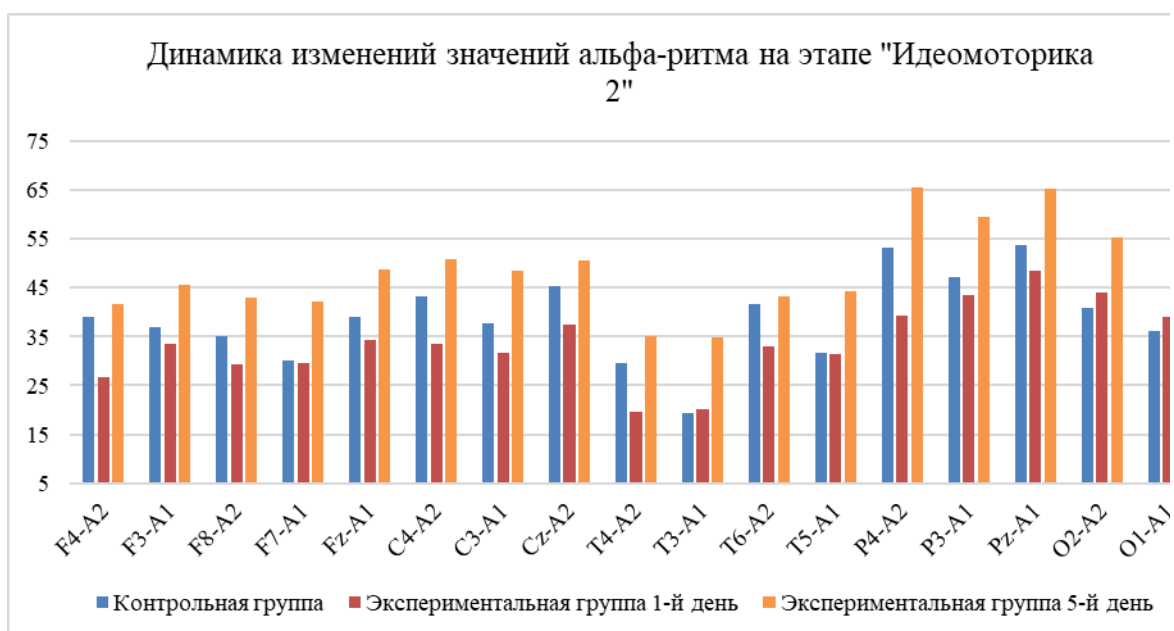


Рисунок 17. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа-ритма в контрольной и экспериментальной группах по 17 отведениям ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 2».

Таблица 21. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13 Гц) на ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 2» спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | |
|------------|--------------------|--------------------------|-------------|
| | | 1-й день | 5-й день |
| F4-A2 | 39,17±5,88 | 23,81±4,90 | 36,99±10,03 |
| F3-A1 | 36,84±4,71 | 29,76±6,43 | 40,56±9,80 |
| F8-A2 | 35,20±5,67 | 26,11±6,31 | 38,32±9,86 |
| F7-A1 | 27,08±5,56 | 26,20±6,52 | 37,56±10,27 |
| Fz-A1 | 39,00±4,70 | 30,45±6,96 | 43,33±9,67 |
| C4-A2 | 43,24±5,98 | 29,75±6,46 | 45,32±9,66 |
| C3-A1 | 37,75±5,47 | 28,21±6,01 | 43,04±9,19 |
| Cz-A2 | 45,45±6,95 | 33,38±7,09 | 44,99±9,63 |
| T4-A2 | 29,69±4,85 | 17,44±5,19 | 31,24±9,77 |
| T3-A1 | 19,28±2,45 | 17,81±5,19 | 30,86±9,81 |

| | | | |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| T6-A2 | 41,58±4,24 | 29,29±7,92 | 38,49±10,02 |
| T5-A1 | 28,46±5,21 | 27,83±8,26 | 39,48±9,45 |
| P4-A2 | 53,15±6,18 | 34,96±9,64 | 58,39±10,30 |
| P3-A1 | 47,08±5,76 | 38,63±9,83 | 53,01±9,18 |
| Pz-A1 | 53,69±6,29 | 43,15±10,05 | 58,16±9,31 |
| O2-A2 | 43,58±5,42 | 39,18±9,81 | 49,08±9,61 |
| O1-A1 | 36,18±3,25* | 34,63±10,01 | 48,40±9,13* |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$

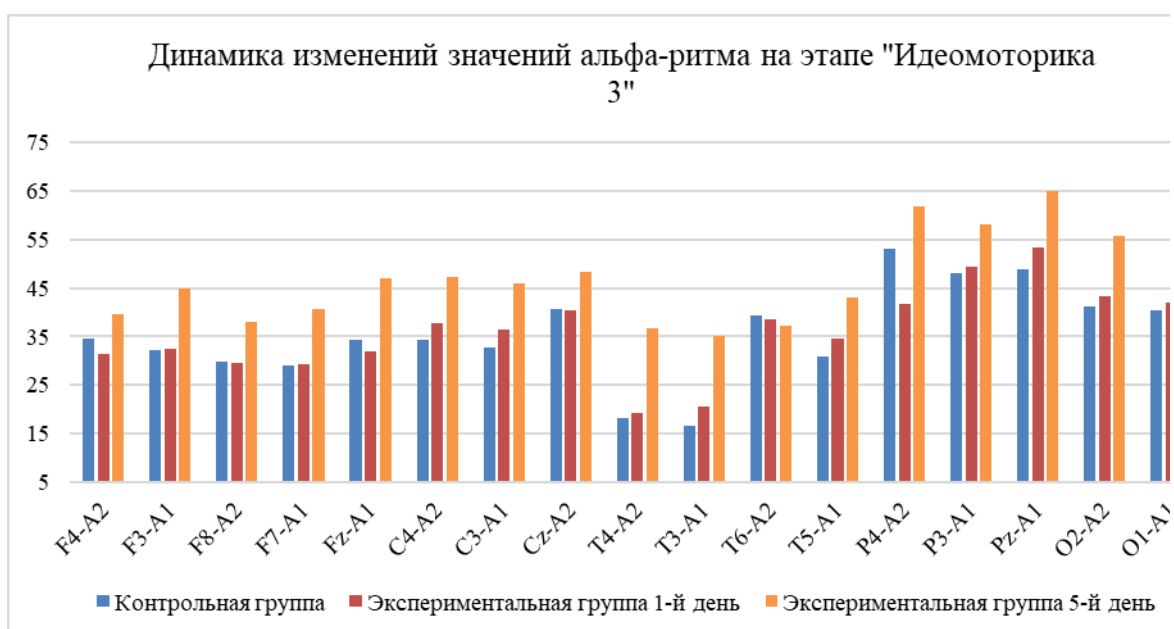


Рисунок 18. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа-ритма в контрольной и экспериментальной группах по 17 отведениям ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 3».

Таблица 22. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13 Гц) на ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 3»

спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | |
|---------------|-----------------------|--------------------------|-------------|
| | | 1-й день | 5-й день |
| F4-A2 | 34,71±5,12 | 27,96±6,07 | 35,16±10,21 |
| F3-A1 | 32,17±4,31 | 28,87±6,41 | 39,85±11,15 |
| F8-A2 | 29,96±4,79 | 26,24±6,14 | 33,89±10,71 |
| F7-A1 | 26,05±4,83 | 26,08±6,52 | 36,22±11,52 |
| Fz-A1 | 34,39±4,89 | 28,46±6,15 | 41,82±11,02 |
| C4-A2 | 34,31±4,63 | 33,61±7,40 | 41,97±10,52 |
| C3-A1 | 32,85±3,98 | 32,29±6,96 | 40,89±10,36 |
| Cz-A2 | 40,75±5,38 | 35,89±7,56 | 43,01±10,52 |
| T4-A2 | 18,09±2,59 | 17,25±5,23 | 32,70±10,35 |
| T3-A1 | 16,68±2,37 | 18,36±4,99 | 31,12±10,64 |
| T6-A2 | 39,46±4,64 | 34,22±8,76 | 33,00±10,62 |
| T5-A1 | 27,72±5,05 | 30,84±8,39 | 38,20±10,13 |
| P4-A2 | 53,08±6,02 | 37,14±9,45 | 55,00±10,55 |
| P3-A1 | 48,04±5,48 | 43,86±10,29 | 51,57±9,88 |
| Pz-A1 | 48,93±5,97 | 47,43±10,45 | 57,78±9,91 |
| O2-A2 | 43,96±5,99 | 38,53±9,50 | 49,48±9,48 |
| O1-A1 | 40,37±6,26 | 37,28±9,61 | 46,35±9,07 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ДАННЫЕ АНАЛИЗА АЛЬФА-РИТМА (8-13ГЦ).
ВНУТРИГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ

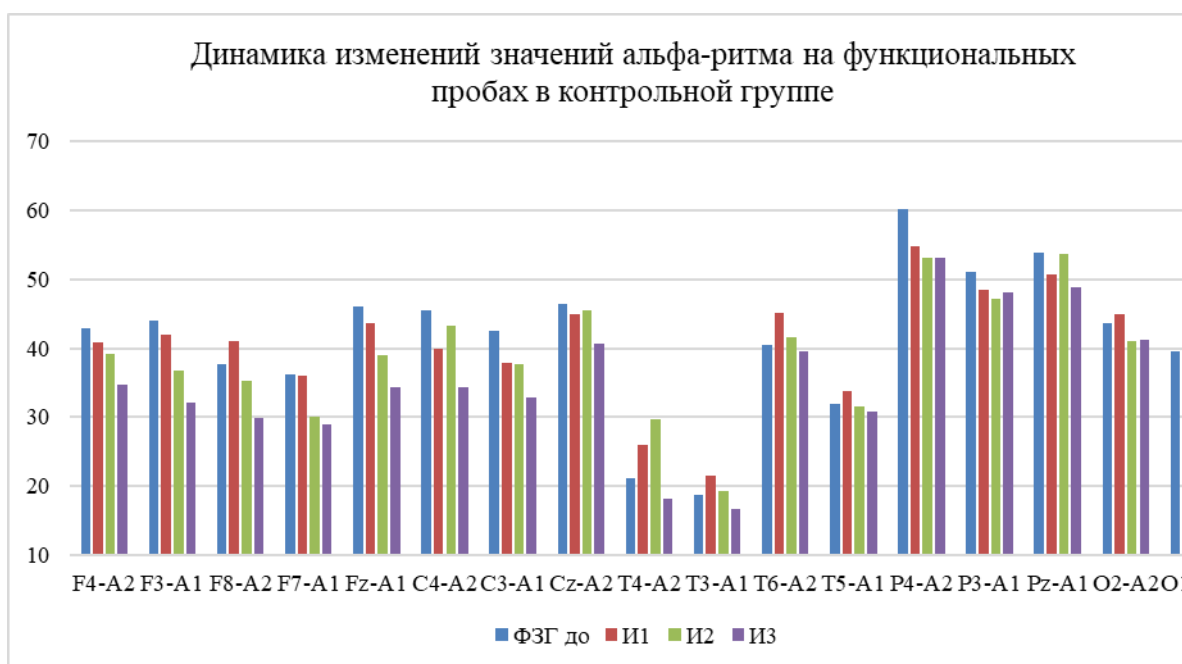


Рисунок 19. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа-ритма в контрольной группе по 10 отведениям ЭЭГ на функциональных пробах.

Таблица 23. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в фоне с закрытыми глазами с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|------------|----------------------|------------|------------|-------------|
| | ФЗГ до | И1 | И2 | И3 |
| O2-A2 | 43,53±2,90 | 44,02±4,93 | 43,58±5,42 | 43,96±5,99 |
| O1-A1 | 39,52±4,20 | 41,84±5,00 | 36,18±3,25 | 40,37±6,26 |
| P4-A2 | 60,21±5,57 | 54,70±6,80 | 53,15±6,18 | 53,08±6,02 |
| P3-A1 | 51,13±6,19 | 48,54±5,57 | 47,08±5,76 | 48,04±5,48 |
| C4-A2 | 45,46±6,08 | 39,83±5,99 | 43,24±5,98 | 34,31±4,63* |
| C3-A1 | 42,54±6,66 | 37,83±4,81 | 37,75±5,47 | 32,85±3,98 |

| | | | | |
|-------|------------|------------|-------------|-------------|
| F4-A2 | 42,86±5,12 | 40,77±5,19 | 39,17±5,88 | 34,71±5,12 |
| F3-A1 | 44,02±5,41 | 42,04±5,15 | 36,84±4,71* | 32,17±4,31* |
| T6-A2 | 40,51±5,56 | 45,09±4,51 | 41,58±4,24 | 39,46±4,64 |
| T5-A1 | 31,85±4,30 | 30,35±5,53 | 28,46±5,21 | 27,72±5,05 |
| T4-A2 | 21,17±5,07 | 26,06±3,24 | 29,69±4,85* | 18,09±2,59 |
| T3-A1 | 18,78±4,60 | 21,58±4,15 | 19,28±2,45 | 16,68±2,37 |
| F8-A2 | 37,61±5,11 | 41,08±5,58 | 35,20±5,67 | 29,96±4,79 |
| F7-A1 | 36,15±4,21 | 32,49±6,14 | 27,08±5,56 | 26,05±4,83 |
| Pz-A1 | 53,90±6,02 | 50,72±6,98 | 53,69±6,29 | 48,93±5,97 |
| Cz-A2 | 46,33±6,13 | 44,94±6,67 | 45,45±6,95 | 40,75±5,38 |
| Fz-A1 | 46,11±5,26 | 43,64±5,25 | 39,00±4,70* | 34,39±4,89 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 24. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в пробе «Идеомоторика 1» (И1) с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|------------|------------|-------------|
| | И1 | ФЗГ до | И2 | И3 |
| O2-A2 | 44,02±4,93 | 43,53±2,90 | 43,58±5,42 | 43,96±5,99 |
| O1-A1 | 41,84±5,00 | 39,52±4,20 | 36,18±3,25 | 40,37±6,26 |
| P4-A2 | 54,70±6,80 | 60,21±5,57 | 53,15±6,18 | 53,08±6,02 |
| P3-A1 | 48,54±5,57 | 51,13±6,19 | 47,08±5,76 | 48,04±5,48 |
| C4-A2 | 39,83±5,99 | 45,46±6,08 | 43,24±5,98 | 34,31±4,63 |
| C3-A1 | 37,83±4,81 | 42,54±6,66 | 37,75±5,47 | 32,85±3,98 |
| F4-A2 | 40,77±5,19 | 42,86±5,12 | 39,17±5,88 | 34,71±5,12 |
| F3-A1 | 42,04±5,15 | 44,02±5,41 | 36,84±4,71 | 32,17±4,31* |
| T6-A2 | 45,09±4,51 | 40,51±5,56 | 41,58±4,24 | 39,46±4,64 |
| T5-A1 | 30,35±5,53 | 31,85±4,30 | 28,46±5,21 | 27,72±5,05 |

| | | | | |
|-------|------------|------------|------------|-------------|
| T4-A2 | 26,06±3,24 | 21,17±5,07 | 29,69±4,85 | 18,09±2,59 |
| T3-A1 | 21,58±4,15 | 18,78±4,60 | 19,28±2,45 | 16,68±2,37 |
| F8-A2 | 41,08±5,58 | 37,61±5,11 | 35,20±5,67 | 29,96±4,79* |
| F7-A1 | 32,49±6,14 | 36,15±4,21 | 27,08±5,56 | 26,05±4,83* |
| Pz-A1 | 50,72±6,98 | 53,90±6,02 | 53,69±6,29 | 48,93±5,97 |
| Cz-A2 | 44,94±6,67 | 46,33±6,13 | 45,45±6,95 | 40,75±5,38 |
| Fz-A1 | 43,64±5,25 | 46,11±5,26 | 39,00±4,70 | 34,39±4,89* |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 25. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в пробе «Идеомоторика 2» (И2) с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|------------|----------------------|-------------|------------|-------------|
| | И2 | ФЗГ до | И1 | И3 |
| O2-A2 | 43,58±5,42 | 43,53±2,90 | 44,02±4,93 | 43,96±5,99 |
| O1-A1 | 36,18±3,25 | 39,52±4,20 | 41,84±5,00 | 40,37±6,26 |
| P4-A2 | 53,15±6,18 | 60,21±5,57 | 54,70±6,80 | 53,08±6,02 |
| P3-A1 | 47,08±5,76 | 51,13±6,19 | 48,54±5,57 | 48,04±5,48 |
| C4-A2 | 43,24±5,98 | 45,46±6,08 | 39,83±5,99 | 34,31±4,63* |
| C3-A1 | 37,75±5,47 | 42,54±6,66 | 37,83±4,81 | 32,85±3,98 |
| F4-A2 | 39,17±5,88 | 42,86±5,12 | 40,77±5,19 | 34,71±5,12 |
| F3-A1 | 36,84±4,71 | 44,02±5,41* | 42,04±5,15 | 32,17±4,31 |
| T6-A2 | 41,58±4,24 | 40,51±5,56 | 45,09±4,51 | 39,46±4,64 |
| T5-A1 | 28,46±5,21 | 31,85±4,30 | 30,35±5,53 | 27,72±5,05 |
| T4-A2 | 29,69±4,85 | 21,17±5,07* | 26,06±3,24 | 18,09±2,59* |
| T3-A1 | 19,28±2,45 | 18,78±4,60 | 21,58±4,15 | 16,68±2,37 |
| F8-A2 | 35,20±5,67 | 37,61±5,11 | 41,08±5,58 | 29,96±4,79 |
| F7-A1 | 27,08±5,56 | 36,15±4,21 | 32,49±6,14 | 26,05±4,83 |

| | | | | |
|-------|------------|-------------|------------|------------|
| Pz-A1 | 53,69±6,29 | 53,90±6,02 | 50,72±6,98 | 48,93±5,97 |
| Cz-A2 | 45,45±6,95 | 46,33±6,13 | 44,94±6,67 | 40,75±5,38 |
| Fz-A1 | 39,00±4,70 | 46,11±5,26* | 43,64±5,25 | 34,39±4,89 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 26. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в пробе «Идеомоторика 3» (ИЗ) с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | ИЗ | ФЗГ до | И1 | И2 |
| O2-A2 | 43,96±5,99 | 43,53±2,90 | 44,02±4,93 | 43,58±5,42 |
| O1-A1 | 40,37±6,26 | 39,52±4,20 | 41,84±5,00 | 36,18±3,25 |
| P4-A2 | 53,08±6,02 | 60,21±5,57* | 54,70±6,80 | 53,15±6,18 |
| P3-A1 | 48,04±5,48 | 51,13±6,19 | 48,54±5,57 | 47,08±5,76 |
| C4-A2 | 34,31±4,63 | 45,46±6,08* | 39,83±5,99 | 43,24±5,98* |
| C3-A1 | 32,85±3,98 | 42,54±6,66 | 37,83±4,81 | 37,75±5,47 |
| F4-A2 | 34,71±5,12 | 42,86±5,12 | 40,77±5,19 | 39,17±5,88 |
| F3-A1 | 32,17±4,31 | 44,02±5,41* | 42,04±5,15* | 36,84±4,71 |
| T6-A2 | 39,46±4,64 | 40,51±5,56 | 45,09±4,51 | 41,58±4,24 |
| T5-A1 | 27,72±5,05 | 31,85±4,30 | 30,35±5,53 | 28,46±5,21 |
| T4-A2 | 18,09±2,59 | 21,17±5,07 | 26,06±3,24 | 29,69±4,85* |
| T3-A1 | 16,68±2,37 | 18,78±4,60 | 21,58±4,15 | 19,28±2,45 |
| F8-A2 | 29,96±4,79 | 37,61±5,11 | 41,08±5,58* | 35,20±5,67 |
| F7-A1 | 26,05±4,83 | 36,15±4,21 | 32,49±6,14* | 27,08±5,56 |
| Pz-A1 | 48,93±5,97 | 53,90±6,02 | 50,72±6,98 | 53,69±6,29 |
| Cz-A2 | 40,75±5,38 | 46,33±6,13 | 44,94±6,67 | 45,45±6,95 |
| Fz-A1 | 34,39±4,89 | 46,11±5,26* | 43,64±5,25 | 39,00±4,70 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

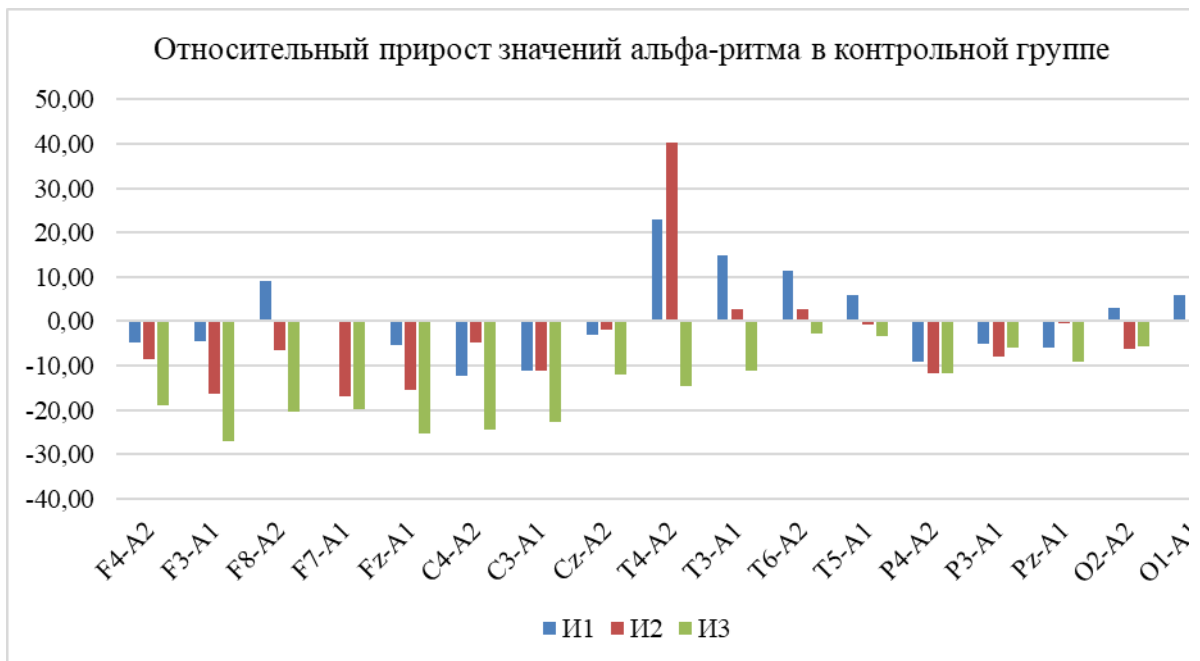


Рисунок 20. Относительный прирост/убыль значений мощности альфа-ритма на функциональных пробах к фону в контрольной группе.

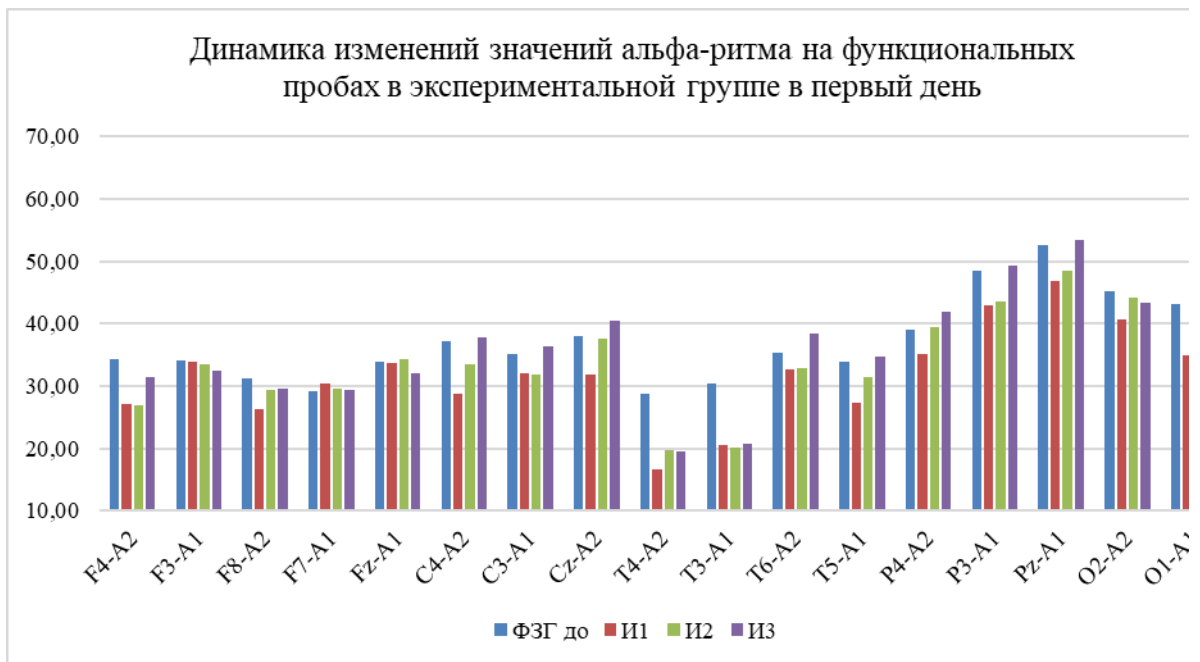


Рисунок 21. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа-ритма в экспериментальной группе по 17 отведениям ЭЭГ на функциональных пробах в первый день

Таблица 27. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в фоне с закрытыми глазами с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | ФЗГ до | И1 | И2 | И3 |
| O2-A2 | 40,09±8,93 | 39,36±10,27 | 39,18±9,81 | 38,53±9,50 |
| O1-A1 | 38,40±9,96 | 34,27±11,14 | 34,63±10,01 | 37,28±9,61 |
| P4-A2 | 34,74±9,56 | 33,01±10,01 | 34,96±9,64 | 37,14±9,45 |
| P3-A1 | 43,07±9,42 | 40,46±9,85 | 38,63±9,83 | 43,86±10,29 |
| C4-A2 | 33,10±6,79 | 28,11±6,61* | 29,75±6,46 | 33,61±7,40 |
| C3-A1 | 31,18±6,73 | 30,42±6,44 | 28,21±6,01 | 32,29±6,96 |
| F4-A2 | 30,50±5,96 | 26,16±5,59* | 23,81±4,90* | 27,96±6,07 |
| F3-A1 | 30,34±5,95 | 31,41±6,32 | 29,76±6,43 | 28,87±6,41 |
| T6-A2 | 31,34±8,16 | 30,83±8,94 | 29,29±7,92 | 34,22±8,76 |
| T5-A1 | 30,17±8,89 | 26,27±9,38 | 27,83±8,26 | 30,84±8,39 |
| T4-A2 | 25,63±6,94 | 17,18±4,99 | 17,44±5,19 | 17,25±5,23 |
| T3-A1 | 26,92±7,13 | 19,97±6,07 | 17,81±5,19 | 18,36±4,99 |
| F8-A2 | 27,78±6,09 | 26,51±6,29 | 26,11±6,31 | 26,24±6,14 |
| F7-A1 | 25,98±5,17 | 28,76±6,72 | 26,20±6,52 | 26,08±6,52 |
| Pz-A1 | 46,72±9,45 | 42,71±9,25 | 43,15±10,05 | 47,43±10,45 |
| Cz-A2 | 33,85±7,13 | 30,26±6,97 | 33,38±7,09 | 35,89±7,56 |
| Fz-A1 | 30,09±5,67 | 30,78±6,37 | 30,45±6,96 | 28,46±6,15 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 28. Внутригрупповые различия относительных значений

мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в пробе «Идеомоторика 1» (И1) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | И1 | ФЗГ до | И2 | И3 |
| O2-A2 | 39,36±10,27 | 40,09±8,93 | 39,18±9,81 | 38,53±9,50 |
| O1-A1 | 34,27±11,14 | 38,40±9,96 | 34,63±10,01 | 37,28±9,61 |
| P4-A2 | 33,01±10,01 | 34,74±9,56 | 34,96±9,64 | 37,14±9,45 |
| P3-A1 | 40,46±9,85 | 43,07±9,42 | 38,63±9,83* | 43,86±10,29 |
| C4-A2 | 28,11±6,61 | 33,10±6,79* | 29,75±6,46 | 33,61±7,40 |
| C3-A1 | 30,42±6,44 | 31,18±6,73 | 28,21±6,01 | 32,29±6,96 |
| F4-A2 | 26,16±5,59 | 30,50±5,96* | 23,81±4,90 | 27,96±6,07 |
| F3-A1 | 31,41±6,32 | 30,34±5,95 | 29,76±6,43 | 28,87±6,41 |
| T6-A2 | 30,83±8,94 | 31,34±8,16 | 29,29±7,92 | 34,22±8,76 |
| T5-A1 | 26,27±9,38 | 30,17±8,89 | 27,83±8,26 | 30,84±8,39 |
| T4-A2 | 17,18±4,99 | 25,63±6,94 | 17,44±5,19 | 17,25±5,23 |
| T3-A1 | 19,97±6,07 | 26,92±7,13 | 17,81±5,19 | 18,36±4,99 |
| F8-A2 | 26,51±6,29 | 27,78±6,09 | 26,11±6,31 | 26,24±6,14 |
| F7-A1 | 28,76±6,72 | 25,98±5,17 | 26,20±6,52 | 26,08±6,52 |
| Pz-A1 | 42,71±9,25 | 46,72±9,45 | 43,15±10,05 | 47,43±10,45 |
| Cz-A2 | 30,26±6,97 | 33,85±7,13 | 33,38±7,09 | 35,89±7,56 |
| Fz-A1 | 30,78±6,37 | 30,09±5,67 | 30,45±6,96 | 28,46±6,15 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 29. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в пробе «Идеомоторика 2» (И2) с другими

функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|--------------|
| | И2 | ФЗГ до | И1 | И3 |
| O2-A2 | 39,18±9,81 | 40,09±8,93 | 39,36±10,27 | 38,53±9,50 |
| O1-A1 | 34,63±10,01 | 38,40±9,96 | 34,27±11,14 | 37,28±9,61 |
| P4-A2 | 34,96±9,64 | 34,74±9,56 | 33,01±10,01 | 37,14±9,45 |
| P3-A1 | 38,63±9,83 | 43,07±9,42 | 40,46±9,85* | 43,86±10,29* |
| C4-A2 | 29,75±6,46 | 33,10±6,79 | 28,11±6,61 | 33,61±7,40 |
| C3-A1 | 28,21±6,01 | 31,18±6,73 | 30,42±6,44 | 32,29±6,96 |
| F4-A2 | 23,81±4,90 | 30,50±5,96* | 26,16±5,59 | 27,96±6,07 |
| F3-A1 | 29,76±6,43 | 30,34±5,95 | 31,41±6,32 | 28,87±6,41 |
| T6-A2 | 29,29±7,92 | 31,34±8,16 | 30,83±8,94 | 34,22±8,76 |
| T5-A1 | 27,83±8,26 | 30,17±8,89 | 26,27±9,38 | 30,84±8,39 |
| T4-A2 | 17,44±5,19 | 25,63±6,94 | 17,18±4,99 | 17,25±5,23 |
| T3-A1 | 17,81±5,19 | 26,92±7,13 | 19,97±6,07 | 18,36±4,99 |
| F8-A2 | 26,11±6,31 | 27,78±6,09 | 26,51±6,29 | 26,24±6,14 |
| F7-A1 | 26,20±6,52 | 25,98±5,17 | 28,76±6,72 | 26,08±6,52 |
| Pz-A1 | 43,15±10,05 | 46,72±9,45 | 42,71±9,25 | 47,43±10,45 |
| Cz-A2 | 33,38±7,09 | 33,85±7,13 | 30,26±6,97 | 35,89±7,56 |
| Fz-A1 | 30,45±6,96 | 30,09±5,67 | 30,78±6,37 | 28,46±6,15 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 30. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в пробе «Идеомоторика 3» (И3) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в

первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|------------|-------------|-------------|
| | ИЗ | ФЗГ до | И1 | И2 |
| O2-A2 | 38,53±9,50 | 40,09±8,93 | 39,36±10,27 | 39,18±9,81 |
| O1-A1 | 37,28±9,61 | 38,40±9,96 | 34,27±11,14 | 34,63±10,01 |
| P4-A2 | 37,14±9,45 | 34,74±9,56 | 33,01±10,01 | 34,96±9,64 |
| P3-A1 | 43,86±10,29 | 43,07±9,42 | 40,46±9,85 | 38,63±9,83* |
| C4-A2 | 33,61±7,40 | 33,10±6,79 | 28,11±6,61 | 29,75±6,46 |
| C3-A1 | 32,29±6,96 | 31,18±6,73 | 30,42±6,44 | 28,21±6,01 |
| F4-A2 | 27,96±6,07 | 30,50±5,96 | 26,16±5,59 | 23,81±4,90 |
| F3-A1 | 28,87±6,41 | 30,34±5,95 | 31,41±6,32 | 29,76±6,43 |
| T6-A2 | 34,22±8,76 | 31,34±8,16 | 30,83±8,94 | 29,29±7,92 |
| T5-A1 | 30,84±8,39 | 30,17±8,89 | 26,27±9,38 | 27,83±8,26 |
| T4-A2 | 17,25±5,23 | 25,63±6,94 | 17,18±4,99 | 17,44±5,19 |
| T3-A1 | 18,36±4,99 | 26,92±7,13 | 19,97±6,07 | 17,81±5,19 |
| F8-A2 | 26,24±6,14 | 27,78±6,09 | 26,51±6,29 | 26,11±6,31 |
| F7-A1 | 26,08±6,52 | 25,98±5,17 | 28,76±6,72 | 26,20±6,52 |
| Pz-A1 | 47,43±10,45 | 46,72±9,45 | 42,71±9,25 | 43,15±10,05 |
| Cz-A2 | 35,89±7,56 | 33,85±7,13 | 30,26±6,97 | 33,38±7,09 |
| Fz-A1 | 28,46±6,15 | 30,09±5,67 | 30,78±6,37 | 30,45±6,96 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

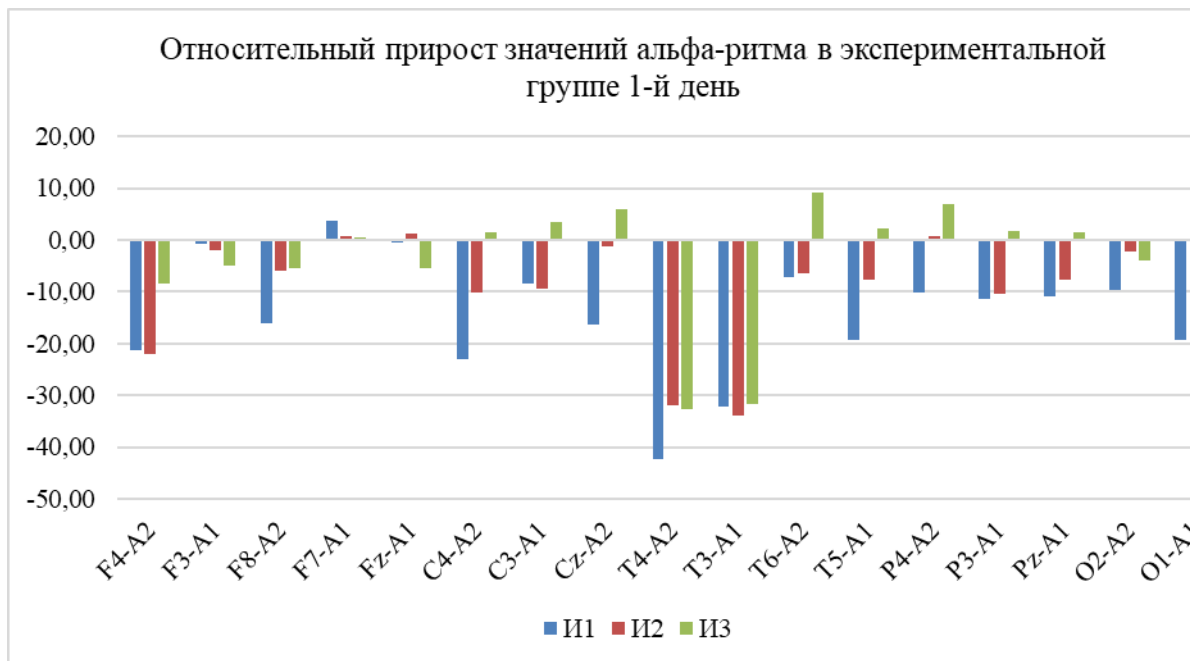


Рисунок 22. Относительный прирост/убыль значений мощности альфа-ритма на функциональных пробах к фону в экспериментальной группе в первый день регистрации ЭЭГ.

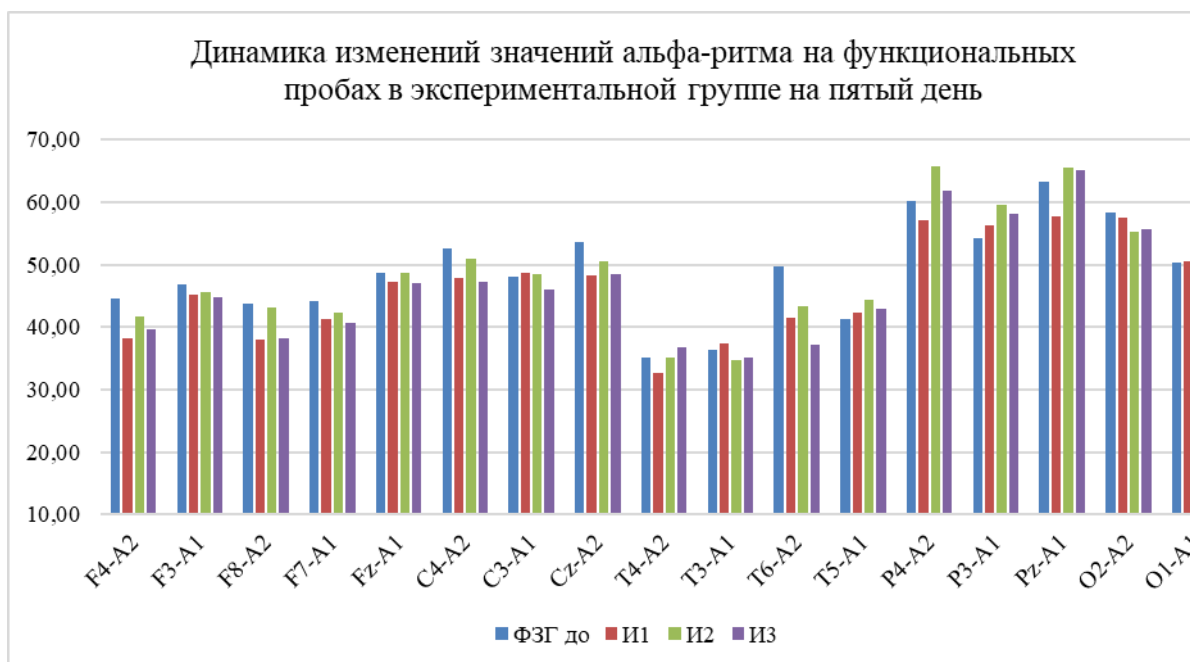


Рисунок 23. Динамика изменений относительных значений мощностей альфа-ритма в экспериментальной группе по 17 отведениям ЭЭГ на функциональных пробах на пятый день.

Таблица 31. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в фоне с закрытыми глазами с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на пятый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | ФЗГ до | И1 | И2 | И3 |
| O2-A2 | 51,88±10,95 | 50,97±10,40 | 49,08±9,61 | 49,48±9,48 |
| O1-A1 | 44,77±9,53 | 44,61±9,21 | 48,40±9,13 | 46,35±9,07 |
| P4-A2 | 53,49±10,09 | 50,92±10,55 | 58,39±10,30 | 55,00±10,55 |
| P3-A1 | 48,25±9,74 | 48,59±9,77 | 53,01±9,18 | 51,57±9,88 |
| C4-A2 | 46,72±9,72 | 44,20±10,36 | 45,32±9,66 | 41,97±10,52 |
| C3-A1 | 42,76±9,66 | 43,55±10,25 | 43,04±9,19 | 40,89±10,36 |
| F4-A2 | 39,68±10,02 | 34,96±10,73 | 36,99±10,03 | 35,16±10,21 |
| F3-A1 | 41,58±10,47 | 39,70±11,21 | 40,56±9,80 | 39,85±11,15 |
| T6-A2 | 44,10±10,84 | 38,68±10,57 | 38,49±10,02 | 33,00±10,62 |
| T5-A1 | 36,73±9,26 | 34,89±10,11 | 39,48±9,45 | 38,20±10,13 |
| T4-A2 | 31,14±9,88 | 29,37±10,09 | 31,24±9,77 | 32,70±10,35 |
| T3-A1 | 32,23±9,49 | 33,35±10,77 | 30,86±9,81 | 31,12±10,64 |
| F8-A2 | 38,92±10,55 | 35,20±10,53 | 38,32±9,86 | 33,89±10,71 |
| F7-A1 | 39,21±10,56 | 37,22±11,31 | 37,56±10,27 | 36,22±11,52 |
| Pz-A1 | 56,16±9,46 | 51,70±9,57 | 58,16±9,31 | 57,78±9,91 |
| Cz-A2 | 47,73±9,52 | 45,85±10,32 | 44,99±9,63 | 43,01±10,52 |
| Fz-A1 | 43,18±10,40 | 41,12±10,97 | 43,33±9,67 | 41,82±11,02 |

Таблица 32. Внутригрупповые различия относительных значений

мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в пробе «Идеомоторика 1» (И1) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на пятый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | И1 | ФЗГ до | И2 | И3 |
| O2-A2 | 50,97±10,40 | 51,88±10,95 | 49,08±9,61 | 49,48±9,48 |
| O1-A1 | 44,61±9,21 | 44,77±9,53 | 48,40±9,13 | 46,35±9,07 |
| P4-A2 | 50,92±10,55 | 53,49±10,09 | 58,39±10,30 | 55,00±10,55 |
| P3-A1 | 48,59±9,77 | 48,25±9,74 | 53,01±9,18 | 51,57±9,88 |
| C4-A2 | 44,20±10,36 | 46,72±9,72 | 45,32±9,66 | 41,97±10,52 |
| C3-A1 | 43,55±10,25 | 42,76±9,66 | 43,04±9,19 | 40,89±10,36 |
| F4-A2 | 34,96±10,73 | 39,68±10,02 | 36,99±10,03 | 35,16±10,21 |
| F3-A1 | 39,70±11,21 | 41,58±10,47 | 40,56±9,80 | 39,85±11,15 |
| T6-A2 | 38,68±10,57 | 44,10±10,84 | 38,49±10,02 | 33,00±10,62 |
| T5-A1 | 34,89±10,11 | 36,73±9,26 | 39,48±9,45 | 38,20±10,13 |
| T4-A2 | 29,37±10,09 | 31,14±9,88 | 31,24±9,77 | 32,70±10,35 |
| T3-A1 | 33,35±10,77 | 32,23±9,49 | 30,86±9,81 | 31,12±10,64 |
| F8-A2 | 35,20±10,53 | 38,92±10,55 | 38,32±9,86 | 33,89±10,71 |
| F7-A1 | 37,22±11,31 | 39,21±10,56 | 37,56±10,27 | 36,22±11,52 |
| Pz-A1 | 51,70±9,57 | 56,16±9,46 | 58,16±9,31 | 57,78±9,91 |
| Cz-A2 | 45,85±10,32 | 47,73±9,52 | 44,99±9,63 | 43,01±10,52 |
| Fz-A1 | 41,12±10,97 | 43,18±10,40 | 43,33±9,67 | 41,82±11,02 |

Таблица 33. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в пробе «Идеомоторика 2» (И2) с другими

функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на пятый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|--------------|
| | И2 | ФЗГ до | И1 | И3 |
| O2-A2 | 49,08±9,61 | 51,88±10,95 | 50,97±10,40 | 49,48±9,48 |
| O1-A1 | 48,40±9,13 | 44,77±9,53 | 44,61±9,21 | 46,35±9,07 |
| P4-A2 | 58,39±10,30 | 53,49±10,09 | 50,92±10,55 | 55,00±10,55 |
| P3-A1 | 53,01±9,18 | 48,25±9,74 | 48,59±9,77 | 51,57±9,88 |
| C4-A2 | 45,32±9,66 | 46,72±9,72 | 44,20±10,36 | 41,97±10,52 |
| C3-A1 | 43,04±9,19 | 42,76±9,66 | 43,55±10,25 | 40,89±10,36 |
| F4-A2 | 36,99±10,03 | 39,68±10,02 | 34,96±10,73 | 35,16±10,21 |
| F3-A1 | 40,56±9,80 | 41,58±10,47 | 39,70±11,21 | 39,85±11,15 |
| T6-A2 | 38,49±10,02 | 44,10±10,84 | 38,68±10,57 | 33,00±10,62* |
| T5-A1 | 39,48±9,45 | 36,73±9,26 | 34,89±10,11 | 38,20±10,13 |
| T4-A2 | 31,24±9,77 | 31,14±9,88 | 29,37±10,09 | 32,70±10,35 |
| T3-A1 | 30,86±9,81 | 32,23±9,49 | 33,35±10,77 | 31,12±10,64 |
| F8-A2 | 38,32±9,86 | 38,92±10,55 | 35,20±10,53 | 33,89±10,71 |
| F7-A1 | 37,56±10,27 | 39,21±10,56 | 37,22±11,31 | 36,22±11,52 |
| Pz-A1 | 58,16±9,31 | 56,16±9,46 | 51,70±9,57 | 57,78±9,91 |
| Cz-A2 | 44,99±9,63 | 47,73±9,52 | 45,85±10,32 | 43,01±10,52 |
| Fz-A1 | 43,33±9,67 | 43,18±10,40 | 41,12±10,97 | 41,82±11,02 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 34. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей альфа-ритма (8-13Гц) в пробе «Идеомоторика 3» (И3) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на

пятый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|--------------|
| | ИЗ | ФЗГ до | И1 | И2 |
| O2-A2 | 49,48±9,48 | 51,88±10,95 | 50,97±10,40 | 49,08±9,61 |
| O1-A1 | 46,35±9,07 | 44,77±9,53 | 44,61±9,21 | 48,40±9,13 |
| P4-A2 | 55,00±10,55 | 53,49±10,09 | 50,92±10,55 | 58,39±10,30 |
| P3-A1 | 51,57±9,88 | 48,25±9,74 | 48,59±9,77 | 53,01±9,18 |
| C4-A2 | 41,97±10,52 | 46,72±9,72 | 44,20±10,36 | 45,32±9,66 |
| C3-A1 | 40,89±10,36 | 42,76±9,66 | 43,55±10,25 | 43,04±9,19 |
| F4-A2 | 35,16±10,21 | 39,68±10,02 | 34,96±10,73 | 36,99±10,03 |
| F3-A1 | 39,85±11,15 | 41,58±10,47 | 39,70±11,21 | 40,56±9,80 |
| T6-A2 | 33,00±10,62 | 44,10±10,84 | 38,68±10,57 | 38,49±10,02* |
| T5-A1 | 38,20±10,13 | 36,73±9,26 | 34,89±10,11 | 39,48±9,45 |
| T4-A2 | 32,70±10,35 | 31,14±9,88 | 29,37±10,09 | 31,24±9,77 |
| T3-A1 | 31,12±10,64 | 32,23±9,49 | 33,35±10,77 | 30,86±9,81 |
| F8-A2 | 33,89±10,71 | 38,92±10,55 | 35,20±10,53 | 38,32±9,86 |
| F7-A1 | 36,22±11,52 | 39,21±10,56 | 37,22±11,31 | 37,56±10,27 |
| Pz-A1 | 57,78±9,91 | 56,16±9,46 | 51,70±9,57 | 58,16±9,31 |
| Cz-A2 | 43,01±10,52 | 47,73±9,52 | 45,85±10,32 | 44,99±9,63 |
| Fz-A1 | 41,82±11,02 | 43,18±10,40 | 41,12±10,97 | 43,33±9,67 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

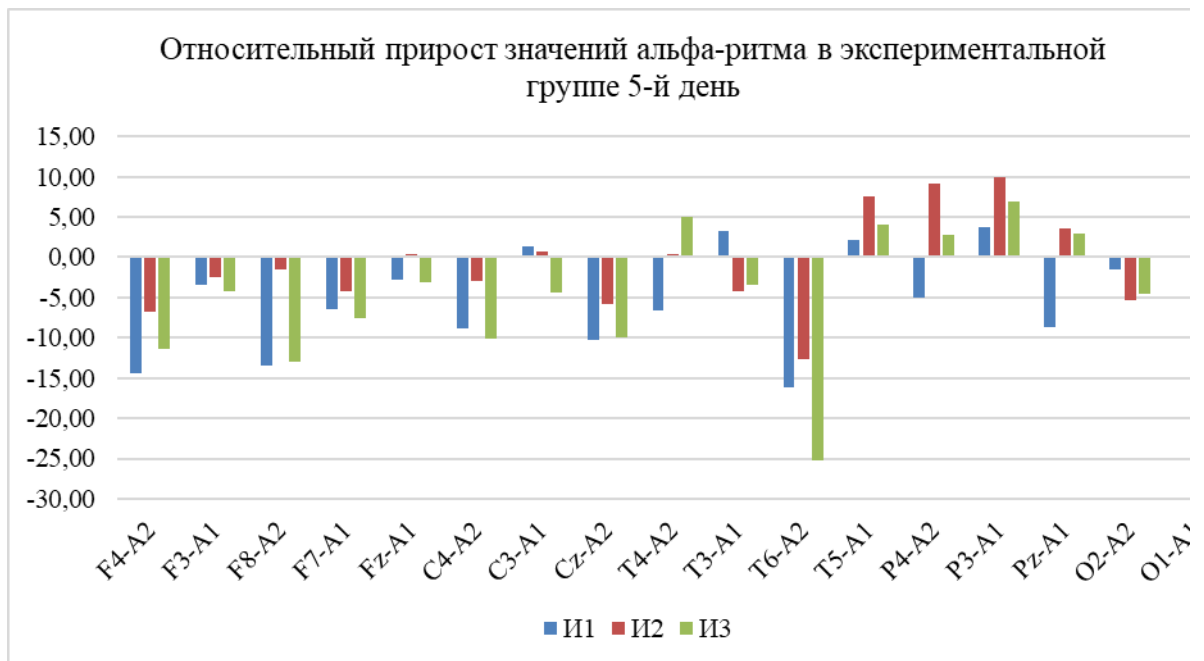


Рисунок 24. Относительный прирост/убыль значений мощности альфа-ритма на функциональных пробах к фону в экспериментальной группе на пятый день регистрации ЭЭГ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. РЕЗУЛЬТАТЫ КОГЕРЕНТНОГО АНАЛИЗА
АЛЬФА-РИТМА (8-13 ГЦ).

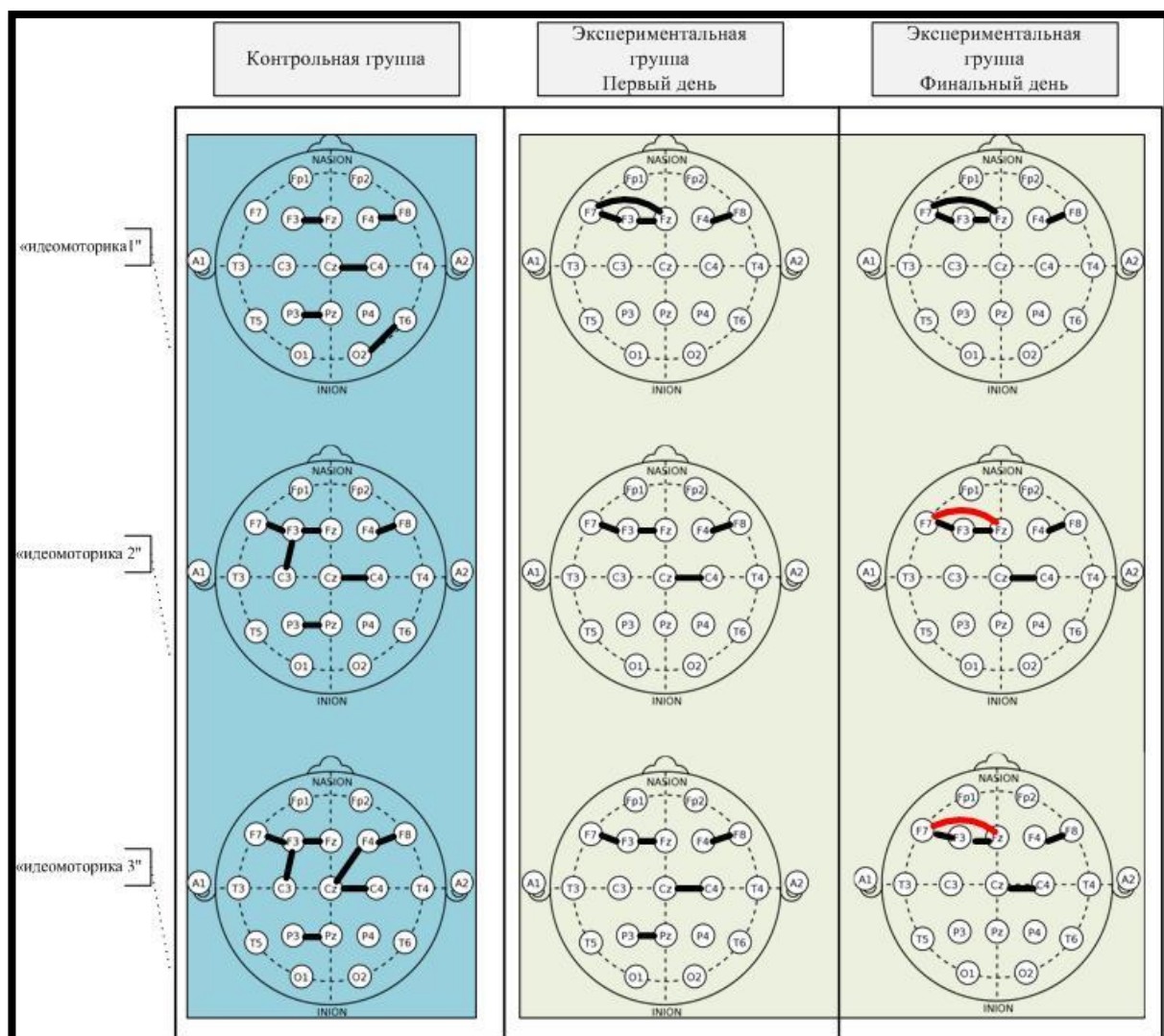


Рисунок 25. Связи между отведениями с высокими значениями уровня когерентности в альфа диапазоне частот в контрольной и экспериментальной (до и после воздействия) группах. В третьей колонке красным цветом обозначены связи, зарегистрированные после экспериментального воздействия.

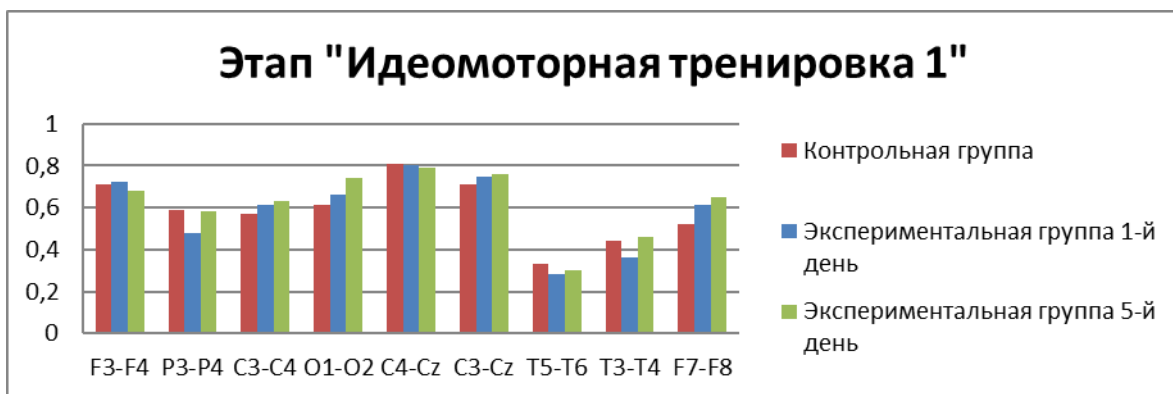


Рисунок 26. Сравнение средних по горизонтальным и центральным связям в альфа-диапазоне на этапе «Идеомоторика 1».

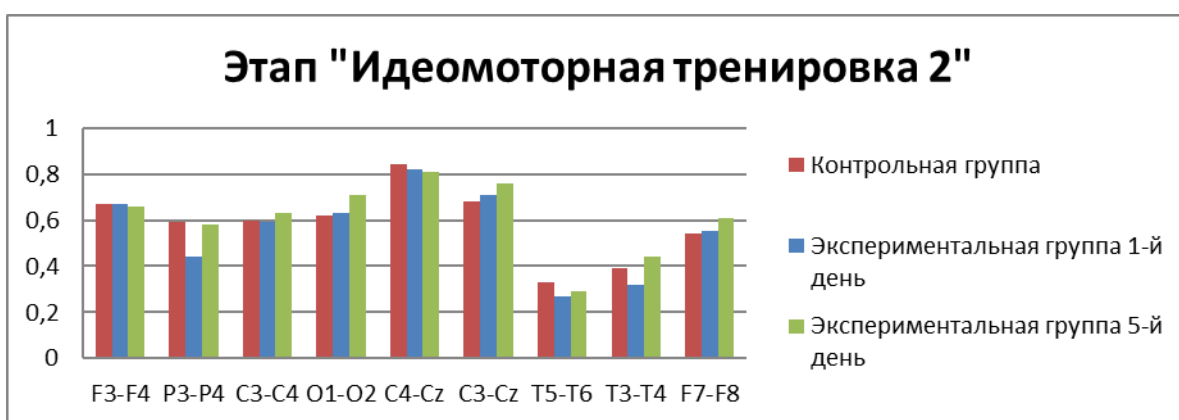


Рисунок 27. Сравнение средних по горизонтальным и центральным связям в альфа-диапазоне на этапе «Идеомоторика 2».

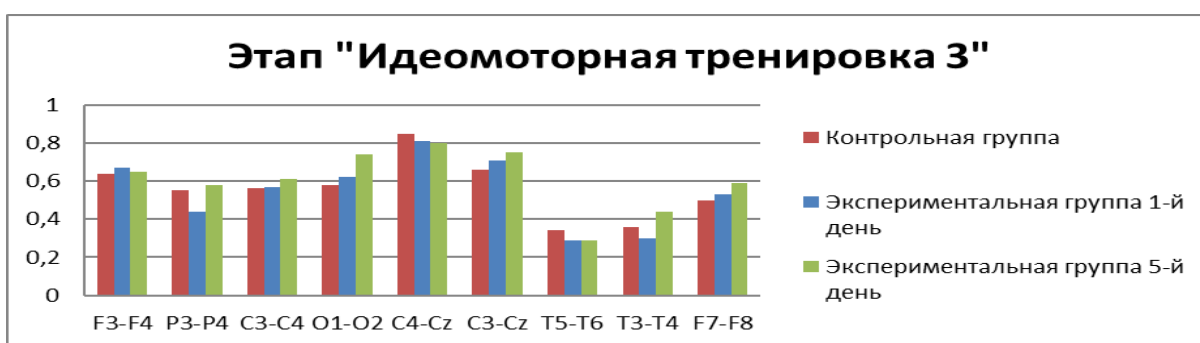


Рисунок 28. Сравнение средних по горизонтальным и центральным связям в альфа-диапазоне на этапе «Идеомоторика 3».

Таблица 35. Уровень значимости для различий между экспериментальными срезами экспериментальной группы в разных функциональных пробах.

| Статистика для межполушарных отведений | | | | | | |
|--|-------|-----------------------------|------|-----------------------------|-------|--------|
| "идеомоторная тренировка 1" | | "идеомоторная тренировка 2" | | "идеомоторная тренировка 3" | | |
| | До | После | | До | После | |
| F3F4 | 0,953 | | F3F4 | 0,173 | F3F4 | 0,674 |
| P3P4 | 0,173 | | P3P4 | 0,028 | P3P4 | 0,069 |
| C3C4 | 0,594 | | C3C4 | 0,066 | C3C4 | 0,089 |
| O1O2 | 0,161 | | O1O2 | 0,066 | O1O2 | 0,011 |
| C4Cz | 0,374 | | C4Cz | 0,678 | C4Cz | 0,0635 |
| C3Cz | 0,779 | | C3Cz | 0,033 | C3Cz | 0,173 |
| T5T6 | 0,441 | | T5T6 | 0,594 | T5T6 | 1 |
| T3T4 | 0,038 | | T3T4 | 0,015 | T3T4 | 0,008 |
| F7F8 | 0,155 | | F7F8 | 0,097 | F7F8 | 0,066 |

Примечание. Темно-зеленым цветом показаны значения $p < .05$, светло-зеленым – значения $.05 < p < 1$, иллюстрирующие устойчивую тенденцию сдвига, но не достигающие уровня $.05$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. ДАННЫЕ АНАЛИЗА БЕТА1-РИТМА (13-24 ГЦ).
МЕЖГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ

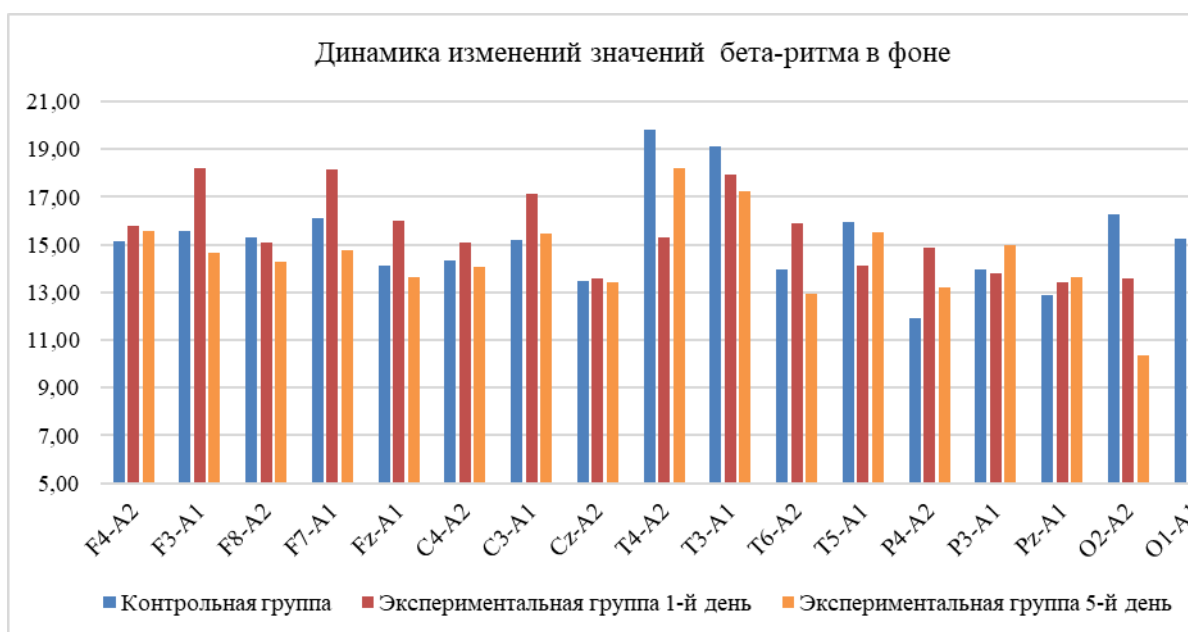


Рисунок 29. Динамика изменений относительных значений мощностей бета1-ритма в контрольной и экспериментальной группах по 17 отведениям ЭЭГ в фоне с закрытыми глазами.

Таблица 36. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24 Гц) на ЭЭГ в фоне с закрытыми глазами спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | | | | |
|------------|--------------------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 1-й день | 2-й день | 3-й день | 4-й день | 5-й день |
| F4-A2 | 15,15±2,34 | 15,78±1,95 | 18,02±3,33 | 19,51±2,41 | 15,19±2,93 | 15,55±4,12 |
| F3-A1 | 15,57±1,97 | 18,20±2,92 | 17,73±3,85 | 18,34±2,58 | 14,22±2,99 | 14,68±3,56 |
| F8-A2 | 15,29±2,48 | 15,06±2,12 | 15,91±3,72 | 18,27±2,42 | 12,50±2,36 | 14,28±3,65 |
| F7-A1 | 16,10±1,93 | 18,17±2,55 | 17,75±3,86 | 18,47±2,75 | 13,00±2,65 | 14,76±3,16 |
| Fz-A1 | 14,14±1,50 | 16,03±1,81 | 16,66±4,06 | 18,26±2,59 | 14,10±3,21 | 13,63±3,12 |
| C4-A2 | 14,31±2,03 | 15,07±2,08 | 17,07±3,40 | 19,15±1,80 | 14,71±2,69 | 14,05±2,72 |
| C3-A1 | 15,21±2,18 | 17,15±2,39 | 16,84±3,70 | 19,61±2,33 | 14,31±2,55 | 15,48±2,95 |

| | | | | | | |
|-------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Cz-A2 | 13,45±1,56 | 13,59±2,08 | 15,55±3,52 | 17,91±2,08 | 13,04±2,38 | 13,43±2,94 |
| T4-A2 | 19,82±3,62 | 15,27±2,13 | 15,43±2,91 | 22,51±2,43 | 19,57±3,36 | 18,22±2,98 |
| T3-A1 | 19,13±2,28 | 17,92±2,17 | 20,35±3,44 | 21,91±1,89 | 15,88±3,07 | 17,25±3,00 |
| T6-A2 | 13,98±2,08 | 15,89±2,52 | 16,97±3,20 | 17,15±2,27 | 11,16±2,08 | 12,91±2,67 |
| T5-A1 | 15,94±2,08 | 14,10±2,00 | 15,10±2,98 | 18,84±2,81 | 12,73±2,23 | 15,51±3,16 |
| P4-A2 | 11,93±1,42 | 14,89±2,42 | 14,76±3,99 | 17,57±2,84 | 10,69±2,48 | 13,20±2,67 |
| P3-A1 | 13,97±1,96 | 13,79±1,76 | 12,96±3,74 | 18,90±3,14 | 12,67±2,24 | 14,96±2,96 |
| Pz-A1 | 12,86±1,34 | 13,39±2,11 | 14,14±3,88 | 17,14±2,12 | 12,38±2,24 | 13,62±2,98 |
| O2-A2 | 16,26±1,58* | 13,59±1,82 | 13,32±3,17 | 13,92±1,75 | 9,93±1,66* | 10,37±1,89 |
| O1-A1 | 15,27±1,54 | 12,98±1,75 | 14,02±2,88 | 15,38±1,90 | 11,23±2,20 | 13,85±2,64 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.01$

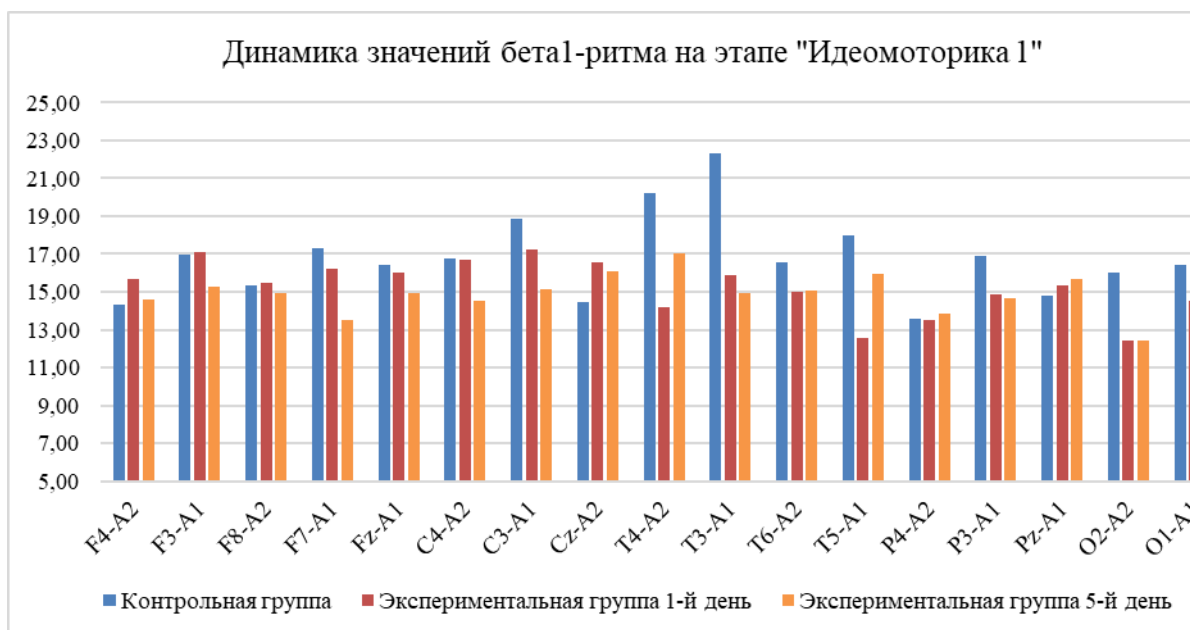


Рисунок 30. Динамика изменений относительных значений мощностей бета1-ритма в контрольной и экспериментальной группах по 17 отведениям ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 1».

Таблица 37. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24 Гц) на ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 1»

спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | | | | |
|---------------|-----------------------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 1-й день | 2-й день | 3-й день | 4-й день | 5-й день |
| F4-A2 | 14,31±1,65 | 15,67±2,83 | 17,95±3,31 | 17,41±2,20 | 16,15±3,16 | 14,56±4,05 |
| F3-A1 | 16,97±1,78 | 17,09±3,57 | 16,01±3,35 | 20,93±1,97 | 16,19±3,64 | 15,28±3,95 |
| F8-A2 | 15,33±1,91 | 15,46±3,44 | 16,23±3,36 | 17,54±1,45 | 14,47±2,70 | 14,96±3,73 |
| F7-A1 | 17,30±1,89 | 16,19±3,16 | 15,48±2,82 | 19,40±1,44 | 15,71±4,11 | 13,52±3,36 |
| Fz-A1 | 16,44±1,85 | 16,00±3,09 | 14,42±3,25 | 19,60±2,16 | 15,36±3,63 | 14,94±3,94 |
| C4-A2 | 16,78±1,59 | 16,67±3,24 | 16,75±3,33 | 19,46±1,86 | 14,60±2,18 | 14,50±3,14 |
| C3-A1 | 18,83±1,64 | 17,22±3,15 | 16,24±3,08 | 21,20±2,15 | 15,41±2,76 | 15,11±3,09 |
| Cz-A2 | 14,44±1,38 | 16,58±3,23 | 15,50±3,10 | 18,19±2,13 | 15,15±2,96 | 16,10±3,55 |
| T4-A2 | 20,20±0,98 | 14,21±3,56 | 18,51±4,04 | 22,18±3,16 | 16,66±2,91 | 17,05±2,99 |
| T3-A1 | 22,34±1,93 | 15,85±3,79 | 19,83±2,94 | 22,03±1,82 | 17,22±2,91 | 14,96±3,46 |
| T6-A2 | 16,59±1,75 | 15,00±3,05 | 16,00±3,34 | 17,55±2,80 | 13,22±1,89 | 15,07±3,14 |
| T5-A1 | 17,96±1,30 | 12,56±2,80 | 16,87±3,12 | 21,04±1,80 | 16,36±3,00 | 15,92±3,75 |
| P4-A2 | 13,59±1,15 | 13,51±2,70 | 13,98±2,95 | 16,92±2,62 | 12,27±2,20 | 13,83±2,79 |
| P3-A1 | 16,88±1,43 | 14,84±3,17 | 13,93±3,34 | 18,76±2,73 | 14,77±2,90 | 14,64±3,07 |
| Pz-A1 | 14,78±1,65 | 15,36±3,25 | 14,60±3,04 | 17,78±2,53 | 13,47±2,71 | 15,71±3,26 |
| O2-A2 | 16,19±1,64 | 12,45±2,25 | 13,89±2,67 | 16,17±2,69 | 12,01±1,81 | 12,40±2,90 |
| O1-A1 | 16,39±1,14 | 14,49±2,86 | 13,58±2,61 | 15,98±2,07 | 14,33±2,48 | 14,33±2,68 |

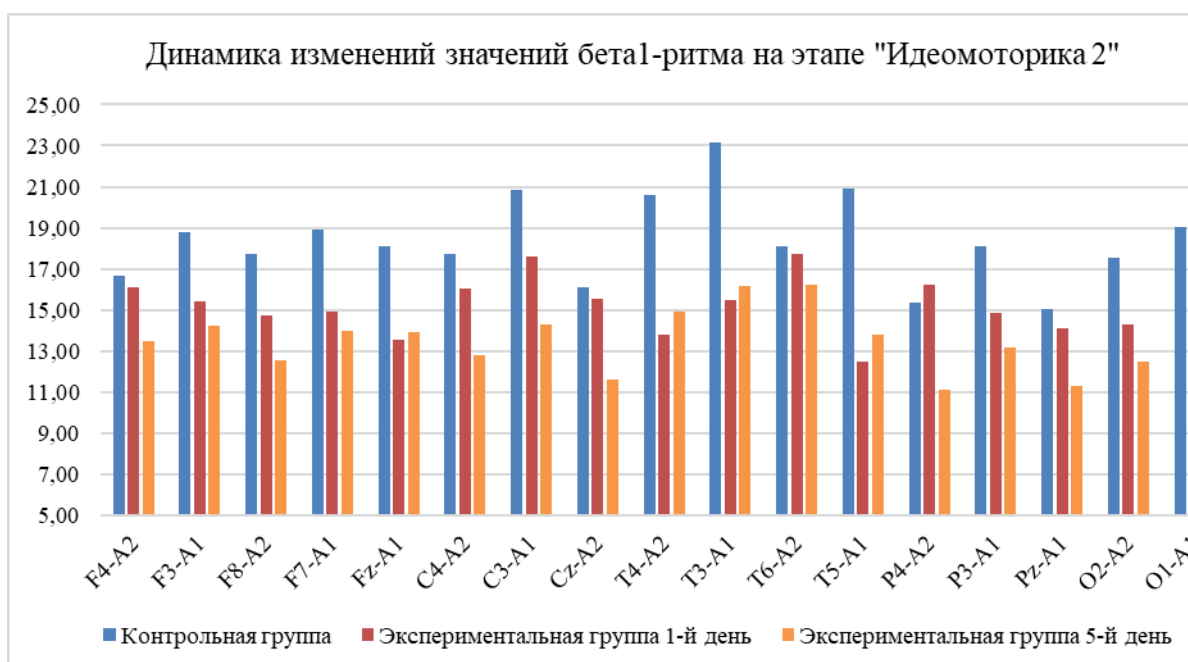


Рисунок 31. Динамика изменений относительных значений мощностей бета1-ритма в контрольной и экспериментальной группах по 17 отведениям ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 2».

Таблица 38. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24 Гц) на ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 2» спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | | | | |
|------------|--------------------|--------------------------|-------------|------------|------------|------------|
| | | 1-й день | 2-й день | 3-й день | 4-й день | 5-й день |
| F4-A2 | 16,66±1,60 | 16,12±2,49 | 16,17±2,95 | 18,56±2,30 | 15,15±3,48 | 13,50±2,78 |
| F3-A1 | 18,81±1,89 | 15,41±1,70 | 13,44±3,21 | 16,92±2,11 | 15,17±3,37 | 14,23±3,05 |
| F8-A2 | 17,72±1,57 | 14,76±2,36 | 13,10±2,72 | 15,64±1,46 | 14,00±3,24 | 12,54±2,29 |
| F7-A1 | 18,93±1,97 | 14,94±1,96 | 14,27±3,08 | 16,94±2,05 | 15,42±3,83 | 14,02±3,11 |
| Fz-A1 | 18,11±1,86 | 13,56±1,68 | 13,30±3,19 | 15,91±1,83 | 14,61±3,41 | 13,92±2,85 |
| C4-A2 | 17,73±1,96 | 16,05±1,90 | 14,27±2,75 | 18,26±1,72 | 14,05±2,43 | 12,82±1,99 |
| C3-A1 | 20,86±2,25 | 17,63±1,77 | 16,54±3,00 | 17,94±1,59 | 14,53±3,08 | 14,32±2,23 |
| Cz-A2 | 16,14±2,04 | 15,55±1,89 | 15,77±2,74 | 17,28±1,97 | 12,47±2,20 | 11,61±2,08 |
| T4-A2 | 20,62±2,04* | 13,83±2,30 | 13,06±2,09* | 17,93±1,25 | 17,04±3,53 | 14,91±2,36 |

| | | | | | | |
|-------|--------------|------------|-------------|------------|--------------|-------------|
| T3-A1 | 23,13±1,57 | 15,48±2,93 | 18,10±3,08 | 19,68±1,89 | 16,09±3,64 | 16,18±2,92 |
| T6-A2 | 18,07±1,31 | 17,73±2,73 | 15,79±2,45 | 17,31±2,05 | 12,02±2,46 | 16,23±3,18 |
| T5-A1 | 20,89±1,63 | 12,49±2,13 | 15,38±2,98 | 19,15±1,36 | 15,25±2,97 | 13,81±2,45 |
| P4-A2 | 15,37±1,52 | 16,26±2,63 | 11,16±2,35 | 14,99±2,01 | 9,77±2,12 | 11,11±1,99 |
| P3-A1 | 18,10±1,91 | 14,83±2,09 | 12,08±3,01 | 16,68±1,63 | 13,43±3,12 | 13,18±2,30 |
| Pz-A1 | 15,08±1,97 | 14,14±2,06 | 11,48±2,34 | 14,89±1,57 | 11,70±2,28 | 11,31±1,98 |
| O2-A2 | 17,25±1,31** | 14,29±1,92 | 12,86±2,85 | 14,68±1,68 | 10,38±1,76** | 12,49±2,16 |
| O1-A1 | 19,03±1,05* | 15,55±2,47 | 11,10±2,51* | 15,79±1,37 | 12,73±2,48 | 13,42±2,31* |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$

** Достоверные различия между группами $p < 0.01$.

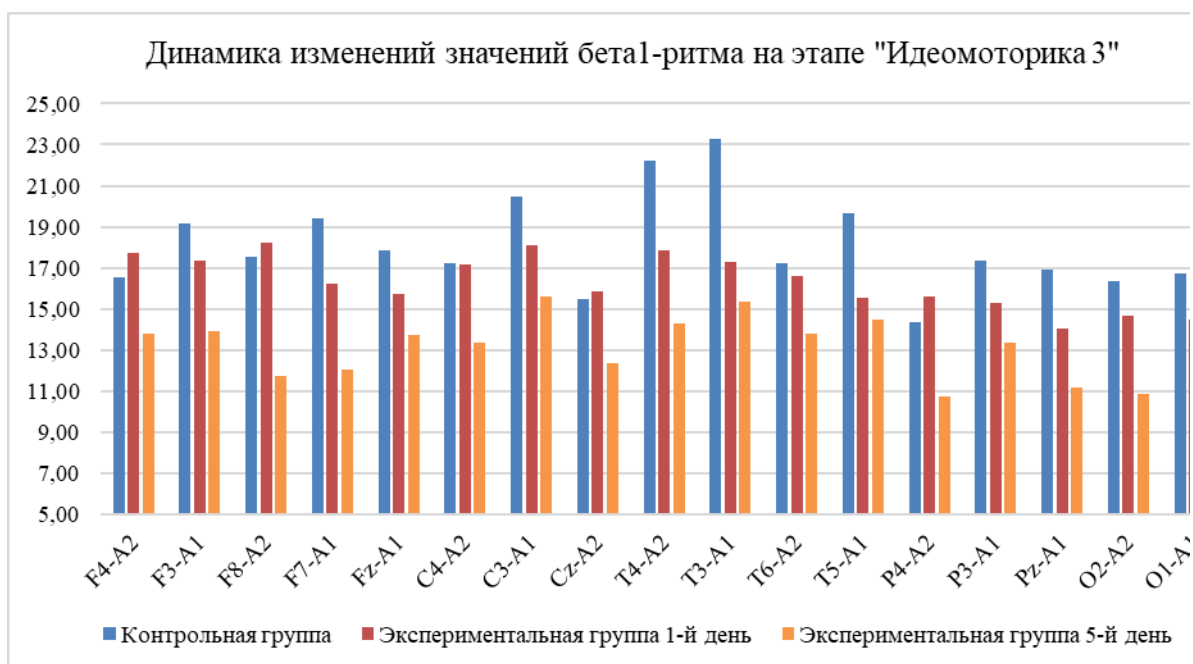


Рисунок 32. Динамика изменений относительных значений мощностей бета1-ритма в контрольной и экспериментальной группах по 17 отведениям ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 3».

Таблица 39. Средние значения ($M \pm m$) относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24 Гц) на ЭЭГ на этапе «Идеомоторика 3» спортсменов контрольной и экспериментальной групп.

| Каналы ЭЭГ | Контрольная группа | Экспериментальная группа | | | | |
|------------|--------------------|--------------------------|--------------|------------|--------------|-------------|
| | | 1-й день | 2-й день | 3-й день | 4-й день | 5-й день |
| F4-A2 | 16,55±1,57 | 17,71±2,66 | 14,61±1,93 | 19,80±2,07 | 16,04±3,59 | 13,82±2,95 |
| F3-A1 | 19,16±1,62 | 17,37±3,12 | 13,96±2,79 | 20,46±2,02 | 14,99±2,79 | 13,93±3,45 |
| F8-A2 | 17,54±1,68 | 18,22±2,48 | 12,39±1,68 | 17,02±1,33 | 15,39±3,58 | 11,75±2,41 |
| F7-A1 | 19,39±1,30* | 16,24±3,02 | 13,57±2,97* | 19,09±1,35 | 15,52±3,12 | 12,05±2,77 |
| Fz-A1 | 17,88±1,58 | 15,76±2,81 | 12,71±2,62 | 18,64±1,88 | 14,69±2,80 | 13,72±3,56 |
| C4-A2 | 17,24±1,28 | 17,16±2,88 | 14,16±1,74 | 18,14±1,37 | 14,16±2,51 | 13,34±2,75 |
| C3-A1 | 20,48±1,72* | 18,09±2,89 | 15,14±2,57 | 19,71±1,15 | 14,40±2,56* | 15,62±4,00 |
| Cz-A2 | 15,48±1,15 | 15,88±2,48 | 13,89±1,91 | 18,55±1,31 | 12,65±2,17 | 12,35±2,60 |
| T4-A2 | 22,22±1,60** | 17,87±2,19 | 13,33±1,69** | 20,46±2,02 | 13,99±2,05** | 14,28±2,47* |
| T3-A1 | 23,25±1,67* | 17,29±2,40 | 16,29±2,78* | 19,08±1,43 | 15,89±2,91* | 15,36±3,81 |
| T6-A2 | 17,20±1,36* | 16,62±2,71 | 13,72±2,63 | 15,92±2,37 | 12,63±2,24* | 13,78±3,71 |
| T5-A1 | 19,63±1,30* | 15,55±2,18 | 13,17±2,35* | 16,86±1,72 | 12,57±2,30* | 14,51±3,11 |
| P4-A2 | 14,33±1,06 | 15,60±2,84 | 12,79±2,23 | 14,91±2,25 | 10,16±2,21 | 10,76±2,33 |
| P3-A1 | 17,35±1,39 | 15,32±3,04 | 12,68±3,05 | 15,57±1,80 | 12,81±2,83 | 13,40±3,17 |
| Pz-A1 | 16,93±1,61 | 14,03±2,78 | 12,43±2,36 | 15,61±1,81 | 11,22±2,36 | 11,19±2,90 |
| O2-A2 | 16,04±1,47 | 14,66±2,26 | 12,23±2,92 | 14,53±2,12 | 10,80±2,11 | 10,89±1,57 |
| O1-A1 | 16,71±1,24 | 14,50±2,12 | 10,25±2,08 | 13,93±2,04 | 11,53±2,17 | 12,41±1,95 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$

** Достоверные различия между группами $p < 0.01$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. ДАННЫЕ АНАЛИЗА БЕТА1-РИТМА (13-24 ГЦ).
ВНУТРИГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ

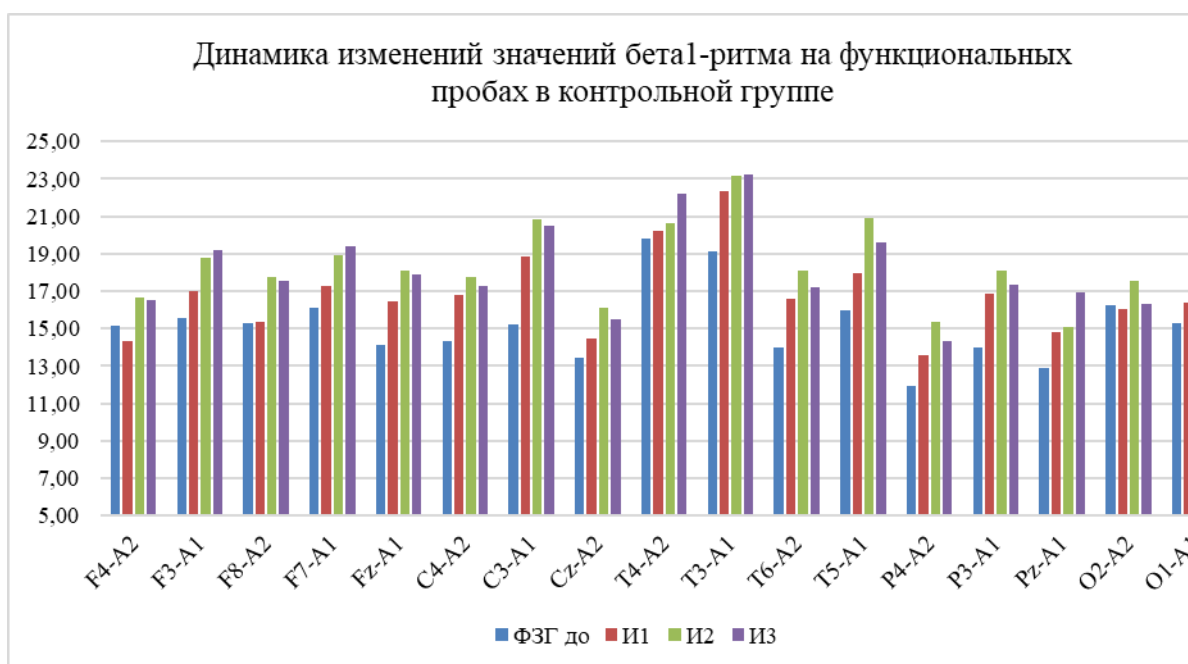


Рисунок 33. Динамика изменений относительных значений мощностей бета1-ритма в контрольной группе по 17 отведениям ЭЭГ на функциональных пробах.

Таблица 40. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в фоне с закрытыми глазами с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|------------|----------------------|------------|-------------|-------------|
| | ФЗГ до | И1 | И2 | И3 |
| O2-A2 | 16,26±1,58 | 16,19±1,64 | 17,25±1,31 | 16,04±1,47 |
| O1-A1 | 15,27±1,54 | 16,39±1,14 | 19,03±1,05 | 16,71±1,24 |
| P4-A2 | 11,93±1,42 | 13,59±1,15 | 15,37±1,52 | 14,33±1,06 |
| P3-A1 | 13,97±1,96 | 16,88±1,43 | 18,10±1,91 | 17,35±1,39 |
| C4-A2 | 14,31±2,03 | 16,78±1,59 | 17,73±1,96 | 17,24±1,28 |
| C3-A1 | 15,21±2,18 | 18,83±1,64 | 20,86±2,25* | 20,48±1,72* |
| F4-A2 | 15,15±2,34 | 14,31±1,65 | 16,66±1,60 | 16,55±1,57 |

| | | | | |
|-------|------------|------------|-------------|-------------|
| F3-A1 | 15,57±1,97 | 16,97±1,78 | 18,81±1,89 | 19,16±1,62 |
| T6-A2 | 13,98±2,08 | 16,59±1,75 | 18,07±1,31* | 17,20±1,36 |
| T5-A1 | 15,94±2,08 | 17,96±1,30 | 20,89±1,63 | 19,63±1,30 |
| T4-A2 | 19,82±3,62 | 20,20±0,98 | 20,62±2,04 | 22,22±1,60 |
| T3-A1 | 19,13±2,28 | 22,34±1,93 | 23,13±1,57 | 23,25±1,67 |
| F8-A2 | 15,29±2,48 | 15,33±1,91 | 17,72±1,57 | 17,54±1,68 |
| F7-A1 | 16,10±1,93 | 17,30±1,89 | 18,93±1,97 | 19,39±1,30* |
| Pz-A1 | 12,86±1,34 | 14,78±1,65 | 15,08±1,97 | 16,93±1,61 |
| Cz-A2 | 13,45±1,56 | 14,44±1,38 | 16,14±2,04 | 15,48±1,15 |
| Fz-A1 | 14,14±1,50 | 16,44±1,85 | 18,11±1,86* | 17,88±1,58* |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 41. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в пробе «Идеомоторика 1» (И1) с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|------------|------------|------------|
| | И1 | ФЗГ до | И2 | И3 |
| O2-A2 | 16,19±1,64 | 16,26±1,58 | 17,25±1,31 | 16,04±1,47 |
| O1-A1 | 16,39±1,14 | 15,27±1,54 | 19,03±1,05 | 16,71±1,24 |
| P4-A2 | 13,59±1,15 | 11,93±1,42 | 15,37±1,52 | 14,33±1,06 |
| P3-A1 | 16,88±1,43 | 13,97±1,96 | 18,10±1,91 | 17,35±1,39 |
| C4-A2 | 16,78±1,59 | 14,31±2,03 | 17,73±1,96 | 17,24±1,28 |
| C3-A1 | 18,83±1,64 | 15,21±2,18 | 20,86±2,25 | 20,48±1,72 |
| F4-A2 | 14,31±1,65 | 15,15±2,34 | 16,66±1,60 | 16,55±1,57 |
| F3-A1 | 16,97±1,78 | 15,57±1,97 | 18,81±1,89 | 19,16±1,62 |
| T6-A2 | 16,59±1,75 | 13,98±2,08 | 18,07±1,31 | 17,20±1,36 |
| T5-A1 | 17,96±1,30 | 15,94±2,08 | 20,89±1,63 | 19,63±1,30 |
| T4-A2 | 20,20±0,98 | 19,82±3,62 | 20,62±2,04 | 22,22±1,60 |

| | | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|
| T3-A1 | 22,34±1,93 | 19,13±2,28 | 23,13±1,57 | 23,25±1,67 |
| F8-A2 | 15,33±1,91 | 15,29±2,48 | 17,72±1,57 | 17,54±1,68 |
| F7-A1 | 17,30±1,89 | 16,10±1,93 | 18,93±1,97 | 19,39±1,30 |
| Pz-A1 | 14,78±1,65 | 12,86±1,34 | 15,08±1,97 | 16,93±1,61 |
| Cz-A2 | 14,44±1,38 | 13,45±1,56 | 16,14±2,04 | 15,48±1,15 |
| Fz-A1 | 16,44±1,85 | 14,14±1,50 | 18,11±1,86 | 17,88±1,58 |

Таблица 42. Внутригрупповые различия относительных значений бета1-ритма (13-24Гц) в пробе «Идеомоторика 2» (И2) с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|------------|------------|
| | И2 | ФЗГ до | И1 | И3 |
| O2-A2 | 17,25±1,31 | 16,26±1,58 | 16,19±1,64 | 16,04±1,47 |
| O1-A1 | 19,03±1,05 | 15,27±1,54 | 16,39±1,14 | 16,71±1,24 |
| P4-A2 | 15,37±1,52 | 11,93±1,42 | 13,59±1,15 | 14,33±1,06 |
| P3-A1 | 18,10±1,91 | 13,97±1,96 | 16,88±1,43 | 17,35±1,39 |
| C4-A2 | 17,73±1,96 | 14,31±2,03 | 16,78±1,59 | 17,24±1,28 |
| C3-A1 | 20,86±2,25 | 15,21±2,18* | 18,83±1,64 | 20,48±1,72 |
| F4-A2 | 16,66±1,60 | 15,15±2,34 | 14,31±1,65 | 16,55±1,57 |
| F3-A1 | 18,81±1,89 | 15,57±1,97 | 16,97±1,78 | 19,16±1,62 |
| T6-A2 | 18,07±1,31 | 13,98±2,08* | 16,59±1,75 | 17,20±1,36 |
| T5-A1 | 20,89±1,63 | 15,94±2,08 | 17,96±1,30 | 19,63±1,30 |
| T4-A2 | 20,62±2,04 | 19,82±3,62 | 20,20±0,98 | 22,22±1,60 |
| T3-A1 | 23,13±1,57 | 19,13±2,28 | 22,34±1,93 | 23,25±1,67 |
| F8-A2 | 17,72±1,57 | 15,29±2,48 | 15,33±1,91 | 17,54±1,68 |
| F7-A1 | 18,93±1,97 | 16,10±1,93 | 17,30±1,89 | 19,39±1,30 |
| Pz-A1 | 15,08±1,97 | 12,86±1,34 | 14,78±1,65 | 16,93±1,61 |
| Cz-A2 | 16,14±2,04 | 13,45±1,56 | 14,44±1,38 | 15,48±1,15 |

| | | | | |
|-------|------------|-------------|------------|------------|
| Fz-A1 | 18,11±1,86 | 14,14±1,50* | 16,44±1,85 | 17,88±1,58 |
|-------|------------|-------------|------------|------------|

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 43. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в пробе «Идеомоторика 3» (ИЗ) с другими функциональными пробами у спортсменов контрольной группы.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|------------|------------|
| | ИЗ | ФЗГ до | И1 | И2 |
| O2-A2 | 16,04±1,47 | 16,26±1,58 | 16,19±1,64 | 17,25±1,31 |
| O1-A1 | 16,71±1,24 | 15,27±1,54 | 16,39±1,14 | 19,03±1,05 |
| P4-A2 | 14,33±1,06 | 11,93±1,42 | 13,59±1,15 | 15,37±1,52 |
| P3-A1 | 17,35±1,39 | 13,97±1,96 | 16,88±1,43 | 18,10±1,91 |
| C4-A2 | 17,24±1,28 | 14,31±2,03 | 16,78±1,59 | 17,73±1,96 |
| C3-A1 | 20,48±1,72 | 15,21±2,18* | 18,83±1,64 | 20,86±2,25 |
| F4-A2 | 16,55±1,57 | 15,15±2,34 | 14,31±1,65 | 16,66±1,60 |
| F3-A1 | 19,16±1,62 | 15,57±1,97 | 16,97±1,78 | 18,81±1,89 |
| T6-A2 | 17,20±1,36 | 13,98±2,08 | 16,59±1,75 | 18,07±1,31 |
| T5-A1 | 19,63±1,30 | 15,94±2,08 | 17,96±1,30 | 20,89±1,63 |
| T4-A2 | 22,22±1,60 | 19,82±3,62 | 20,20±0,98 | 20,62±2,04 |
| T3-A1 | 23,25±1,67 | 19,13±2,28 | 22,34±1,93 | 23,13±1,57 |
| F8-A2 | 17,54±1,68 | 15,29±2,48 | 15,33±1,91 | 17,72±1,57 |
| F7-A1 | 19,39±1,30 | 16,10±1,93* | 17,30±1,89 | 18,93±1,97 |
| Pz-A1 | 16,93±1,61 | 12,86±1,34 | 14,78±1,65 | 15,08±1,97 |
| Cz-A2 | 15,48±1,15 | 13,45±1,56 | 14,44±1,38 | 16,14±2,04 |
| Fz-A1 | 17,88±1,58 | 14,14±1,50* | 16,44±1,85 | 18,11±1,86 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

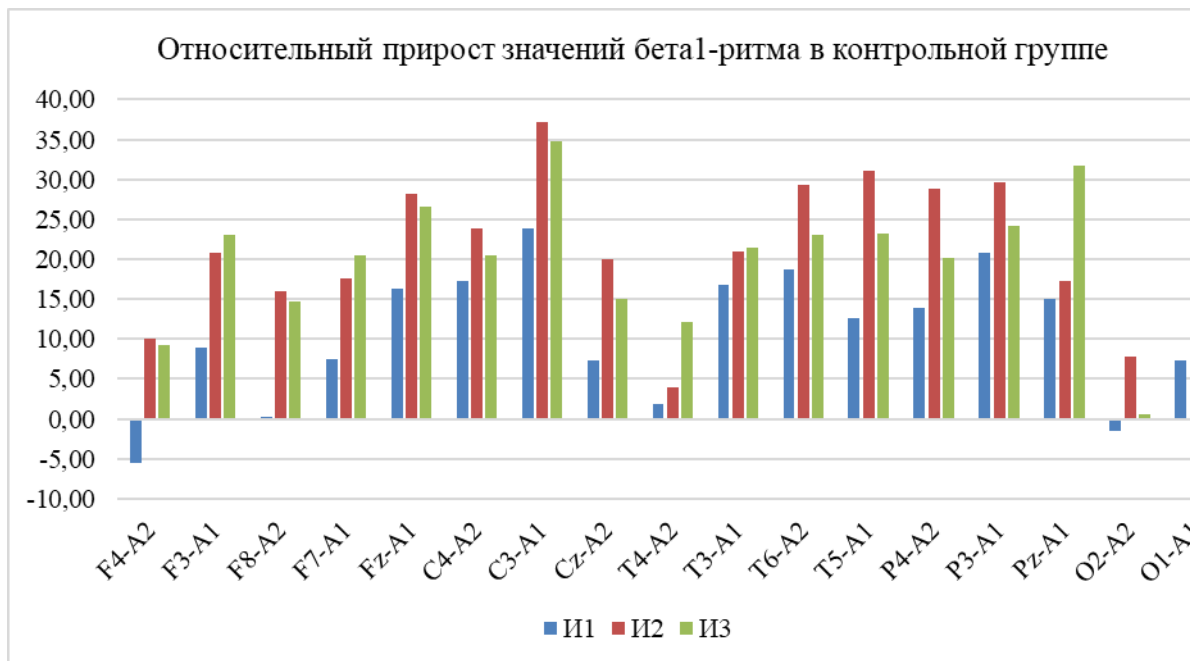


Рисунок 34. Относительный прирост/убыль значений мощности бета1-ритма на функциональных пробах к фону в контрольной группе.

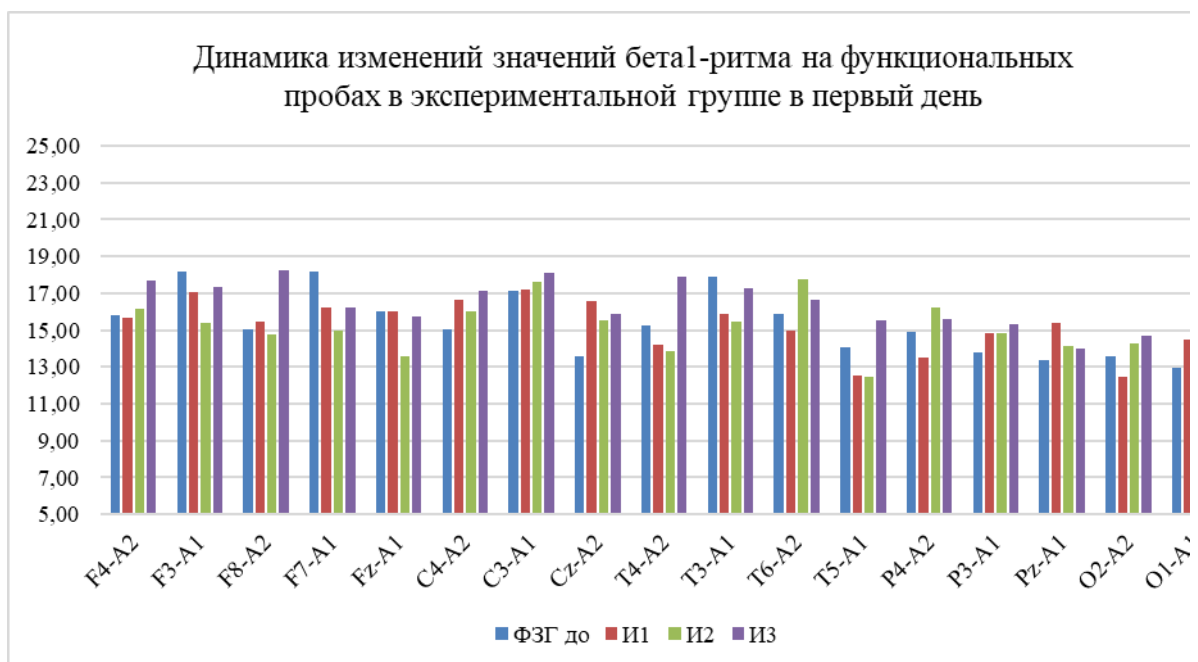


Рисунок 35. Динамика изменений относительных значений мощностей бета1-ритма в экспериментальной группе по 17 отведениям ЭЭГ на функциональных пробах в первый день.

Таблица 44. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в фоне с закрытыми глазами с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|------------|-------------|-------------|
| | ФЗГ до | И1 | И2 | И3 |
| O2-A2 | 13,59±1,82 | 12,45±2,25 | 14,29±1,92 | 14,66±2,26 |
| O1-A1 | 12,98±1,75 | 14,49±2,86 | 15,55±2,47 | 14,50±2,12 |
| P4-A2 | 14,89±2,42 | 13,51±2,70 | 16,26±2,63* | 15,60±2,84 |
| P3-A1 | 13,79±1,76 | 14,84±3,17 | 14,83±2,09 | 15,32±3,04 |
| C4-A2 | 15,07±2,08 | 16,67±3,24 | 16,05±1,90 | 17,16±2,88 |
| C3-A1 | 17,15±2,39 | 17,22±3,15 | 17,63±1,77 | 18,09±2,89 |
| F4-A2 | 15,78±1,95 | 15,67±2,83 | 16,12±2,49 | 17,71±2,66 |
| F3-A1 | 18,20±2,92 | 17,09±3,57 | 15,41±1,70 | 17,37±3,12 |
| T6-A2 | 15,89±2,52 | 15,00±3,05 | 17,73±2,73 | 16,62±2,71 |
| T5-A1 | 14,10±2,00 | 12,56±2,80 | 12,49±2,13 | 15,55±2,18 |
| T4-A2 | 15,27±2,13 | 14,21±3,56 | 13,83±2,30 | 17,87±2,19* |
| T3-A1 | 17,92±2,17 | 15,85±3,79 | 15,48±2,93 | 17,29±2,40 |
| F8-A2 | 15,06±2,12 | 15,46±3,44 | 14,76±2,36 | 18,22±2,48* |
| F7-A1 | 18,17±2,55 | 16,19±3,16 | 14,94±1,96 | 16,24±3,02 |
| Pz-A1 | 13,39±2,11 | 15,36±3,25 | 14,14±2,06 | 14,03±2,78 |
| Cz-A2 | 13,59±2,08 | 16,58±3,23 | 15,55±1,89 | 15,88±2,48 |
| Fz-A1 | 16,03±1,81 | 16,00±3,09 | 13,56±1,68* | 15,76±2,81 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 45. Внутригрупповые различия относительных значений

мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в пробе «Идеомоторика 1» (И1) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|------------|------------|------------|
| | И1 | ФЗГ до | И2 | И3 |
| O2-A2 | 12,45±2,25 | 13,59±1,82 | 14,29±1,92 | 14,66±2,26 |
| O1-A1 | 14,49±2,86 | 12,98±1,75 | 15,55±2,47 | 14,50±2,12 |
| P4-A2 | 13,51±2,70 | 14,89±2,42 | 16,26±2,63 | 15,60±2,84 |
| P3-A1 | 14,84±3,17 | 13,79±1,76 | 14,83±2,09 | 15,32±3,04 |
| C4-A2 | 16,67±3,24 | 15,07±2,08 | 16,05±1,90 | 17,16±2,88 |
| C3-A1 | 17,22±3,15 | 17,15±2,39 | 17,63±1,77 | 18,09±2,89 |
| F4-A2 | 15,67±2,83 | 15,78±1,95 | 16,12±2,49 | 17,71±2,66 |
| F3-A1 | 17,09±3,57 | 18,20±2,92 | 15,41±1,70 | 17,37±3,12 |
| T6-A2 | 15,00±3,05 | 15,89±2,52 | 17,73±2,73 | 16,62±2,71 |
| T5-A1 | 12,56±2,80 | 14,10±2,00 | 12,49±2,13 | 15,55±2,18 |
| T4-A2 | 14,21±3,56 | 15,27±2,13 | 13,83±2,30 | 17,87±2,19 |
| T3-A1 | 15,85±3,79 | 17,92±2,17 | 15,48±2,93 | 17,29±2,40 |
| F8-A2 | 15,46±3,44 | 15,06±2,12 | 14,76±2,36 | 18,22±2,48 |
| F7-A1 | 16,19±3,16 | 18,17±2,55 | 14,94±1,96 | 16,24±3,02 |
| Pz-A1 | 15,36±3,25 | 13,39±2,11 | 14,14±2,06 | 14,03±2,78 |
| Cz-A2 | 16,58±3,23 | 13,59±2,08 | 15,55±1,89 | 15,88±2,48 |
| Fz-A1 | 16,00±3,09 | 16,03±1,81 | 13,56±1,68 | 15,76±2,81 |

Таблица 46. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в пробе «Идеомоторика 2» (И2) с другими

функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|------------|-------------|
| | И2 | ФЗГ до | И1 | И3 |
| O2-A2 | 14,29±1,92 | 13,59±1,82 | 12,45±2,25 | 14,66±2,26 |
| O1-A1 | 15,55±2,47 | 12,98±1,75 | 14,49±2,86 | 14,50±2,12 |
| P4-A2 | 16,26±2,63 | 14,89±2,42* | 13,51±2,70 | 15,60±2,84 |
| P3-A1 | 14,83±2,09 | 13,79±1,76 | 14,84±3,17 | 15,32±3,04 |
| C4-A2 | 16,05±1,90 | 15,07±2,08 | 16,67±3,24 | 17,16±2,88 |
| C3-A1 | 17,63±1,77 | 17,15±2,39 | 17,22±3,15 | 18,09±2,89 |
| F4-A2 | 16,12±2,49 | 15,78±1,95 | 15,67±2,83 | 17,71±2,66 |
| F3-A1 | 15,41±1,70 | 18,20±2,92 | 17,09±3,57 | 17,37±3,12 |
| T6-A2 | 17,73±2,73 | 15,89±2,52 | 15,00±3,05 | 16,62±2,71 |
| T5-A1 | 12,49±2,13 | 14,10±2,00 | 12,56±2,80 | 15,55±2,18 |
| T4-A2 | 13,83±2,30 | 15,27±2,13 | 14,21±3,56 | 17,87±2,19 |
| T3-A1 | 15,48±2,93 | 17,92±2,17 | 15,85±3,79 | 17,29±2,40 |
| F8-A2 | 14,76±2,36 | 15,06±2,12 | 15,46±3,44 | 18,22±2,48* |
| F7-A1 | 14,94±1,96 | 18,17±2,55 | 16,19±3,16 | 16,24±3,02 |
| Pz-A1 | 14,14±2,06 | 13,39±2,11 | 15,36±3,25 | 14,03±2,78 |
| Cz-A2 | 15,55±1,89 | 13,59±2,08 | 16,58±3,23 | 15,88±2,48 |
| Fz-A1 | 13,56±1,68 | 16,03±1,81* | 16,00±3,09 | 15,76±2,81 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 47. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в пробе «Идеомоторика 3» (И3) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы в

первый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|------------|-------------|
| | ИЗ | ФЗГ до | И1 | И2 |
| O2-A2 | 14,66±2,26 | 13,59±1,82 | 12,45±2,25 | 14,29±1,92 |
| O1-A1 | 14,50±2,12 | 12,98±1,75 | 14,49±2,86 | 15,55±2,47 |
| P4-A2 | 15,60±2,84 | 14,89±2,42 | 13,51±2,70 | 16,26±2,63 |
| P3-A1 | 15,32±3,04 | 13,79±1,76 | 14,84±3,17 | 14,83±2,09 |
| C4-A2 | 17,16±2,88 | 15,07±2,08 | 16,67±3,24 | 16,05±1,90 |
| C3-A1 | 18,09±2,89 | 17,15±2,39 | 17,22±3,15 | 17,63±1,77 |
| F4-A2 | 17,71±2,66 | 15,78±1,95 | 15,67±2,83 | 16,12±2,49 |
| F3-A1 | 17,37±3,12 | 18,20±2,92 | 17,09±3,57 | 15,41±1,70 |
| T6-A2 | 16,62±2,71 | 15,89±2,52 | 15,00±3,05 | 17,73±2,73 |
| T5-A1 | 15,55±2,18 | 14,10±2,00 | 12,56±2,80 | 12,49±2,13 |
| T4-A2 | 17,87±2,19 | 15,27±2,13* | 14,21±3,56 | 13,83±2,30 |
| T3-A1 | 17,29±2,40 | 17,92±2,17 | 15,85±3,79 | 15,48±2,93 |
| F8-A2 | 18,22±2,48 | 15,06±2,12* | 15,46±3,44 | 14,76±2,36* |
| F7-A1 | 16,24±3,02 | 18,17±2,55 | 16,19±3,16 | 14,94±1,96 |
| Pz-A1 | 14,03±2,78 | 13,39±2,11 | 15,36±3,25 | 14,14±2,06 |
| Cz-A2 | 15,88±2,48 | 13,59±2,08 | 16,58±3,23 | 15,55±1,89 |
| Fz-A1 | 15,76±2,81 | 16,03±1,81 | 16,00±3,09 | 13,56±1,68 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

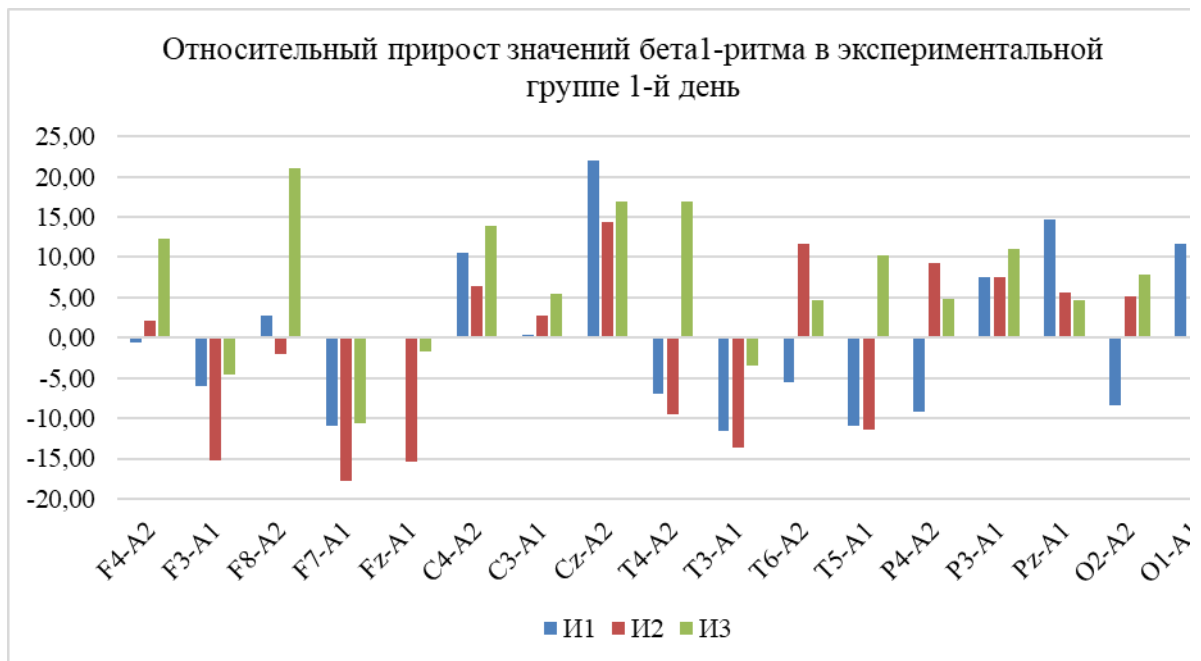


Рисунок 36. Относительный прирост/убыль значений мощности бета1-ритма на функциональных пробах к фону в экспериментальной группе в первый день регистрации ЭЭГ.

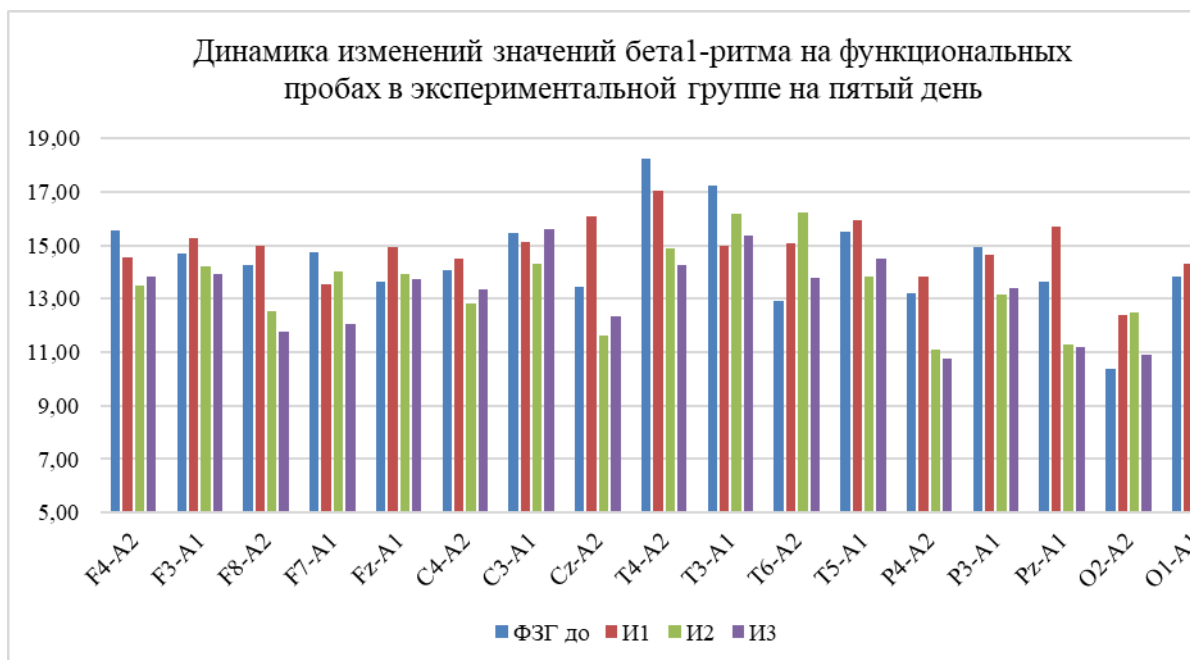


Рисунок 37. Динамика изменений относительных значений мощностей бета1-ритма в экспериментальной группе по 17 отведениям ЭЭГ на функциональных пробах на пятый день.

Таблица 48. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в фоне с закрытыми глазами с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на пятый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|------------|----------------------|-------------|------------|-------------|
| | ФЗГ до | И1 | И2 | И3 |
| O2-A2 | 10,37±1,89 | 12,40±2,90 | 12,49±2,16 | 10,89±1,57 |
| O1-A1 | 13,85±2,64 | 14,33±2,68 | 13,42±2,31 | 12,41±1,95 |
| P4-A2 | 13,20±2,67 | 13,83±2,79 | 11,11±1,99 | 10,76±2,33 |
| P3-A1 | 14,96±2,96 | 14,64±3,07 | 13,18±2,30 | 13,40±3,17 |
| C4-A2 | 14,05±2,72 | 14,50±3,14 | 12,82±1,99 | 13,34±2,75 |
| C3-A1 | 15,48±2,95 | 15,11±3,09 | 14,32±2,23 | 15,62±4,00 |
| F4-A2 | 15,55±4,12 | 14,56±4,05 | 13,50±2,78 | 13,82±2,95 |
| F3-A1 | 14,68±3,56 | 15,28±3,95 | 14,23±3,05 | 13,93±3,45 |
| T6-A2 | 12,91±2,67 | 15,07±3,14* | 16,23±3,18 | 13,78±3,71 |
| T5-A1 | 15,51±3,16 | 15,92±3,75 | 13,81±2,45 | 14,51±3,11 |
| T4-A2 | 18,22±2,98 | 17,05±2,99 | 14,91±2,36 | 14,28±2,47* |
| T3-A1 | 17,25±3,00 | 14,96±3,46 | 16,18±2,92 | 15,36±3,81 |
| F8-A2 | 14,28±3,65 | 14,96±3,73 | 12,54±2,29 | 11,75±2,41 |
| F7-A1 | 14,76±3,16 | 13,52±3,36 | 14,02±3,11 | 12,05±2,77 |
| Pz-A1 | 13,62±2,98 | 15,71±3,26 | 11,31±1,98 | 11,19±2,90 |
| Cz-A2 | 13,43±2,94 | 16,10±3,55 | 11,61±2,08 | 12,35±2,60 |
| Fz-A1 | 13,63±3,12 | 14,94±3,94 | 13,92±2,85 | 13,72±3,56 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 49. Внутригрупповые различия относительных значений

мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в пробе «Идеомоторика 1» (И1) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на пятый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | И1 | ФЗГ до | И2 | И3 |
| O2-A2 | 12,40±2,90 | 10,37±1,89 | 12,49±2,16 | 10,89±1,57 |
| O1-A1 | 14,33±2,68 | 13,85±2,64 | 13,42±2,31 | 12,41±1,95 |
| P4-A2 | 13,83±2,79 | 13,20±2,67 | 11,11±1,99 | 10,76±2,33 |
| P3-A1 | 14,64±3,07 | 14,96±2,96 | 13,18±2,30 | 13,40±3,17 |
| C4-A2 | 14,50±3,14 | 14,05±2,72 | 12,82±1,99 | 13,34±2,75 |
| C3-A1 | 15,11±3,09 | 15,48±2,95 | 14,32±2,23 | 15,62±4,00 |
| F4-A2 | 14,56±4,05 | 15,55±4,12 | 13,50±2,78 | 13,82±2,95 |
| F3-A1 | 15,28±3,95 | 14,68±3,56 | 14,23±3,05 | 13,93±3,45 |
| T6-A2 | 15,07±3,14 | 12,91±2,67* | 16,23±3,18 | 13,78±3,71 |
| T5-A1 | 15,92±3,75 | 15,51±3,16 | 13,81±2,45 | 14,51±3,11 |
| T4-A2 | 17,05±2,99 | 18,22±2,98 | 14,91±2,36 | 14,28±2,47* |
| T3-A1 | 14,96±3,46 | 17,25±3,00 | 16,18±2,92 | 15,36±3,81 |
| F8-A2 | 14,96±3,73 | 14,28±3,65 | 12,54±2,29 | 11,75±2,41* |
| F7-A1 | 13,52±3,36 | 14,76±3,16 | 14,02±3,11 | 12,05±2,77 |
| Pz-A1 | 15,71±3,26 | 13,62±2,98 | 11,31±1,98 | 11,19±2,90 |
| Cz-A2 | 16,10±3,55 | 13,43±2,94 | 11,61±2,08* | 12,35±2,60 |
| Fz-A1 | 14,94±3,94 | 13,63±3,12 | 13,92±2,85 | 13,72±3,56 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 50. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в пробе «Идеомоторика 2» (И2) с другими

функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на пятый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|------------|-------------|-------------|
| | И2 | ФЗГ до | И1 | И3 |
| O2-A2 | 12,49±2,16 | 10,37±1,89 | 12,40±2,90 | 10,89±1,57 |
| O1-A1 | 13,42±2,31 | 13,85±2,64 | 14,33±2,68 | 12,41±1,95 |
| P4-A2 | 11,11±1,99 | 13,20±2,67 | 13,83±2,79* | 10,76±2,33 |
| P3-A1 | 13,18±2,30 | 14,96±2,96 | 14,64±3,07 | 13,40±3,17 |
| C4-A2 | 12,82±1,99 | 14,05±2,72 | 14,50±3,14 | 13,34±2,75 |
| C3-A1 | 14,32±2,23 | 15,48±2,95 | 15,11±3,09 | 15,62±4,00 |
| F4-A2 | 13,50±2,78 | 15,55±4,12 | 14,56±4,05 | 13,82±2,95 |
| F3-A1 | 14,23±3,05 | 14,68±3,56 | 15,28±3,95 | 13,93±3,45 |
| T6-A2 | 16,23±3,18 | 12,91±2,67 | 15,07±3,14 | 13,78±3,71 |
| T5-A1 | 13,81±2,45 | 15,51±3,16 | 15,92±3,75 | 14,51±3,11 |
| T4-A2 | 14,91±2,36 | 18,22±2,98 | 17,05±2,99 | 14,28±2,47 |
| T3-A1 | 16,18±2,92 | 17,25±3,00 | 14,96±3,46 | 15,36±3,81 |
| F8-A2 | 12,54±2,29 | 14,28±3,65 | 14,96±3,73 | 11,75±2,41 |
| F7-A1 | 14,02±3,11 | 14,76±3,16 | 13,52±3,36 | 12,05±2,77* |
| Pz-A1 | 11,31±1,98 | 13,62±2,98 | 15,71±3,26 | 11,19±2,90 |
| Cz-A2 | 11,61±2,08 | 13,43±2,94 | 16,10±3,55* | 12,35±2,60 |
| Fz-A1 | 13,92±2,85 | 13,63±3,12 | 14,94±3,94 | 13,72±3,56 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

Таблица 51. Внутригрупповые различия относительных значений мощностей бета1-ритма (13-24Гц) в пробе «Идеомоторика 3» (И3) с другими функциональными пробами у спортсменов экспериментальной группы на

пятый день регистрации ЭЭГ.

| Каналы ЭЭГ | Функциональные пробы | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | ИЗ | ФЗГ до | И1 | И2 |
| O2-A2 | 10,89±1,57 | 10,37±1,89 | 12,40±2,90 | 12,49±2,16 |
| O1-A1 | 12,41±1,95 | 13,85±2,64 | 14,33±2,68 | 13,42±2,31 |
| P4-A2 | 10,76±2,33 | 13,20±2,67 | 13,83±2,79 | 11,11±1,99 |
| P3-A1 | 13,40±3,17 | 14,96±2,96 | 14,64±3,07 | 13,18±2,30 |
| C4-A2 | 13,34±2,75 | 14,05±2,72 | 14,50±3,14 | 12,82±1,99 |
| C3-A1 | 15,62±4,00 | 15,48±2,95 | 15,11±3,09 | 14,32±2,23 |
| F4-A2 | 13,82±2,95 | 15,55±4,12 | 14,56±4,05 | 13,50±2,78 |
| F3-A1 | 13,93±3,45 | 14,68±3,56 | 15,28±3,95 | 14,23±3,05 |
| T6-A2 | 13,78±3,71 | 12,91±2,67 | 15,07±3,14 | 16,23±3,18 |
| T5-A1 | 14,51±3,11 | 15,51±3,16 | 15,92±3,75 | 13,81±2,45 |
| T4-A2 | 14,28±2,47 | 18,22±2,98* | 17,05±2,99* | 14,91±2,36 |
| T3-A1 | 15,36±3,81 | 17,25±3,00 | 14,96±3,46 | 16,18±2,92 |
| F8-A2 | 11,75±2,41 | 14,28±3,65 | 14,96±3,73* | 12,54±2,29 |
| F7-A1 | 12,05±2,77 | 14,76±3,16 | 13,52±3,36 | 14,02±3,11* |
| Pz-A1 | 11,19±2,90 | 13,62±2,98 | 15,71±3,26 | 11,31±1,98 |
| Cz-A2 | 12,35±2,60 | 13,43±2,94 | 16,10±3,55 | 11,61±2,08 |
| Fz-A1 | 13,72±3,56 | 13,63±3,12 | 14,94±3,94 | 13,92±2,85 |

* Достоверные различия между группами $p < 0.05$.

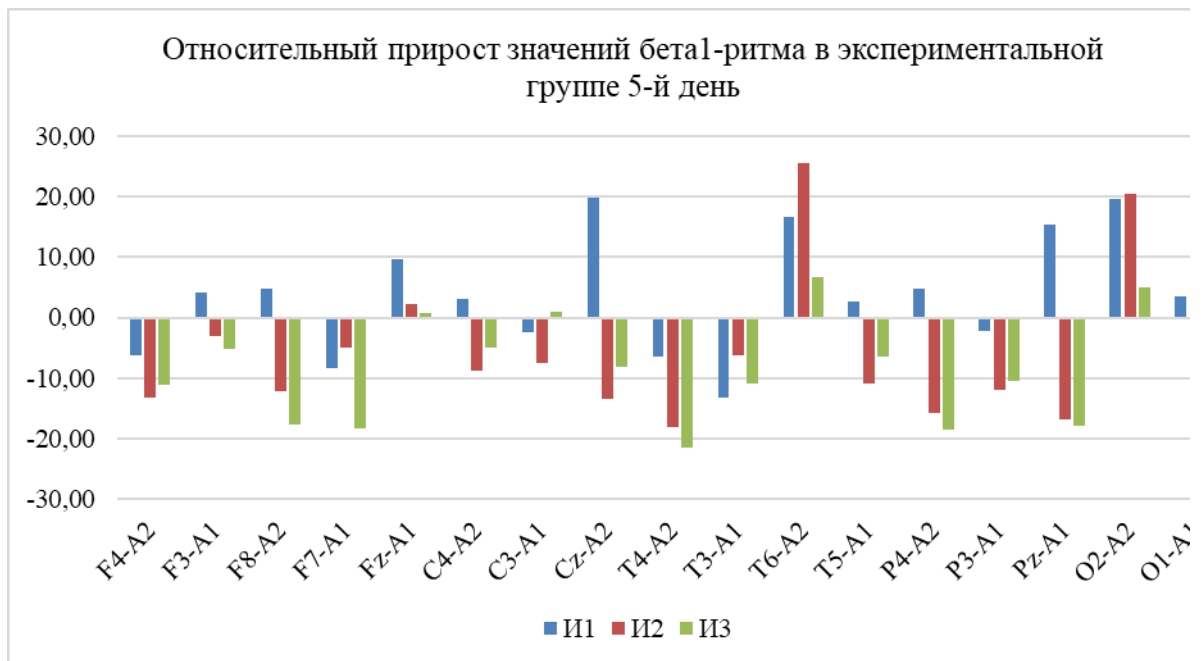


Рисунок 38. Относительный прирост/убыль значений мощности бета1-ритма на функциональных пробах к фону в экспериментальной группе на пятый день регистрации ЭЭГ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9. ДАННЫЕ КОГЕРЕНТНОГО АНАЛИЗА БЕТА1-РИТМА.

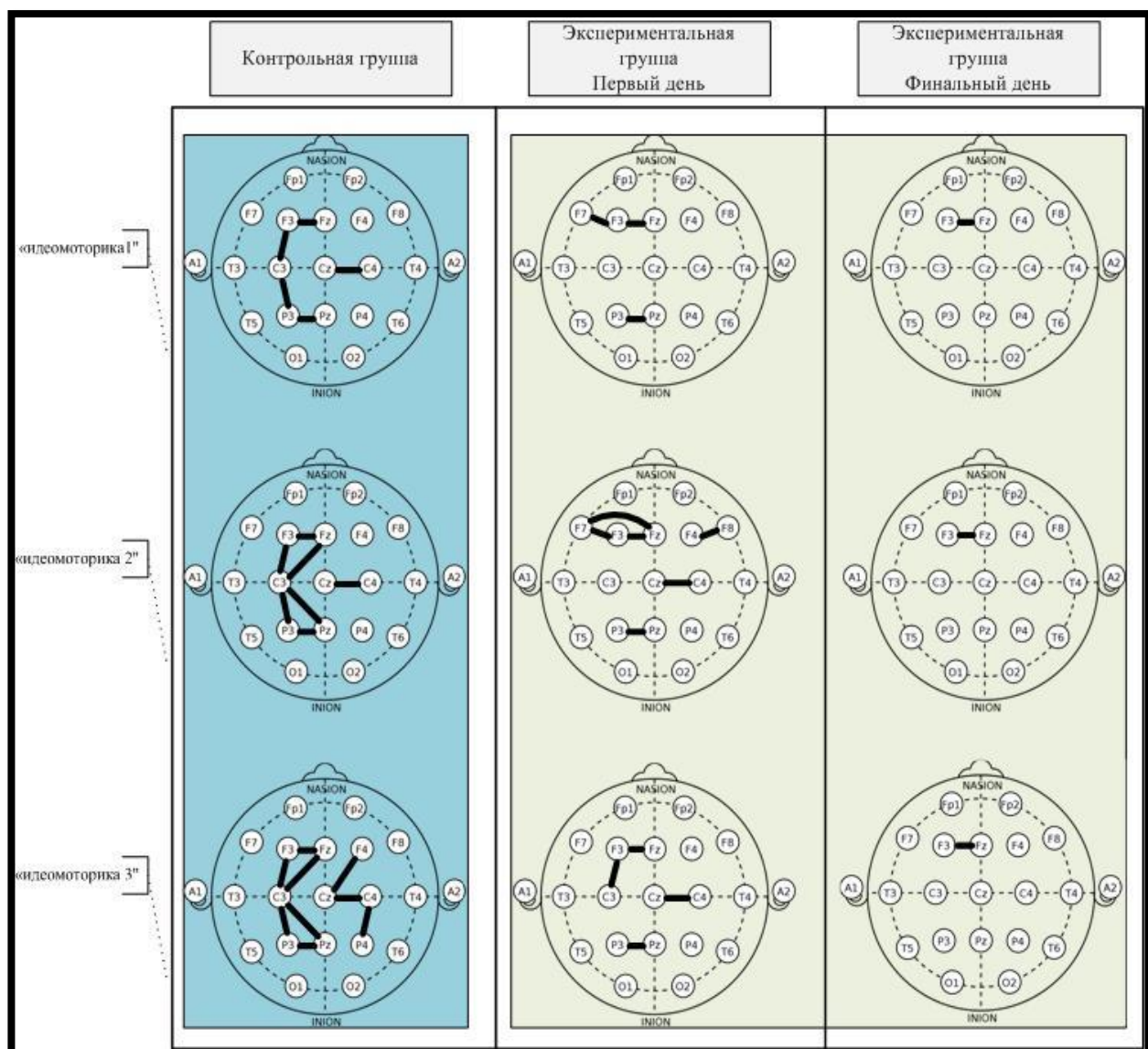


Рисунок 39. На рисунке показаны связи между отведениями с высокими значениями уровня когерентности в бета 1 диапазоне частот в контрольной и экспериментальной (до и после воздействия) группах.

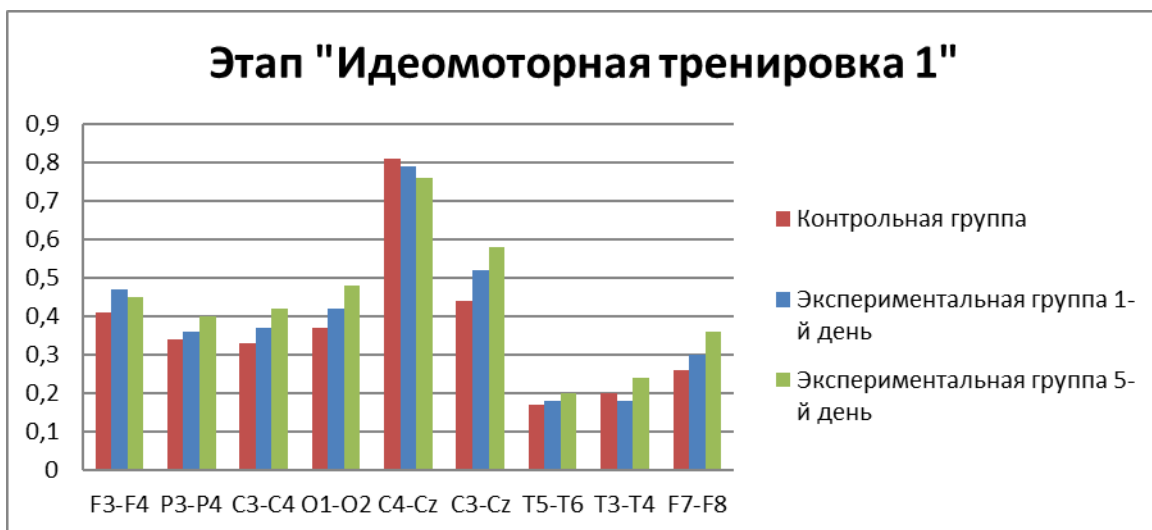


Рисунок 40. Сравнение средних по горизонтальным и центральным связям в бета 1 диапазоне на этапе «Идеомоторная тренировка 1».

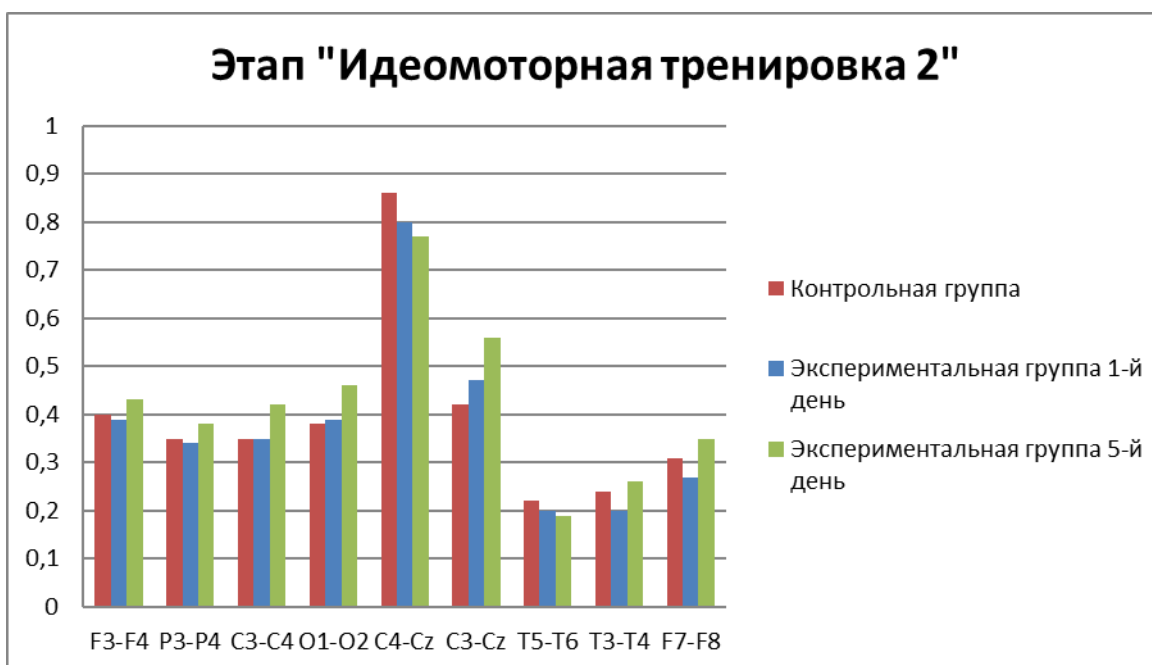


Рисунок 41. Сравнение средних по горизонтальным и центральным связям в бета 1 диапазоне на этапе «Идеомоторная тренировка 2».

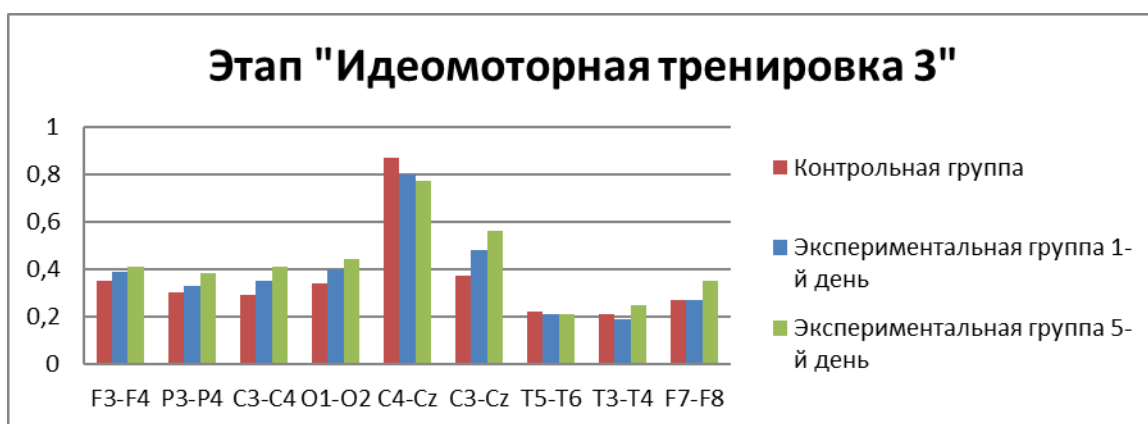


Рисунок 42. Сравнение средних по горизонтальным и центральным связям в бета 1 диапазоне на этапе «Идеомоторная тренировка 3».

Таблица 52. Уровень значимости для различий между экспериментальными срезами экспериментальной группы в разных функциональных пробах.

| Статистика для межполушарных отведений | | | | | |
|--|-------|-----------------------------|------|-----------------------------|-------|
| "идеомоторная тренировка 1" | | "идеомоторная тренировка 2" | | "идеомоторная тренировка 3" | |
| | До | После | | До | После |
| F3F4 | 0,953 | | F3F4 | 0,139 | 0,374 |
| P3P4 | 0,314 | | P3P4 | 0,374 | 0,285 |
| C3C4 | 0,038 | | C3C4 | 0,021 | 0,015 |
| O1O2 | 0,051 | | O1O2 | 0,086 | 0,05 |
| C4Cz | 0,155 | | C4Cz | 0,214 | 0,038 |
| C3Cz | 0,051 | | C3Cz | 0,028 | 0,015 |
| T5T6 | 0,374 | | T5T6 | 0,575 | 0,889 |
| T3T4 | 0,021 | | T3T4 | 0,021 | 0,066 |
| F7F8 | 0,038 | | F7F8 | 0,011 | 0,008 |

Примечание. Темно-зеленым цветом показаны значения $p < 0,05$, светло-зеленым – значения $0,05 < p < 1$, иллюстрирующие устойчивую тенденцию сдвига, но не достигающие уровня $0,05$. Желтым цветом выделено изменение на основании отрицательных рангов (тенденция к снижению).

ПРИЛОЖЕНИЕ 10. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
МОДАЛЬНОСТИ НЕИНВАЗИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА ДИНАМИКУ
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

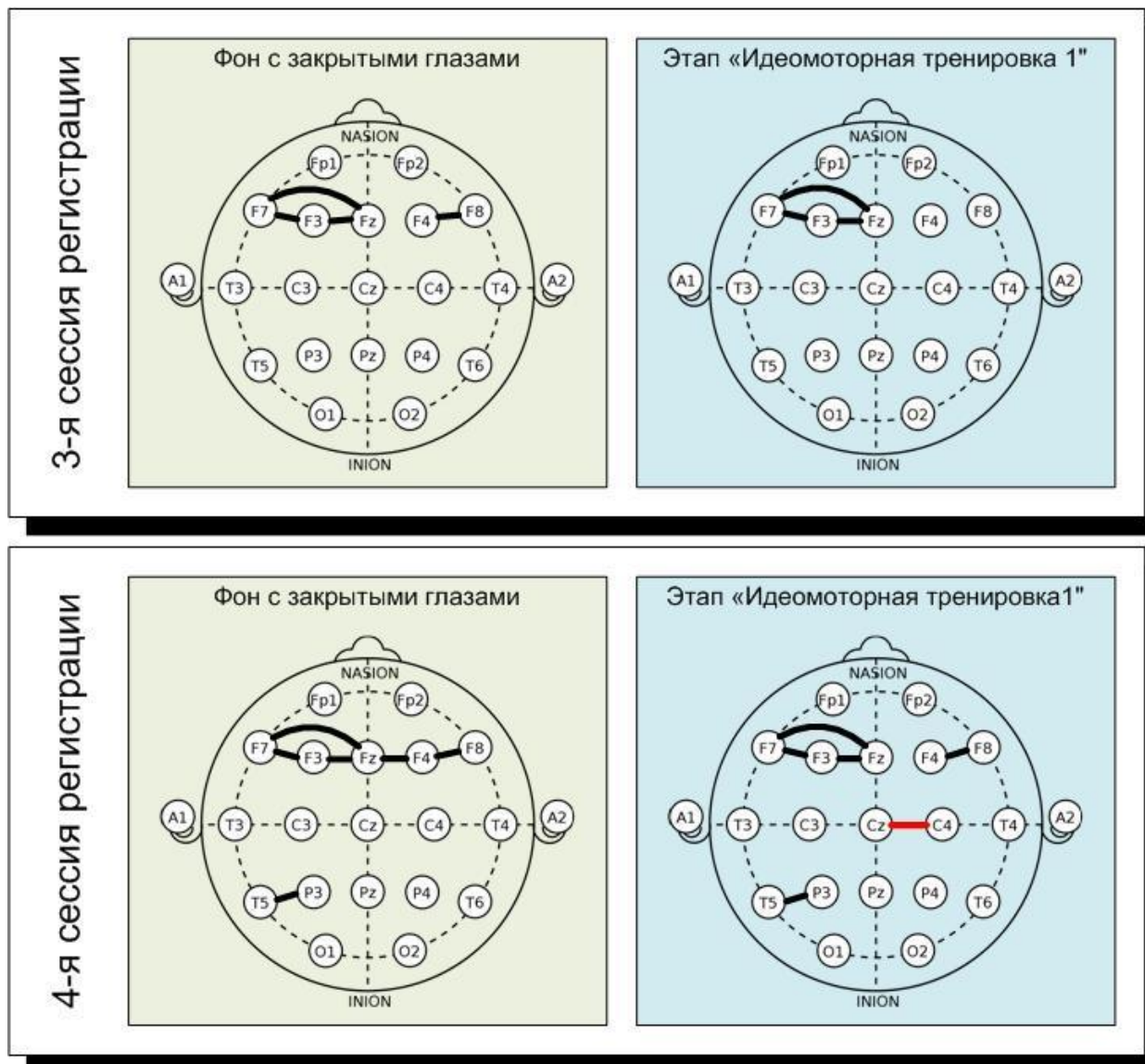


Рисунок 43. На рисунке показаны связи между отведениями с высокими значениями когерентности в альфа-1 диапазоне частот в двух срезах эксперимента, один из которых соответствует преимущественно визуальной модальности (3-я сессия), другой – совокупностью визуальной и кинестетической модальности (4-я сессия).

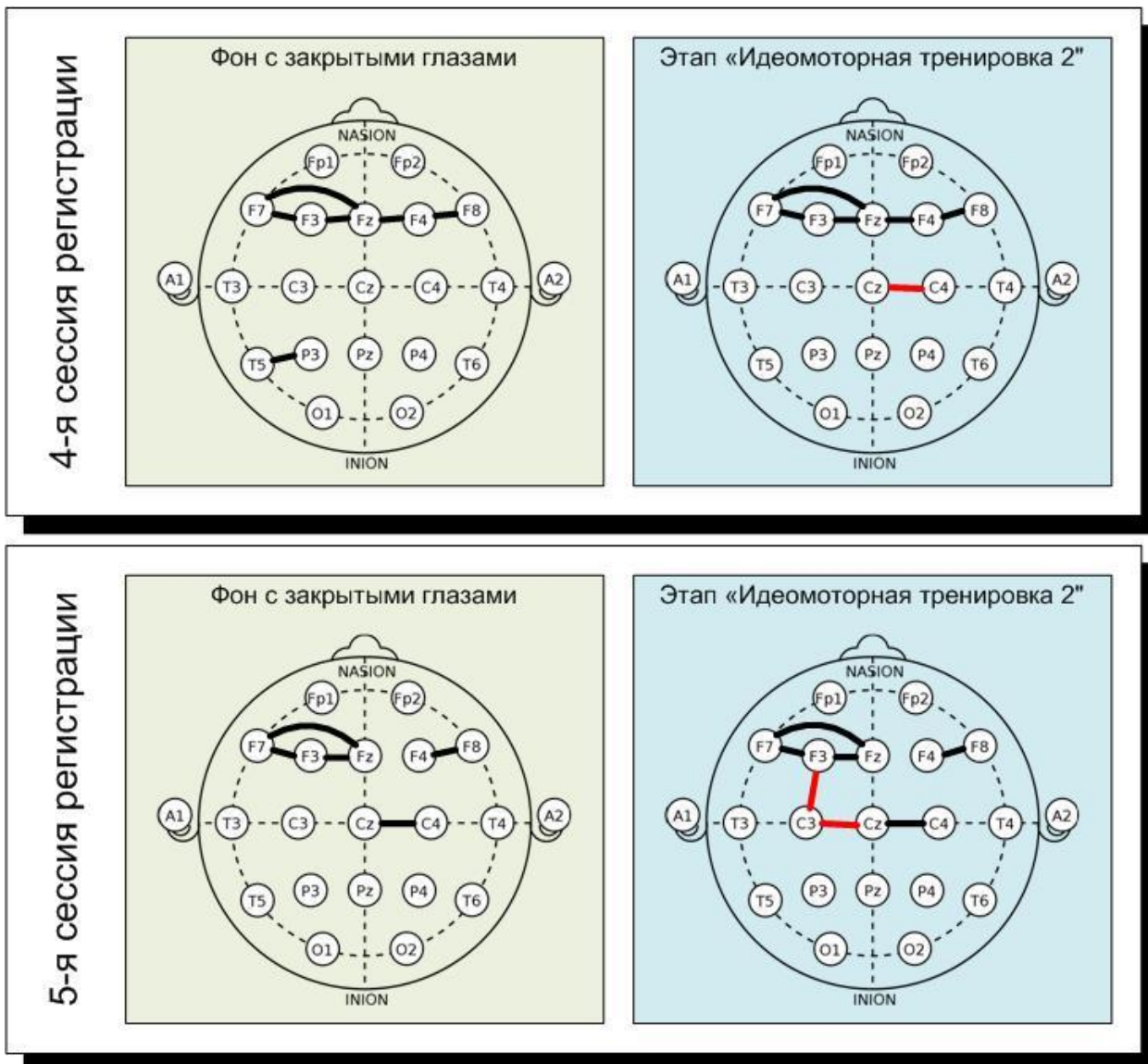


Рисунок 44. На рисунке показаны связи между отведениями с высокими значениями когерентности в альфа-1 диапазоне частот в двух срезах эксперимента, один из которых соответствует преимущественно визуальной модальности (4-я сессия), другой – совокупностью визуальной и кинестетической модальности (5-я сессия).

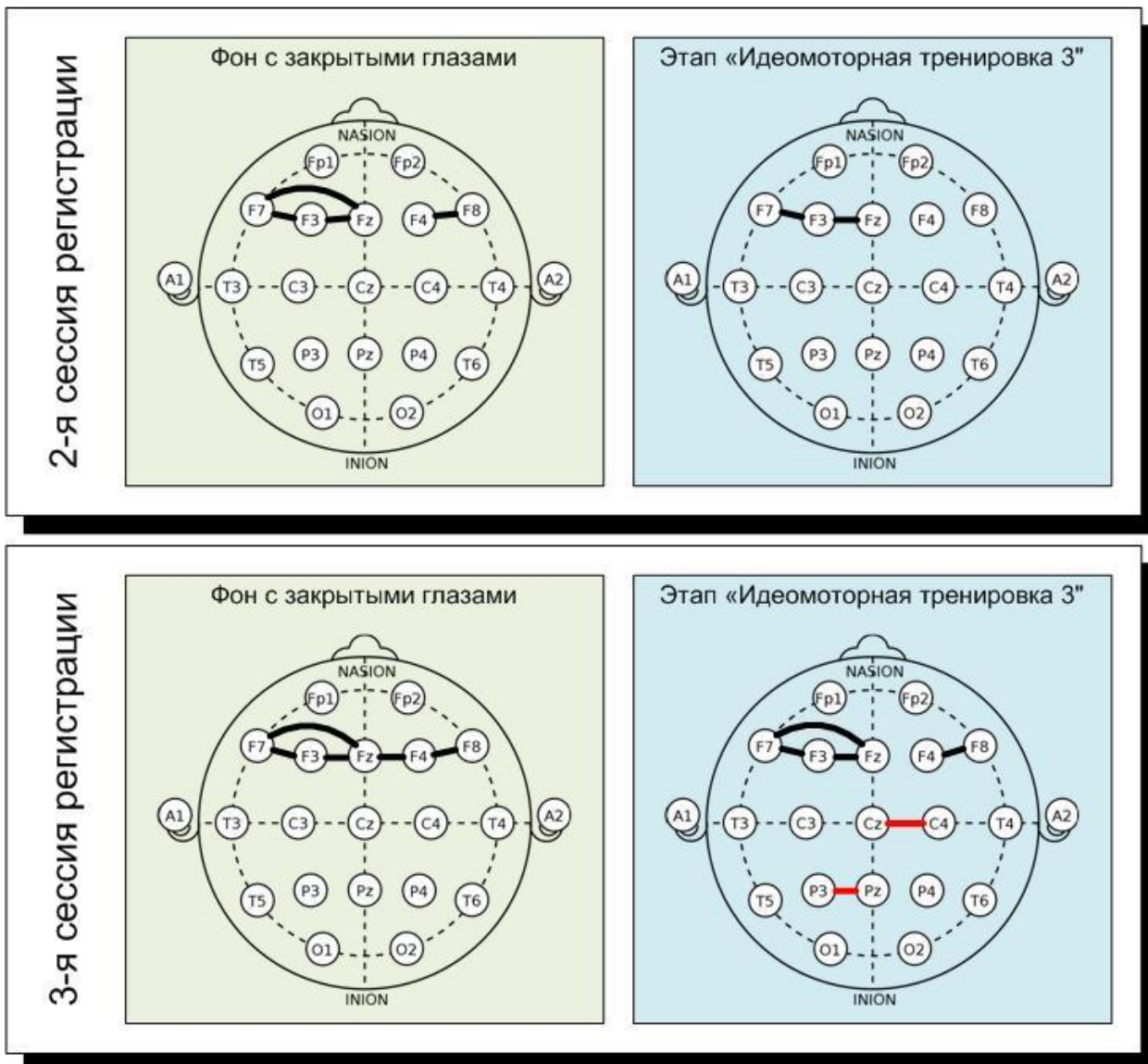


Рисунок 45. На рисунке показаны связи между отведениями с высокими значениями когерентности в альфа-1 диапазоне частот в двух срезах эксперимента, один из которых соответствует преимущественно визуальной модальности (4-я сессия), другой – совокупностью визуальной и кинестетической модальности (5-я сессия).