

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Сибирский государственный университет физической культуры и спорта»

На правах рукописи



Елохова Юлия Алексеевна

**Особенности биоэлектрической активности  
и гемодинамики головного мозга у детей,  
занимающихся дайвингом**

03.03.01 – Физиология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
кандидат биологических наук,  
доцент С.К. Поддубный

Омск – 2014

## Оглавление

Список используемых сокращений	4
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА I. БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ГЕМОДИНАМИКА ГОЛОВНОГО МОЗГА У ЛЮДЕЙ ПРИ ЗАНЯТИЯХ РЕКРЕАЦИОННЫМ ДАЙВИНГОМ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	
1.1. Характеристика факторов, влияющих на функциональное состояние людей, занимающихся рекреационным дайвингом	12
1.2. Изменения в центральной нервной системе человека при различных способах подводных погружений	17
1.3. Современные представления об особенностях биоэлектрической активности и кровоснабжения головного мозга у детей	24
1.4. Методы исследования функционального состояния центральной нервной системы у подводных пловцов	37
ГЛАВА II. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1. Характеристика изучаемого контингента	45
2.2. Организация исследования	46
2.3. Методы исследования	48
2.4. Методика обучения детей дайвингу	51
2.5. Безопасность при подводных погружениях	53
2.6. Методы статистической обработки результатов исследования	53
ГЛАВА III. ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ДАЙВИНГОМ	
3.1. Электроэнцефалографические показатели у детей в нормобарических условиях в начале курса обучения их сноркеленгу и дайвингу	56
3.2. Динамика биоэлектрической активности головного мозга у детей в процессе курса обучения их сноркеленгу и дайвингу	71
3.3. Результаты дисперсионного и факторного анализа ЭЭГ у детей в	89

нормобарических условиях, при занятиях snorkelenгом и рекреационным дайвингом

#### ГЛАВА IV. ОСОБЕННОСТИ ГЕМОДИНАМИКИ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ДАЙВИНГОМ

4.1. Показатели центральной и церебральной гемодинамики у детей в нормобарических условиях в начале курса обучения их snorkelenгу и дайвингу	102
4.2. Динамика показателей центральной и церебральной гемодинамики у детей в процессе курса обучения их snorkelenгу и дайвингу	110
4.3. Результаты дисперсионного и факторного анализа РЭГ у детей в нормобарических условиях, при занятиях snorkelenгом и рекреационным дайвингом	118
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	131
ВЫВОДЫ	152
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	154
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	155
ПРИЛОЖЕНИЯ	178

## Список используемых сокращений

Альфа	– время восходящей части волны
Альфа 1	– время быстрого кровенаполнения
Альфа 2	– время медленного кровенаполнения
ВРПВ, Q <sub>x</sub>	– время распространения пульсовой волны от сердца
ГЗ	– глаза закрыты
ГО	– глаза открыты
ДАД	– диастолическое артериальное давление
ДИА	– диастолический индекс
ДИК	– дикротический индекс
ДКБ	– декомпрессионная болезнь
ПВО	– показатель венозного оттока
ПД	– пульсовое артериальное давление
РИ	– реографический индекс
РЭГ	– реоэнцефалография, реоэнцефалограмма
САД	– систолическое артериальное давление
ЦНС	– центральная нервная система
ЧСС	– частота сердечных сокращений
ЭЭГ	– электроэнцефалография, электроэнцефалограмма

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность проблемы.** Занятия дайвингом в качестве активного отдыха в последние два десятилетия во всем мире стали доступны детям и подросткам [Muth С.-М. et all, 2007; Winkler В. et all, 2011]. Все ведущие международные ассоциации подводной деятельности разрешают занятия дайвингом детям с 12-летнего возраста [Day С. et all, 2008].

Установлено, что при занятиях дайвингом на организм человека влияет комплекс факторов: изменение гравитации, психоэмоциональный стресс, физические нагрузки, гипербарическое воздействие дыхательных газов и гипотермия. Воздействие указанных выше факторов водной и газовой сред сопровождается развитием компенсаторных реакций организма, направленных на минимизацию вызванных изменений. В процессе многократных подводных погружений наблюдается адаптация организма к данным условиям [Следков А.Ю. с соавт., 2003; Благинин А.А., 2006; Chenot J.-F. et all, 2007]. Негативное влияние на центральную нервную систему (ЦНС) дайвера оказывают также наркотическое действие азота и гипероксия [Levett D.Z.H. et all, 2008; Lang M.A. et all, 2009], изменение видимости и слышимости под водой [Следков А.Ю. с соавт., 2003], которые приводят к сильному напряжению нервной системы и преждевременному ее переутомлению [Levett D.Z.H. et all, 2008; Lang M.A. et all, 2009; Sames С. et all, 2009; Gempp E. et all, 2010; Petri N.M. et all, 2012].

Неврологические расстройства при поражении ЦНС во время дайвинга могут варьировать от когнитивных симптомов или небольших сенсорных нарушений (головокружение, ухудшение координации) до более серьезных, таких как онемение, парестезии, ухудшение кровообращения головного мозга, очаговые изменения в ЦНС [Смолин В.В. с соавт., 2006; James T. et all, 2003; Fereshtehnejad S.-M. et all, 2012; Robinson K. et all, 2005; Taylor С.L. et all, 2006]. Известно, что при неврологической форме декомпрессионной болезни наблюдаются патологические изменения биоэлектрической активности головного мозга [Todnem K. et all, 1991; Bjørnstad J. et all, 2002; Gempp E. et all, 2010]. На электроэнцефалограмме (ЭЭГ) регистрируется появление медленноволновой

активности, эпилептических знаков [Murrison A.W. et al, 1995; Grønning M. et al, 2005; Rüegger M. et al, 2012]. В исследованиях отмечается, что 40% несчастных случаев, происходящих при погружении под воду с аквалангом, обусловлено венозной и артериальной газовой эмболией сосудов головного мозга, при этом у 50% дайверов диагностируются неврологические расстройства [Ушаков С.С. с соавт., 2004; Muth С.-М. et al, 2007]. Вместе с тем влияние комплексного раздражителя, которым является гипербарическая среда, на биоэлектрическую активность и гемодинамику головного мозга у детей и подростков, занимающихся дайвингом, не исследовано до настоящего времени.

Изучение функционального состояния ЦНС у дайверов с использованием различных методов проводилось многими исследователями [Todnem K. et al, 1991; Murrison A.W. et al, 1995; Bjørnstad J. et al, 2002; Greig P. et al, 2003; Grønning M. et al, 2005; Lang M.A. et al, 2009; Gempp E. et al, 2010]. Большинство из этих исследований были выполнены на профессиональных водолазах и взрослых дайверах уже после получения травм и развития заболеваний. Единичные работы посвящены изучению ЦНС у юных дайверов [Muth С.-М. et al, 2007; Lemaitre F. et al, 2009; Winkler B. et al, 2011; Fereshtehnejad S.-М. et al, 2012]. Таким образом, влияние подводных погружений с аквалангом на биоэлектрическую активность и гемодинамику головного мозга остается не решенной проблемой, имеющей не только теоретический, но практический интерес. В связи с этим особый интерес представляет выявление закономерностей влияния занятий рекреационным дайвингом на ЦНС и мозговое кровообращение у детей 12-ти лет с учетом возрастно-половых особенностей.

**Цель исследования** – изучить динамику изменений биоэлектрической активности и кровоснабжения головного мозга у детей 12-ти лет при прохождении ими курса обучения дайвингу.

**Задачи исследования:**

1. Изучить биоэлектрическую активность головного мозга у детей 12-ти лет в течение курса обучения их сноркелингу и дайвингу.
2. Исследовать особенности центральной и церебральной гемодина-

мики у детей 12-ти лет в течение курса обучения их сноркелингу и дайвингу.

3. Установить сходство и различия изменений биоэлектрической активности головного мозга, центральной и церебральной гемодинамики у мальчиков и девочек 12-ти лет в течение курса обучения их сноркелингу и дайвингу.

**Научная новизна исследования.** Впервые исследована динамика изменений биоэлектрической активности и кровоснабжения головного мозга у детей 12-ти лет при обучении их сноркелингу и дайвингу в условиях закрытой воды.

Установлено, что после однократного занятия сноркелингом на ЭЭГ отмечается увеличение мощности альфа-ритма в затылочных областях обоих полушарий головного мозга и снижение мощности медленноволновой активности. Изменения в церебральной гемодинамики характеризуются снижением кровенаполнения сосудов в бассейнах внутренних сонных артерий как у мальчиков, так и у девочек, уменьшением частоты сердечных сокращений (ЧСС), увеличением систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления.

Установлено, что однократное погружение под воду с аквалангом вызывает изменение функционального состояния ЦНС и мозговой гемодинамики у детей 12-ти лет. При этом на ЭЭГ отмечается увеличение мощности альфа-ритма в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга у мальчиков и во всех областях головного мозга у девочек, а также снижение мощности дельта-ритма во всех областях коры головного мозга. Одновременно наблюдается снижение кровенаполнения сосудов в бассейне внутренних сонных артерий у мальчиков, в бассейнах внутренних сонных и вертебрально-базилярных артерий обоих полушарий головного мозга у девочек, а также уменьшение ЧСС, увеличение САД и ДАД.

Впервые показано, что во время курса обучения детей сноркелингу отмечается увеличение мощности альфа-ритма в центральных и затылочных областях, снижение мощности тета-ритма в центральных и затылочных областях, дельта-ритма во всех областях обоих больших полушарий коры головного мозга. Изменения гемодинамики характеризуются снижением кровенаполнения сосудов головного мозга в бассейнах внутренних сонных артерий у мальчиков,

уменьшением ЧСС, а также увеличением САД и ДАД у всех испытуемых.

Впервые показано, что многократные погружения детей с аквалангом под воду на глубину 4,5 м приводят к изменению биоэлектрической активности и кровообращения головного мозга. На ЭЭГ отмечается увеличение мощности альфа-ритма в лобной области правого полушария, височных, центральных и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга у мальчиков и во всех областях головного мозга у девочек. При этом происходит снижение мощности тета-ритма в центральных и затылочных областях, дельта-ритма во всех областях обоих больших полушарий коры головного мозга. Изменения гемодинамики характеризуются снижением кровенаполнения сосудов головного мозга в бассейнах внутренних сонных артерий, уменьшением ЧСС, а также увеличением САД и ДАД.

Показано, что при занятиях дайвингом для оценки функционального состояния ЦНС необходимо использовать доступные и высокоинформативные методы исследования ЭЭГ и РЭГ.

**Научно-практическое значение работы.** Полученные результаты исследования биоэлектрической активности головного мозга и мозгового кровообращения у детей 12-ти лет в процессе прохождения ими курса занятий снорклингом и дайвингом позволяют дополнить знания о закономерностях функционирования организма в различных условиях жизнедеятельности, а также внести новые данные в разделы физиологии центральной нервной системы, гипербарической медицины, физиологии подводного плавания и возрастной физиологии.

Показаны достоверные различия электроэнцефалографических и реоэнцефалографических показателей у детей до и после занятий снорклингом и дайвингом. Полученные данные могут служить критериями эффективного контроля и прогнозирования функционального состояния ЦНС у детей 12-ти лет, занимающихся снорклингом и дайвингом. Результаты исследований позволяют осуществлять индивидуальный подход при разработке практических рекомендаций, направленных на повышение устойчивости детского организма

к неблагоприятным воздействиям факторов водной среды при занятиях дайвингом.

Практическая значимость работы также заключается в возможности использования полученных результатов для разработки критериев оценки функционального состояния ЦНС и мозгового кровотока у детей 12-ти лет, занимающихся сноркелингом и дайвингом. Разработанные методические рекомендации могут быть использованы для проведения занятий по детскому дайвингу, при спортивном отборе детей, а также для совершенствования системы обучения дайвингу в дайв-клубах.

Работа выполнена в рамках совместной деятельности кафедр анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены, теории и методики плавания СибГУФК. Материалы диссертации об особенностях биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга, разработанные автором методические рекомендации нашли практическую реализацию в работе дайвинг клуба «Косатка» (г. Ханты-Мансийск), дайвинг центра СибГУФК, внедрены в работу кафедр теории и методики плавания, анатомии, физиологии спортивной медицины и гигиены СибГУФК и кафедры физиологии УралГУФК. Полученные данные могут быть использованы в лекциях по нормальной и патологической физиологии в высших физкультурных и медицинских учебных заведениях.

Методические разработки автора представлены в виде компьютерных программ: «Дайвер-анализер» (свидетельство о регистрации электронного ресурса № 17166 от 07.06.2011. Инв. номер ВНТИЦ № 50201150739 от 11.06.2011) и «Перекодировщик ЭЭГ» (свидетельство о регистрации электронного ресурса № 19429 от 01.08.2013. Инв. номер ВНТИЦ № 50201350870 от 01.08.2013).

**Основные положения, выносимые на защиту диссертационной работы:**

Установлено, что у детей 12-ти лет в течение курса обучения их сноркелингу и дайвингу динамика биоэлектрической активности головного мозга ха-

рактируется увеличением на ЭЭГ абсолютной мощности альфа-ритма и снижением медленноволновой активности. Изменения центральной гемодинамики сопровождаются снижением ЧСС и ПД, увеличением САД и ДАД, а церебральной гемодинамики – снижением кровенаполнения сосудов головного мозга.

**Апробация работы.** Материалы диссертации доложены и обсуждены на следующих конференциях, съездах и симпозиумах: VIII Научно-практической конференции аспирантов и соискателей СибГУФК «Методология в науках о физической культуре и спорте» (Омск, 2011), Региональной молодежной научно-технической конференции «Омское время – взгляд в будущее» (Омск, 2010), III Всероссийской молодежной научно-технической конференции «Россия молодая: передовые технологии в промышленность» (Омск, 2010), Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов, соискателей и студентов «Проблемы совершенствования физической культуры, спорта и олимпизма» (Омск, 2011, 2012, 2013), X Научно-практической конференции «Проблемы развития физической культуры и спорта в новом тысячелетии» (Кемерово, 2012), Международной научно-практической конференции «Молодежь третьего тысячелетия» (Омск, 2012), 18-й Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (Новосибирск, 2012), Региональной молодежной научно-технической конференции «Омский регион – месторождение возможностей» (Омск, 2012, 2013), I Всероссийской конференции «Теория и практика Успеха» (Омск, 2013), V Научно-практической интернет-конференции студентов, аспирантов, молодых ученых (Омск, 2014), научной конференции профессорско-преподавательского состава СибГУФК по итогам работы за 2013 год (Омск, 2014).

Диссертация выполнялась при финансовой поддержке программы «УМНИК» Министерства образования Российской Федерации по теме «Компьютерная система интегральной оценки функционального состояния детей-дайверов». Работа выполнена в рамках НИР ФГБОУ ВПО СибГУФК в соответ-

ствии с темой 02.01 сводного плана НИОКР в сфере физической культуры и спорта.

**Публикации.** Всего по теме диссертации опубликована 21 научная работа, из них 8 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК и 2 свидетельства о регистрации программы ЭВМ. А также получено свидетельство о государственной регистрации базы данных.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследования, результатов исследований и их обсуждения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, приложений и включает в себя 190 страницы текста, 31 рисунок, 36 таблиц. Список литературы включает в себя 225 источников, из них иностранных – 96.

# ГЛАВА I. БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ГЕМОДИНАМИКА ГОЛОВНОГО МОЗГА У ЛЮДЕЙ ПРИ ЗАНЯТИЯХ РЕКРЕАЦИОННЫМ ДАЙВИНГОМ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## **1.1. Характеристика факторов, влияющих на функциональное состояние людей, занимающихся рекреационным дайвингом**

Во всем мире наблюдается рост популярности занятий рекреационным дайвингом. Так, в докладе австралийских ученых отмечается, что в стране ежегодно совершается около 1 миллиона погружений под воду [Greig P. et all, 2003]. В 2010 году в США насчитывалось около трех миллионов дайверов [Trevett A. et all, 2010]. По данным немецкой конфедерации VDST, в 2010 году насчитывалось 75000 ее членов, из которых 6,4% – это дети 7-14-ти лет, а также было зарегистрировано около 1000 дайв-клубов [Trevett A. et all, 2010; Winkler B. et all, 2011].

В России за последние годы популярность занятий рекреационным дайвингом значительно выросла. Долгое время подводных пловцов готовили исключительно по стандартам, предназначавшимся для прохождения службы в военно-морском флоте и армии. Однако с появлением дайвинг-клубов и центров по обучению дайвингу многие люди получили возможность заниматься любительским дайвингом. По данным Российского центра PADI, в 2009 году сертифицированных дайверов-любителей моложе 18 лет насчитывалось около 3% [Зверев Д.П., 2011]. Следует отметить, что в последнее время в России наблюдается устойчивая тенденция роста количества детей и подростков, занимающихся дайвингом.

В соответствии с условиями всемирной Конфедерации подводной деятельности обучение дайвингу детей разрешено с двенадцатилетнего возраста, при этом ограничений по половому признаку не существует. Обучение детей подводному плаванию с аквалангом осуществляется по общепринятой программе для взрослых [Richardson D., 2003; Panchard M.A. et all, 2006; Day C. et all,

2008].

Общепринято, что дети в возрасте до 15-ти лет могут погружаться под воду с аквалангом на глубину не более 18 м, а у детей до 12-ти лет максимальная глубина – до 12 м. Это гарантирует, что юные дайверы подвергаются только минимальному декомпрессионному стрессу [Richardson D., 2003; Winkler B. et all, 2011]. Однако доступной информации о влиянии занятий дайвингом на организм детей и возможных осложнениях очень мало.

Одной из проблем для гипербарической медицины является то, что дайверы-любители представлены людьми разного возраста и пола, различного состояния здоровья [Ушаков С.С., 2005; Зверев Д.П., 2011]. При этом необходимо отметить, что исследований влияния повышенного давления водной и газовой сред на организм детей при занятиях дайвингом крайне мало [Lemaitre F. et all, 2009]. Поэтому в данной работе предпринята попытка оценить функциональное состояние центральной нервной системы и гемодинамики головного мозга у детей, подвергающихся воздействию факторов водной и газовой сред.

Следует отметить, что оценка функционального состояния человека перед погружением и допуск к спуску под воду являются обязательным и необходимым условием для профессиональных подводников. Согласно правилам конфедераций подводной деятельности для того чтобы водолазов признали годными к работе под водой (пребыванию в условиях повышенного давления газовой и водной сред), необходимо проходить раз в год водолазно-квалификационную комиссию, которая устанавливает их профессиональную пригодность [Muth C.-M. et all, 2007; Sames C. et all, 2009].

Расположенные в курортной зоне России и за рубежом дайвинг-центры и клубы, которые обучают рекреационному дайвингу туристов, чаще всего не имеют в своем штате врача, и оценка состояния здоровья человека перед погружениями под воду с аквалангом не осуществляется. При этом необходимо отметить, что инструкторы заинтересованы в увеличении количества людей, занимающихся подводным плаванием с аквалангом, и к допуску по медицинским показаниям всегда относятся формально [Зверев Д.П., 2011]. Таким обра-

зом, в научной литературе имеется недостаточно сведений о влиянии подводных погружений на функциональное состояние организма детей и взрослых [Muth С.-М. et all, 2007], а также отсутствуют критерии для допуска к подводным погружениям с аквалангом [Kraus M. et all, 2012].

Дайвинг – это экстремальный вид деятельности, который связан с пребыванием человека в условиях гипербарической среды. При погружениях под воду с аквалангом в мягком снаряжении на организм человека действуют многочисленные факторы водной и газовой сред: механическое давление воды, высокое парциальное давление газов и избыточное их проникновение в организм, высокая плотность газовой смеси, повышенное сопротивление дыханию, высокая теплоемкость и теплопроводность воды, отсутствие или недостаток освещенности, гипогравитация, динамическое воздействие водной среды и ее загрязненность, наличие ядовитых и опасных животных и высокие физические нагрузки. Все вышеперечисленные факторы вызывают кислородное голодание, физическое переутомление, переохлаждение организма, перенапряжение органов слуха и зрения, ухудшение координации движений, высокое нервно-психическое напряжение, развитие различных травм и заболеваний [Смолин В.В. с соавт., 2006; Robinson K. et all, 2005]. Одним из главных требований безопасности занятий дайвингом является наличие соответствующей физической подготовки дайверов. Это необходимо для того, чтобы в случае крайней необходимости справиться с чрезвычайной ситуацией [Pollock N., 2007].

Также на организм водолаза действуют факторы, которые меняются от погружения к погружению: гидрометеорологические условия, химические и биологические особенности водной среды, свойства химических веществ и ядовитых газов (токсичность вредных веществ в дыхательных газовых смесях), режим погружений (количество спусков в течение суток, интенсивность физических нагрузок, длительность перерывов между погружениями, режимы отдыха и питания, время пребывания на глубине и акклиматизация), стаж погружений и индивидуальная чувствительность (устойчивость) к факторам водной гипербарической среды [Смолин В.В. с соавт., 2006; Taher A. et all, 2008]. Известно,

что нарушения режима труда и отдыха совместно с переакклиматизацией и частыми погружениями способствуют ухудшению функционального состояния организма дайвера-любителя до пограничного и патологического состояний [Ушаков С.С., 2005]. Возможны также патологические реакции организма подводника: появление нервного синдрома высоких давлений, баротравмы уха и легких, наркотическое состояние, кислородное голодание, отравление кислородом, ухудшение слуха, функциональная перестройка работы слуховых и речевых аппаратов, переохлаждение, нарушение системы терморегуляции из-за повышенного теплообмена организма [Смолин В.В. с соавт., 2006].

Важно отметить, что во время повторного воздействия факторов водной и газовой сред на подводника в его организме начинают развиваться компенсаторные реакции, благодаря которым гомеостаз не выходит за пределы физиологического оптимума. Так при однократном погружении под воду с аквалангом, которое осуществляется в соответствии с правилами, в организме человека происходят изменения, не выявляющиеся в виде какого-либо заболевания. Однако многократные погружения могут вызвать неблагоприятные структурные и функциональные изменения в организме человека [Møllerløkken A. et al, 2012]. Поэтому необходимо учитывать индивидуальную предрасположенность организма подводника к неблагоприятным факторам водной и газовой сред. При нарушении этого условия у человека возникает дизадаптация, которая проявляется в функциональной декомпенсации какой-либо системы и развитии заболеваний [Следов А.Ю. с соавт., 2003; Дмитрук А.И., 2004; Чумаков А.В., 2007; Зверев Д.П., 2011].

Занятия дайвингом сопряжены с изменением привычной среды обитания, возрастанием физических и нервно-психических нагрузок. Установлено, что подводные погружения с аквалангом всегда сопровождаются значительным напряжением физических, психических и волевых качеств человека и как следствие – изменением функционального состояния дайверов [Ушаков С.С., 2005; Зверев Д.П., 2011]. Главной составляющей готовности к подводным погружениям с аквалангом является здоровье дайверов. Однако многие проблемы со-

хранения и укрепления здоровья юного дайвера до настоящего времени не решены. Далеки от разрешения и вопросы психофизиологического обеспечения адаптации юных дайверов к факторам водной и газовой сред. При этом необходимо учитывать нейрофизиологические механизмы обеспечения психической деятельности, оптимальная реализация которых зависит от функционального состояния головного мозга [Ушаков С.С., 2005; Андрусенко А.Н., 2010; Зверев Д.П., 2011].

Важно отметить, что в условиях действия экстремальных факторов гипербарической среды адаптивные реакции имеют существенные особенности, которые требуют специального исследования [Ушаков С.С., 2005; Цыган В.Н. с соавт., 2006; Андрусенко А.Н., 2010]. Выделяют несколько признаков функциональных состояний, которые являются критериями адаптации к условиям внешней среды: состояние удовлетворительной адаптации, состояние функционального напряжения и дизадаптации [Ушаков И.Б. с соавт., 2004].

Ведущая роль ЦНС в развитии защитно-приспособительных реакций при стрессе неоднократно подчеркивалась многими исследователями [Чернов В.И., 2004; Ушаков С.С., 2005; Зверев Д.П., 2011]. Универсальным способом, обеспечивающим сохранение гомеостаза при действии неблагоприятных факторов, является усиление функций, проявляющихся на разных уровнях жизнедеятельности. Наряду с гиперфункцией существует адаптивное снижение или даже прекращение функции. Адаптация посредством гипофункции рассчитана на то, чтобы сохранить энергетические ресурсы, обеспечить снижение резервных возможностей, а в ряде случаев избежать опасной ситуации и гибели. Адекватное приспособление организма к тем или иным ситуациям нередко достигается сочетанием гиперфункционального и гипофункционального состояния биологических систем [Саркисов Д.С., 1987; Чернов В.И., 2004]. Однако интимные механизмы стресса и защитно-приспособительных реакций при подводных погружениях во многом остаются еще неясными.

Таким образом, указанные изменения в функциональном состоянии дайвера при воздействии на него факторов гипербарической среды могут иметь раз-

ную выраженность. Крайняя степень их проявления свидетельствует о развитии водолазной патологии.

## **1.2. Изменения в центральной нервной системе человека при различных способах подводных погружений**

Центральная нервная система человека регулирует функцию всех физиологических систем организма. Также она регулирует все процессы жизнедеятельности, обеспечивает связь организма с окружающей средой и приспособление к постоянным ее изменениям [Трошин В.И. с соавт., 1999, 2006; Агаджанян Н.А. с соавт, 2009].

Известно, что к воздействию экстремальных факторов гипербарической среды особенно чувствительна центральная нервная система (ЦНС) подводника [Следков А.Ю., 2003; Levett D.Z.H. et all, 2008]. При этом основными неблагоприятными факторами для центральной нервной системы являются наркотическое действие азота, изменение видимости и слышимости под водой, токсическое воздействие кислорода [Следков А.Ю. с соавт., 2003; Чернов В.И., 2004; Levett D.Z.H. et all, 2008].

Симптомы поражения ЦНС при токсическом воздействии кислорода проявляются нарушением зрения (туннельное зрение, нарушение аккомодации), слуха (звон в ушах, появление посторонних звуков), тошнотой, тремором (особенно мышц лица), повышенной чувствительностью к внешним раздражителям, головокружением и дезориентацией [Кулешев В.И. с соавт., 2001; Schwerzmann M. et all, 2001; Levett D.Z.H. et all, 2008]. Наркотическое действие азота характеризуется эйфорией, азотным опьянением и прогрессирующей депрессией функций ЦНС, а также агрессивностью, ухудшением памяти и появлением ложного чувства безопасности [Levett D.Z.H. et all, 2008].

На воздействие неблагоприятных факторов гипербарической среды возможны следующие патологические реакции ЦНС: нервный синдром высоких давлений, наркотическое состояние, признаки астеноневротического синдрома,

вегетативная лабильность, временная эмоциональная раздражительность, реактивные состояния, неврозы, психозы, энцефалопатии, очаговые изменения нервной системы, а также снижение внимания, показателей умственной и физической работоспособности [Смолин В.В., 2006; Robinson K. et all, 2005; Taylor S.L. et all, 2006]. Статистические данные о смертности при занятиях дайвингом за 2007-2010 гг. показывают, что 10% умерших – это дайверы в возрасте 11-20-ти лет [Tetzlaff K. et all, 2008; Schipke J.D., 2011].

Декомпрессионная болезнь (ДКБ) вызывает острые неврологические симптомы, такие как: нарушение речи, слуха, зрения, а также двигательные расстройства и параличи [Francis T.J.R. et all, 2003]. Возникновение при этом острой мозговой дисфункции может вызвать долгосрочный неврологический эффект, который появляется после гипоксического воздействия при образовании газовых пузырьков, вызывающих закупорку кровеносных сосудов головного мозга. В более тяжелых случаях наблюдаются серьезные изменения в любой части ЦНС [Lang M.A., 2009].

В исследованиях K. Todnem et all (1991), J. Bjørnstad et all (2002) и E. Gempp (2010) отмечается, что при неврологической форме ДКБ имеют место патологические изменения биоэлектрической активности головного мозга. На электроэнцефалограмме (ЭЭГ) подводника регистрируются медленноволновая активность (тета-активность частотой 4-6 Гц в височных или лобных областях головного мозга), диффузные медленные волны и эпилептические знаки [Murrison A.W., 1993; Murrison A.W. et all, 1995; Grønning M. et all, 2005]. В этот момент у пострадавшего могут отмечаться и эпилептиформные припадки [Rüegger M. et all, 2012]. Неврологические расстройства варьируют от когнитивных симптомов или небольших сенсорных нарушений, головокружений, ухудшений координации до более серьезных, таких как онемение и парестезии. В наиболее тяжелых случаях проявляются и опасные для жизни клинические симптомы. Они могут выявляться как в течение первого часа, так и в течение суток после погружения [James T. et all, 2003; Glavaš D., 2010].

Известно, что на глубине 200 футов давление 7 атм у водолазов при ис-

пользовании воздушной смеси происходит заметное снижение амплитуды вызванных потенциалов головного мозга. Показано, что данные изменения связаны с токсическим действием азота [Kinney J.A.S. et al, 1977; Grønning M. et al, 2005]. В своих исследованиях Н.В. Newton et al (2008) отмечает изменения биоэлектрической активности головного мозга (появление медленноволновой активности) у людей, получивших осложнения при занятиях рекреационным дайвингом. По данным С.С. Ушакова (2005), у водолазов после декомпрессионных погружений происходят негативные изменения в ЦНС. При этом на электроэнцефалограмме отмечается увеличение амплитуды альфа-ритма в лобных областях обоих полушарий головного мозга, снижение данного ритма в затылочных областях, а кроме того, регистрируется медленноволновая активность [Ушакова С.С., 2005].

Исследованиями установлено, что дыхание смесью с повышенным содержанием кислорода приводит к различным дисфункциям ЦНС из-за токсичности данного газа. Отравление возможно уже после нескольких минут пребывания человека под водой, особенно если нахождение на глубине сочетается с тяжелым физическим трудом. Это приводит к судорогам, парестезии губ и пальцев, сужению полей зрения, тошноте, появлению на ЭЭГ эпилептиформных электрических разрядов, а также к двигательным дисфункциям (тремор и судороги). При этом отмечено, что индивидуальная чувствительность людей к отравлению кислородом различна [Bennett P.V. et al, 2003; Rügger M. et al, 2012].

Установлено, что гипероксия существенно влияет на кислородный режим организма и вызывает ряд характерных изменений в центральной и вегетативной нервной системах [Нессирио Б.А., 2002; Чернов В.И., 2004]. Во время компенсированного состояния, развивающегося на воздействие физиологических доз гипероксии, происходит расширение физиологических резервов ЦНС, то есть ее способности поддерживать оптимальное состояние уровней деятельности активирующей и деактивирующей систем мозга. Указанная перестройка нервных процессов сопряжена с изменением ряда внешних исследуемых показателей: повышается индекс и мощность доминирующего ритма ЭЭГ, облегча-

ется реакция десинхронизации, возрастает амплитуда и уменьшается латентный период положительного колебания первичного ответа вызванного потенциала в проекционных зонах коры головного мозга, повышаются пороги бульбарных рефлексов и рефлекса Геринга-Брейера [Чернов В.И., 2004]. Необходимо отметить, что определенное место в структуре неспецифической заболеваемости дайверов занимают расстройства периферической нервной системы. Травмы и заболевания периферической нервной системы возникают при воздействии на организм подводного пловца экстремальных факторов подводного погружения. Важную роль при этом играет функциональное состояние нервной системы подводника [Ушаков С.С., 2005; Bennett M.H. et all, 2010].

Сердечно-сосудистая система человека обеспечивает функционирование всех систем организма и участвует в реализации компенсаторных реакций в различных условиях внешней среды [Агаджанян Н.А. с соавт., 2002, 2009]. Специальными исследованиями установлено, что выраженность изменений показателей центральной гемодинамики при подводных погружениях с аквалангом зависит от глубины спуска и гидростатического давления, парциального давления кислорода в дыхательной газовой смеси, частоты погружений и продолжительности отдыха между ними, а также от влияния других специфических и неспецифических факторов водной и газовой сред [Зверев Д.П., 2011].

Показано, что во время пребывания человека в экстремальных условиях приблизительно у 50% людей диагностировали неврологические расстройства, которые были связаны с нарушением тонуса сосудов и дисфункцией вегетативной нервной системы [Møllerløkken A. et all, 2010]. Так, например, в исследованиях И.А. Сапова с соавт. (1978), В.В. Тихенко с соавт. (2001) отмечается, что у водолазов во время однократного погружения под воду в мягком водолазном снаряжении возникал спазм мозговых сосудов, изменялись кровообращение головного мозга и объем спинномозговой жидкости [Сапов И.А. с соавт., 1978; Тихенко В.В. с соавт., 2001; Fereshtehnejad S.-M. et all, 2012]. Важно также обратить внимание на то, что данные изменения сохранялись и после выхода человека из воды.

В другом исследовании показано, что у подводников с зарегистрированными случаями ДКБ были выявлены изменения мозгового кровотока [Staff R.T. et all, 1996]. Установлено также, что возникновение дисфункции ЦНС может наблюдаться и после пребывания человека под водой сопровождавшегося гипоксическим воздействием. При этом образуются газовые пузырьки, которые вызывают закупорку кровеносных сосудов головного мозга [Lang M.A. et all, 2009]. Кроме того, появление в крови пузырьков инертного газа и проникновение их в головной мозг сопровождаются серьезными структурными изменениями в нем [Muth C.-M. et all, 2007].

Показано, что главной причиной патофизиологических изменений в ЦНС у подводных пловцов является формирование инертных газовых пузырьков в крови и тканях, которые образуются во время или после дайвинга [Møllerløkken A. et all, 2012]. Неврологические нарушения могут развиваться даже при подводных погружениях без нарушения режимов декомпрессии [Юрьев А.Ю. с соавт., 2012]. Так, артериальная газовая эмболия при поражении ЦНС вызывает спутанность сознания, сонливость, ретроградную амнезию, нарушение речи и зрения, головокружение, судороги, мышечную слабость, парезы и гемипарезы, потерю сознания [Møllerløkken A. et all, 2012].

Возможны изменения также в сердечно-сосудистой системе: типичные симптомы стенокардии, ишемия миокарда, сердечная аритмия, возможно развитие сердечной недостаточности. Важно отметить, что во время дыхания через регулятор акваланга потеря жидкости может достичь 150 мл и более. Снижение гравитации приводит к равномерному давлению на тело со всех сторон и вызывает увеличение центрального объема крови и, следовательно, увеличение объема нагрузки на правый желудочек сердца [Spicker M. et all, 2011]. Неисправность оборудования и неблагоприятные условия водной среды во время занятия дайвингом приводят к возникновению стресса, что также способствует нарушению кровообращения [Spicker M. et all, 2011; Fereshtehnejad S.-M. et all, 2012].

Известно, что 40% несчастных случаев, происходящих с детьми при по-

гружениях под воду с аквалангом, обусловлено венозной и артериальной газовой эмболией сосудов головного мозга. Важно отметить, что проникновение пузырьков инертного газа в головной мозг влечет за собой серьезные структурные изменения в нем [Muth C.-M. et all, 2007]. Газовые пузырьки артериальной крови могут попасть в мозговое кровообращение и вызывать повышение церебрального перфузионного давления в мелких артериолах [Goreman D.F., 1991; Wilmshust P., 1998; Møllerløkken A. et all, 2012]. Венозно-газовая эмболия приводит к внутримозговым вазоспазмам, что проявляется изменениями в ЦНС. Симптомами данных изменений являются головная боль, вялость, лихорадка. Кроме того, газовые пузырьки могут привести к разрушению миелиновых оболочек нервов [Schipke J.D., 2001; Spicker M. et all, 2011].

При появлении в крови у подводников пузырьков инертного газа может возникнуть неврологическая форма ДКБ, а также повреждения головного мозга. Условием развития данной патологии является попадание газовых пузырьков через открытое овальное окно из венозной крови в артериальную во время декомпрессионных погружений с последующим развитием мозговой артериальной газовой эмболии [Gempp E. et all, 2010]. Следует отметить, что у некоторых водолазов с церебральной тромбоэмболией могут отсутствовать клинические признаки, однако при этом развивается поражение головного мозга («молчаливые инфаркты»). Показано, что у других пострадавших подводников при наличии неврологических симптомов (транзиторной ишемической атаки) могут не отмечаться повреждения головного мозга [Knauth M. et all, 1997].

В исследованиях С.А. Гуляр (2008) показано, что действие экстремальных факторов водной и газовой сред вызывает изменения показателей сердечно-сосудистой системы. Данные факторы вызывают у подводника брадикардию, увеличение диастолического артериального давления, рост периферического сосудистого сопротивления, возрастание тонуса симпатического или парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [Гуляр С.А. с соавт., 1990; Мирошников Е.Г., 2002, 2005; Гуляр С.А. 2008; Wilmshust P. et all, 1998; Schipke J.D. et all, 2001; Yamauchi K. et all, 2002; Hirayanagi K. et all, 2003; Flouris

A.D. et all, 2009]. Может отмечаться также увеличение диастолического наполнения желудочков, увеличение ударного и минутного объемов крови, объемной скорости кровотока, а также фазовые изменения сердечного ритма и изменения на ЭКГ. При этом происходит увеличение тонуса сосудов, снижение сократительной активности миокарда с ухудшением проведения в нем возбуждения [Гуляр С.А. с соавт., 1990; Гуляр С.А., 2008].

Следует отметить, что брадикардия у здорового человека, как правило, развивается вследствие защитно-приспособительной реакции, направленной на ограничение избыточного поступления кислорода к тканям и поддержание постоянства внутренней среды организма. Однако в любом случае снижение ЧСС при гипероксии, безусловно, связано с усилением влияния на сердце блуждающего нерва – вагусной брадикардией [Чернов В.И., 2004].

Установлено, что во время плавания под водой с аквалангом отмечается значительное увеличение мощности высокочастотной составляющей вариабельности ритма сердца, что свидетельствует о преобладании парасимпатического отдела над симпатическим отделом вегетативной нервной системы [Аикин В.А. с соавт., 2010; Flouris A.D. et all, 2009]. Данные изменения связывают с гипербарической гипероксией, развивающейся вследствие увеличения парциального давления кислорода в легких. При попадании кислорода в сосудистое русло происходит полное насыщение гемоглобина крови, а оставшаяся часть кислорода растворяется в плазме крови. Возникающие изменения гемодинамики сопровождаются снижением линейной скорости кровотока, увеличением минутного и ударного объемов крови [Гуляр С.А. с соавт., 1990; Мирошников Е.Г., 2005; Гуляр С.А., 2008].

При погружении под воду с аквалангом увеличивается венозный отток и повышается объем крови во внутренних органах (центральный объем крови). Кровь скапливается в венозной системе, а также в органах-депо крови (печени, легких, селезенке). Важно отметить, что в холодной воде значительно увеличивается центральный объем крови, в более теплой воде данный эффект может и не наблюдаться либо быть незначительным [Смолин В.В. с соавт., 2001].

Известно, что профилактика ДКБ у людей, занимающихся рекреационным дайвингом, осуществляется не на должном уровне, что обусловлено несколькими причинами. Наиболее часто у дайверов-любителей отсутствуют необходимые знания в сфере водолазных травм и болезней. Это связано с небольшим количеством времени, выделенным на изучение профилактики декомпрессионной болезни [Мясников А.А., 2001; Ушаков С.С., 2005; Зверев Д.П., 2011]. Вследствие чего люди при занятиях дайвингом не соблюдают правила профилактики ДКБ до, во время, а также после подводных погружений с аквалангом [Ушаков С.С., 2005; Зверев Д.П., 2011]. Следует отметить, что в России практически отсутствует система оказания квалифицированной и специализированной медицинской помощи дайверам с полученными при погружениях баротравмами и заболеваниями. Не осуществляется оценка функционального состояния подводника, с помощью которой люди, пришедшие заниматься дайвингом, получали бы допуск или же при обследовании выявлялись противопоказания к подводным погружениям с аквалангом [Мясников А.А. с соавт., 2003; Зверев Д.П., 2011].

Таким образом, в настоящее время в отечественной и зарубежной литературе достаточно часто констатируются факты заболеваний и баротравм, полученных при подводных погружениях с аквалангом. Тем не менее, вопросы об изменении биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей, занимающихся дайвингом, на сегодняшний день остаются неизученными.

### **1.3. Современные представления об особенностях биоэлектрической активности и кровоснабжения головного мозга у детей**

В процессе развития ребенка все системы и органы претерпевают ряд преобразований, заключающихся в росте, дифференцировке и интеграции частей развивающегося организма. Головной мозг также развивается и обеспечивает адекватное приспособление человека к окружающей среде [Левина В.И., 2006;

Aaron M. et all, 2009].

Лобные доли головного мозга по объемам серого вещества увеличиваются на протяжении всего детства и достигают своего пика примерно к 11-ти годам у девочек и к 12-ти годам у мальчиков. Значительные изменения в головном мозге в подростковом возрасте происходят в лобных долях обоих полушарий. Данные области играют решающую роль в формировании памяти, контролируют эмоциональное состояние, участвуют в принятии решений и выполняют другие, более высокого порядка, познавательные функции [Aaron M. et all, 2009].

Как и в лобных долях, количество серого вещества в теменных долях достигает максимума приблизительно к 11-ти годам и уменьшается в течение подросткового возраста. Височные доли имеют важное значение для формирования памяти, а также в обработке слуховой информации. Функциями теменных долей являются ощущения, понимание пространственного положения тела. Они также играют важную роль в интерпретации музыки, решении математических задач и в других абстрактных и когнитивных функциях высшего порядка. Затылочные доли головного мозга выполняют функцию обработки визуальной информации. При этом объем серого вещества головного мозга продолжает увеличиваться на протяжении всего подросткового возраста [Мачинская Р.И. с соавт., 2007; Aaron M. et all, 2009].

При исследовании функции коры головного мозга с помощью ЭЭГ важными показателями являются альфа-, бета-, тета- и дельта-ритмы [Nunez P. et all, 1995; Tongran L. et all, 2008]. Известно, что у здоровых людей на ЭЭГ альфа-ритм регистрируется в диапазоне частот от 8 до 13 Гц. Данный ритм формируется у детей к 14-16-ти годам и в дальнейшем не изменяется до начала инволюционных процессов [Благосклонова М.К. с соавт., 1994]. В норме у здорового человека в состоянии спокойного бодрствования, при отсутствии внешних раздражителей, альфа-ритм на ЭЭГ доминирует в затылочных областях коры головного мозга. Его амплитуда снижается от затылочных областей к лобным областям коры головного мозга. Согласно современным данным генерация альфа-ритма связана с реверберацией импульсной активности по интеркорти-

кальным и таламо-кортикальным нейронным сетям головного мозга [Кропотов Ю.Д., 2010; Мельникова Т.С. с соавт., 2011].

У здорового человека в норме на ЭЭГ регистрируются спонтанные изменения амплитуды альфа-ритма, которые выражаются в плавном нарастании и снижении волн с образованием характерных «веретен» альфа-ритма. Длительность веретен колеблется от 2 до 8 с. Наличие веретен альфа-ритма отражает влияние восходящих активирующих систем мозга на кору больших полушарий. Во время повышения уровня функциональной активности головного мозга (напряженного внимания, движения конечностей, ощущения чувства страха, беспокойства, боли) амплитуда данного ритма снижается или же он полностью исчезает. Альфа-ритм отражает важные аспекты обработки информации в головном мозге, он связан с первичной обработкой сенсорной информации, регуляцией поведения и процессов памяти [Rothenberger A., 2009].

Установлено, что уменьшение индекса или амплитуды альфа-ритма свидетельствует о локальном или диффузном поражении коры головного мозга, гипоксическом влиянии на нее, наличии микроструктурных поражений или атрофии зрительного нерва [Middleton J. et al., 2004]. Кроме того, альфа-ритм является информативным показателем эффективности когнитивной и психомоторной деятельности, его вариабельность отражает изменения влияния подкорковых структур на кору головного мозга [Бехтерева Н.П. с соавт., 2007; Базанова О.М., 2011; Nunez P. et al., 2001]. Некоторые авторы указывают, что физиологическая значимость альфа-ритма до конца еще не определена [Гнездецкий В.В., 2004]. Таким образом, наличие хорошо выраженных альфа-веретен на ЭЭГ свидетельствует о сбалансированности адаптивных механизмов организма человека [Giesbrecht T. et al., 2006].

Бета-ритм – это быстроволновая активность с частотой 14-30 Гц и амплитудой 5-30 мкВ. Данный диапазон, связанный с сознательной концентрацией внимания на каком-либо внешнем объекте, характерен для активного, бодрствующего состояния человека. Бета-ритм регистрируется при умственном напряжении или во время решения задач [Алиева Т.А. с соавт., 2010]. В данном

диапазоне выделяют два частотных компонента: бета1- (14-25 Гц) и бета2-ритмы (25-30 Гц) или низко- и высокочастотный ритм [Кропотов Ю.Д., 2010; Jensen O. et all, 2005].

Тета-ритм представляет собой ритмические медленные волны с частотой 4-8 Гц и амплитудой 20-100 мкВ. Известно, что усиление тета-активности регистрируется при дремоте, а также при глубокой релаксации. В то же время увеличение мощности тета-ритма в норме наблюдается в процессе выполнения когнитивной задачи – решении заданий, при выполнении которых необходимо длительное поддержание внимания. Также данный ритм отражает процесс запоминания и извлечения следов памяти [Алиева Т.А. с соавт., 2010; Кошельков Д.А. с соавт., 2010].

Дельта-ритм состоит из высокоамплитудных (амплитуда 20-200 мкВ) волн с частотой 1-3,8 Гц. Известно, что высокие показатели дельта-ритма регистрируются на ЭЭГ при поражении кортикальных отделов головного мозга или, у человека находящегося в фазе глубокого сна [Зенков Л.Р., 2012]. Важно отметить, что увеличение дельта-ритма также отражает тормозные процессы в коре больших полушарий головного мозга. Наличие на ЭЭГ высоких показателей дельта-ритма соответствует снижению уровня функциональной активности коры головного мозга [Алиева Т.А. с соавт., 2010; Дадаева Х.Х., 2012; Спиридонова М.Д., 2013], скорости психических процессов [Чуян Е.Н. с соавт., 2008]. Увеличение мощности дельта-ритма во всех долях головного мозга регистрируется при тревожном ожидании [Чуян Е.Н. с соавт., 2008]. В настоящее время доказано, что тета- и дельта-ритмы участвуют в когнитивной деятельности здорового человека [Полунина А.Г. с соавт., 2011].

Показано, что основные ритмы ЭЭГ человека (альфа- и тета-ритм) отражают механизмы регуляции функционального состояния корковых ансамблей нейронов. Роль лимбико-таламо-кортикального тета-ритма состоит в избирательной обработке значимой информации [Ларькина Е.Г. с соавт., 2005; Новикова С.И. с соавт., 2009; Klimesch W., 1999].

Известно, что для ЭЭГ здорового человека характерна симметричность

волн, которая зависит от механизмов, определяющих уровень активности всего головного мозга. Данная особенность является важным критерием диагностики заболеваний центральной нервной системы. Следует отметить, что доминирование альфа-ритма при закрытых глазах в покое регистрируется на ЭЭГ у 85-90% здоровых людей. Максимальная амплитуда данного ритма зафиксирована в затылочных областях коры головного мозга. По направлению к фронтальным областям мозга амплитуда альфа-ритма снижается, и данный ритм сочетается с бета-ритмом. В то же время регулярный альфа-ритм с амплитудой не более 20 мкВ регистрируется у 10-15% здоровых людей и у них во всех областях коры головного мозга наблюдаются высокочастотные низкоамплитудные колебания. Отмечено, что низкоамплитудный тип ЭЭГ формируется в процессе созревания организма [Зенков Л.Р., 2012].

В возрасте 11-12-ти лет начинается пубертатный период развития, при этом характерно повышение напряжения всех физиологических систем организма со значительным увеличением энергетических затрат. Важно отметить, что данные изменения приводят к возникновению эмоциональной нестабильности и большей подверженности детей, внешним влияниям [Кустубаева А.М., 2012; Kristina T.C., 2010].

На сегодняшний день опубликованы многочисленные сведения о возрастных особенностях формирования биоэлектрической активности головного мозга у детей [Новикова Л.А., 1961; Фарбер Д.А. с соавт., 1972; Благосклонова Н.К., 2000; Иванов А.Б., 2002; Королева Н.В. соавт., 2002; Новикова С.И., 2009], а также у взрослых и пожилых людей [Терещенко Е.П. с соавт., 2010]. В работах изучены амплитуда и частота ритмов головного мозга, особенности биоэлектрической активности, характерные для различных возрастных периодов, которые были определены при визуальном и количественном анализе ЭЭГ человека [Залата О.А. с соавт., 2012].

Биоэлектрическая активность головного мозга имеет свои особенности на каждом этапе индивидуального развития, которые обусловлены гетерохронностью созревания коры головного мозга, подкорковых образований и различной

степенью участия этих структур мозга в формировании ЭЭГ. Важно отметить, что ЭЭГ взрослого человека отличается от таковой у детей [Иванов А.Б., 2002; Алиева Т.А. с соавт., 2010]. С возрастом происходят изменения частотного спектра ЭЭГ, что связано с уменьшением степени выраженности медленных и увеличением быстрых ритмов у детей [Фарбер Д.А. с соавт., 2001; Семенова Н.Ю., 2006].

Из данных литературы известно, что к началу периода полового созревания отмечается увеличение синхронизации ритмов. В то же время происходит постепенное ускорение корковой ритмики, и на ЭЭГ практически полностью исчезают дельта- и тета-ритмы в период бодрствования. При этом регистрируется регулярный альфа-ритм в теменных и затылочных долях коры больших полушарий [Фарбер Д.А. с соавт., 1972; Рожков В.П. с соавт., 2000; Кожушко Н.Ю., 2005; Алиева Т.А. с соавт., 2010]. Такая стабилизация ЭЭГ проявляется в том, что на протяжении последующей жизни ее спектр остается в существенной мере стабильным, индивидуально характерным для человека [Кожушко Н.Ю., 2005; Алиева Т.А. с соавт., 2010].

Значительное влияние на показатели биоэлектрической активности головного мозга оказывают эндокринные изменения, которые связаны с половым созреванием. Повышение активности центрального регуляторного звена эндокринной системы – гипоталамо-гипофизарного комплекса приводит к существенным изменениям баланса корково-подкоркового взаимодействия, появлению на ЭЭГ подкорковых диэнцефальных знаков – комплексов высокоамплитудной волновой активности, которые на ЭЭГ зрелого типа в норме не наблюдаются. На электроэнцефалограммах у детей данного возраста отмечается снижение мощности альфа-ритма и показателей пространственной синхронизации [Новикова С.И., 1994; Фарбер Д.А. с соавт., 1996]. Данные изменения на ЭЭГ сопровождаются отклонениями в нервно-психическом статусе и поведении ребенка (повышенной нервозности, утомляемости, эмоциональности, снижении адаптационных возможностей), отмечаются определенные отклонения в реализации когнитивных процессов [Фарбер Д.А. с соавт., 2001].

На заключительных стадиях полового созревания все изменения нивелируются: исчезают диэнцефальные знаки, уменьшается спектральная мощность тета-ритма, возрастает мощность альфа-ритма. К 16-ти годам когерентность альфа-ритма во всех отведениях достигает максимальных значений [Фарбер Д.А. с соавт., 2001]. Полученные рядом авторов данные показывают, что доминирование спектральной мощности в диапазоне низких частот и дефицит спектральной мощности в области высоких частот могут сочетаться с нарушением внимания, снижением памяти и задержкой психического развития у детей [Зенков Л.Р. с соавт., 2011].

С возрастом спектральная мощность медленноволновой активности снижается во всех областях коры головного мозга. Значительное снижение дельта-ритма во всех областях происходит к 10-14-ти годам [Семенова Н.Ю., 2006]. В период с 10-ти до 14-ти лет на ЭЭГ часто регистрируются низкоамплитудные медленные волны преимущественно тета-диапазона, сочетающиеся с альфа- и мю-ритмами. Низкоамплитудные медленные волны встречаются у детей этой возрастной группы в 25% случаев [Зенков Л.Р., 2012]. Значительное увеличение спектральной мощности альфа-диапазона в теменных, центральных и затылочных долях мозга происходит к 10-12-ти годам [Семенова Н.Ю., 2006].

Известно, что четкий и устойчивый альфа-ритм у детей в 10-12-летнем возрасте в 50% случаев локализуется в теменных и затылочных областях коры головного мозга. Кроме того, альфа-ритм в ряде случаев может регистрироваться в центральных и лобных областях коры головного мозга. В данном возрасте у детей альфа-ритм имеет частоту до 10 Гц и амплитуду до 90 мкВ [Сергеева Е.Г., 2009]. Важно отметить, что у девочек пубертатный процесс начинается несколько раньше, чем у мальчиков [Парайц Э. с соавт., 1980]. В этом возрасте альфа-ритм уже сформирован, но на ЭЭГ еще регистрируется тета-активность. Такие волны единично обнаруживаются в лобных областях головного мозга. Общая картина ЭЭГ становится неправильной или десинхронной. Исследователи связывают эти особенности с общими изменениями процессов высшей нервной деятельности и гормонального фона [Семенова Н.Ю., 2006;

Сергеева Е.Г., 2009; Winesett S. et al, 2008].

На ЭЭГ у детей 13-16-летнего возраста альфа-ритм регистрируется в затылочных областях коры головного мозга, медленные волны отмечаются в теменных и лобных областях. В этом возрасте увеличивается число ЭЭГ с преобладанием бета-ритма. При этом показано, что медленноволновая активность мозга с возрастом постепенно снижается [Иванова А.Б., 2002].

В исследованиях ученых показано, что у детей в возрасте 10-12-ти лет альфа-ритм в затылочных областях уже сформирован [Алиева Т.А. с соавт., 2010; Kristina T.C. et al, 2010]. В 12-летнем возрасте у детей начинается пубертатный период и наблюдается некоторое усиление медленноволновой тета-активности (возможно увеличение количества тета-волн). Такие волны локализуются в лобных областях коры головного мозга, при этом общая картина ЭЭГ становится неправильной, «десинхронной». Некоторые исследователи связывают эти особенности с общими изменениями процессов высшей нервной деятельности и гормонального фона, напряжением активности нервной системы, а также с процессом полового созревания [Арешидзе Н.В., 2004; Сергеева Е.Г., 2009]. В период 10-14-ти лет на электроэнцефалограмме часто регистрируются низкоамплитудные медленные волны, преимущественно тета-диапазона, сочетающиеся с альфа-ритмом. При этом низкоамплитудные медленные волны встречаются у детей этой возрастной группы в 25% случаев [Зенков Л.Р., 2012].

Таким образом, в норме ЭЭГ 12-летнего ребенка по параметрам основных ритмов, и ее пространственной организации очень близка к таковой взрослого человека. Однако у детей этого возраста еще продолжает формироваться биоэлектрическая активность головного мозга и отсутствует пространственная синхронизация ритмов ЭЭГ, свойственная взрослому человеку [Зенков Л.Р., 2012]. Из данных научной литературы известно, что становление биоэлектрической активности головного мозга, характерной для взрослого человека происходит к 13-ти годам, а завершается к 16-18-ти годам [Алиева Т.А. с соавт., 2010]. В исследованиях Е.Г. Сергеевой (2009) отмечено, что стабилизация ритмов наступает в возрасте 18-20-ти лет. Важно отметить, что функциональное

состояние головного мозга зависит от изменений биоэлектрической активности, гемодинамики и метаболизма головного мозга [Сазонова О.Б., 1999].

Кровообращение в головном мозге осуществляется через относительно обособленные бассейны магистральных, пиальных и внутренних мозговых артерий при участии клеточных структур гематоэнцефалогического барьера [Мотавкин П.А. с соавт., 2008]. Головной мозг снабжается кровью двумя внутренними сонными артериями и двумя позвоночными артериями, которые в основании мозга образуют виллизиев круг. Ему принадлежит функция гашения пульсовых колебаний для обеспечения равномерности притока крови к полушариям мозга принадлежит виллизиеву кругу. Анатомической особенностью сосудистой системы головного мозга является расположение мозговых артерий на поверхности снабжающего органа, образования воротной системы, что обеспечивает оптимальные условия кровоснабжения коры и создает дополнительную систему артериальных анастомозов [Судаков К.В., 2006].

Церебральное кровообращение человека характеризуется высокой интенсивностью и значительной автономностью, независимостью от функционального состояния системной гемодинамики [Исупов И.Б., 2008]. Стабильность церебрального объема крови сохраняется при изменении артериального давления от 60 до 150 мм рт.ст. Сосуды головного мозга, как и иные сосуды тела человека, совершают ритмические колебания трех типов: пульсовые, дыхательные и вазомоторные. Важно отметить, что гемодинамика головного мозга поддерживается пульсовым давлением крови [Ярулин Х.Х., 1983; Петрова Г.С., 2012].

Отток крови из полости черепа осуществляется по развитой венозной системе и через отводящие внечерепные вены. Адекватная функциональная активность головного мозга зависит от состояния локального кровотока. Повышение активности одних областей головного мозга приводит к усилению кровообращения и уменьшению кровоснабжения других долей мозга, находящихся в состоянии покоя [Ярулин Х.Х., 1983; Петрова Г.С., 2012]. Важно отметить, что равнонаправленное изменение мозгового кровообращения у человека происходит и при сильных психоэмоциональных напряжениях [Петрова Г.С.,

2012].

Возрастные изменения показателей кровообращения у детей 5-17-ти лет характеризуются увеличением тонуса сосудов крупного калибра на фоне существенных изменений амплитудных показателей реографического комплекса, систолического притока и изменения пульсового кровенаполнения сосудов [Тупицин И.О., 1985; Безобразова В.Н. с соавт., 2003].

Систолическое артериальное давление у детей в 12-летнем возрасте в большинстве случаев колеблется в пределах 100-120 мм рт.ст., ДАД в пределах 60-80 мм рт.ст. [Шлык Н.И. с соавт., 2005].

Изменение мозговой гемодинамики у детей в значительной степени обусловлено ростом и развитием сосудистой сети головного мозга. Необходимо отметить, что кровоснабжение головного мозга является специализированной частью системного кровообращения, и, следовательно, колебания показателей центральной гемодинамики вызывают изменения в характере мозгового кровотока [Безобразова В.Н., 2002; Хананашвили Я.А., 2007]. Показано, что изменение мозговой гемодинамики в процессе роста и развития связано с морфофункциональными особенностями строения сосудистой сети головного мозга у детей [Железкова А.А. с соавт., 2010].

Известно, что с возрастом происходит изменение периферического звена системы кровообращения, снижение эластичности сосудистой стенки, повышение ее тонуса, а также снижение пульсового кровенаполнения по мере роста и развития детей [Игнатосян А.Г., 2008]. В пубертатном периоде отмечается специфический нейрогуморальный профиль и происходит изменение регуляции тонуса сосудов. Также отмечается физиологическая гиперфункция гипоталамо-гипофизарной и симпато-адреналовой систем, что оказывает влияние на деятельность сердечно-сосудистой системы и на степень повышения тонуса сосудов [Торшин В.И. с соавт., 2001; Игнатосян А.Г. с соавт., 2008].

Гемодинамика головного мозга у детей данного возраста отличается большей интенсивностью и лабильностью по сравнению с кровоснабжением головного мозга у взрослых. С возрастом происходит снижение тонуса артерий ма-

лого калибра, повышение тонуса артерий крупного калибра, в то время как объемная скорость мозгового кровотока в процессе онтогенеза изменяется волнообразно. Капиллярное русло имеет то же строение, что и у взрослых людей. Диаметр капилляров равен 8,4-8,7 мкм, длина в 1 мм<sup>3</sup> вещества мозга составляет 318-320 мм, площадь их обменной поверхности – 8,0-8,29 мм<sup>2</sup>. Эти данные свидетельствуют о морфофункциональной зрелости сосудистого русла головного мозга у детей [Низамов Ф.Х., 2006].

С возрастом происходит изменение реографических показателей, что связано со снижением эластичности стенок крупных сосудов. Данные изменения отмечаются на РЭГ ступенчатым укорочением времени систолического подъема реографической волны, уменьшением крутизны анакроты [Гирманов Р.Ф. с соавт., 2003]. Из данных научной литературы известно, что к 11-12-ти годам происходит завершение становления показателей РЭГ, отражающих степень кровенаполнения крупных артерий, тонус артериальных сосудов, средних и крупных вен [Росин Ю.А., 2006; Долгих Г.Б., 2007].

В возрасте 10-12-ти лет отмечается снижение объемного мозгового кровотока в лобных и височных долях головного мозга [Тупицин И.О., 1988; Каторгин Г.И., 2005]. Установлено, что в 12-15-летнем возрасте в процессе роста и развития детей происходит постепенное увеличение объемного мозгового кровотока [Железкова А.А. с соавт., 2010]. В этот период у детей снижается зависимость абсолютной и относительной величины церебральной фракции кровообращения от параметров артериального давления, а взаимосвязь с показателями сердечного выброса увеличивается [Мишина Е.Г., 2005]. Наиболее интенсивное увеличение абсолютной церебральной фракции кровообращения регистрируется в возрасте от 12-17-ти лет и достигает значений, близких к дефинитивным, в возрасте 17-ти лет [Матин Б.В., 2008]. Увеличение объемного мозгового кровотока и тонуса крупных артерий связано с интенсивным половым созреванием, которое происходит в период с 12-13-ти до 14-15-ти лет [Безобразова В.Н. с соавт., 2003].

В своих исследованиях некоторые авторы отмечают, что по мере роста и

развития детей регистрируется повышение абсолютных значений объемной скорости системного и церебрального кровообращения. Например, у девочек в возрасте 10–16-ти лет скорость кровотока в средней и базилярной артериях выше, чем у мальчиков [Vavilala M.S. et al., 2005]. Известно, что у мальчиков в возрасте 11-17-ти лет величина мозгового кровотока увеличивается в 2 раза. Тонус крупных, средних и мелких артерий, определенный по скоростным показателям, в возрасте от 11 до 16-ти лет увеличивается. Важно отметить, что в этом возрасте значение показателя максимальной скорости быстрого кровенаполнения сосудов головного мозга снижается. Величина амплитуды артериального компонента РЭГ (позволяет судить об интенсивности артериального притока и в какой-то мере о тонусе церебральных артерий), дикротический индекс (косвенно отражает периферическое сосудистое сопротивление и тонус артерий) у мальчиков в период от 11-ти до 17-ти лет уменьшается. Однако эти показатели в период с 11-ти до 13-ти лет достоверно не изменяются [Андреева И.Г. с соавт., 2005].

В возрасте 11-15-ти лет волнообразно повышается диастолический индекс, который позволяет судить о состоянии оттока крови из артерий в вены. При этом мозговое кровообращение относительно не зависит от изменений центральной гемодинамики [Андреева И.Г. с соавт., 2005]. В возрасте 11-12-ти лет у девочек на РЭГ регистрируется снижение скорости распространения пульсовой волны. Известно, что у девочек с 12-13-ти лет, а у мальчиков – с 13-15-ти лет на фоне снижения тонуса артерий малого калибра регистрируется достоверное увеличение тонуса крупных мозговых артерий, а в возрасте 15–17-ти лет отмечается снижение сосудистого тонуса [Безобразова В.Н. с соавт., 2003, 2004].

Рост и дифференцировка сосудов, а также перераспределение количества капилляров происходит у детей в возрасте 7-18-ти лет. Одновременно с развитием сосудистой системы мозга идет формирование аппарата нейрогенной регуляции, парасимпатические волокна появляются с небольшим опережением симпатических волокон. В период полового созревания происходят количе-

ственные и качественные изменения нервного аппарата сосудов. Распределение и протяженность внутримозговых сосудов, а также способы ветвления обусловлены возрастным развитием волокон и клеток головного мозга [Пономарева И.А., 1985, 2005; Семенова Л.К. с соавт., 1988; Русанов В.Б. с соавт., 2001].

Известно, что на РЭГ у младших школьников отмечается увеличение: реографического, дикротического и диастолического индексов. Это является свидетельством улучшения пульсового кровенаполнения мозговых сосудов и повышения тонуса артериол и венул [Кроливец Н.А. с соавт., 1995].

Из данных научной литературы известно, что в пубертатном периоде повышение тонуса крупных сосудов головного мозга может сопровождаться нарушением адекватной регуляции сосудистого тонуса [Агаджанян Н.А. с соавт., 2009], что является одной из причин юношеской гипертонии [Сороко С.И. с соавт., 2004]. К 16-17-ти годам мозговое кровообращение юношей и девушек не отличается по своим параметрам от типичного для взрослого человека. При этом с возрастом мозговой кровотока становится менее чувствительным к влиянию физических нагрузок, т. е. заметно повышается надежность механизмов кислородного обеспечения мозга при разнообразной деятельности [Животова В.А., 2011].

В работах М.Г. Князева, И.О. Тупицына (1984) показано, что в состоянии относительного покоя гемодинамика головного мозга детей 12-13-ти лет характеризуется стабильностью и высокой интенсивностью. С возрастом отмечается становление физиологических механизмов, регулирующих мозговой кровотока [Исупов И.Б., 2001]. Возрастное снижение интенсивности кровообращения головного мозга связывают с общим развитием организма и понижением уровня метаболизма [Тупицин И.О. с соавт., 1995, 2000; Безобразова В.Н. с соавт., 2002, 2003; Русанов В.Б. с соавт., 2002].

Известно, что у детей с 12-летнего возраста структура артериальной сети мягкой оболочки головного мозга также отличается от таковых у взрослых людей, однако к концу подросткового возраста оказываются сформированными не только рельеф больших полушарий головного мозга, но и внемозговые артерии

и артериальная сеть мягкой оболочки головного мозга [Низамов Ф.Х., 2006].

Важно отметить, что гемодинамика головного мозга изменяется в зависимости от вида, объема и интенсивности физической нагрузки. Так, например, при тренировках относительно малого объема и интенсивности регистрируется увеличение кровенаполнения сосудов головного мозга, повышение тонуса крупных артерий, уменьшение тонуса артериол и венул. В то время как при тренировках максимального объема, с развитием утомления, наблюдается уменьшение кровенаполнения сосудов головного мозга, повышение тонуса артериол и венул, нарушение венозного оттока, при этом возникает асимметрия парных показателей кровообращения головного мозга, а также возможно появление венозных волн на РЭГ-кривых. Необходимо отметить, что при значительном утомлении часто отмечается снижение тонуса венул [Ронкин М.А. с соавт., 1997; Иванов Л.Б. с соавт., 2000; Кривец Е.В., 2001; Васильева Р.М., 2009].

Важно отметить, что увеличение кровоснабжения головного мозга наблюдается при снижении парциального давления кислорода в артериальной крови и ткани мозга до 50 мм рт.ст. (пороговый уровень) и может достигать 2-3 кратной величины при гипоксемии около 20 мм рт.ст. При повышении парциального давления кислорода мозговой кровоток уменьшается. Так при вдыхании кислорода под давлением 3 атм. уровень мозгового кровотока снижается на 20–25% за счет повышения сосудистого сопротивления в головном мозге на 50% [Иванов А.Б., 2002].

#### **1.4. Методы исследования функционального состояния центральной нервной системы у подводных пловцов**

Исследование функционального состояния мозга дайверов в различных условиях водной среды проводилось многими исследователями. Функция ЦНС изучалась с помощью различных методов: транскраниальной магнитной стимуляции [Todnem K. et all, 1991; Lang M.A. et all, 2009], электроэнцефалографии

[Murrison A.W. et al, 1995; Bjørnstad J. et al, 2002; Greig P. et al, 2003; Grønning M. et al, 2005], реоэнцефалографии [Gempp E. et al, 2010], магнитно-резонансной и позитронно-эмиссионной томографии [Fereshtehnejad S.-M. et al, 2012], а также ультразвуковой доплерографии [Kinney J.A.S. et al, 1977; Knauth M. et al, 1997]. Так, ультразвуковое доплерографическое исследование головного мозга человека не позволяет изучить тонус стенок мелких и мельчайших интракраниальных артерий, а выявляет только особенности внутричерепного венозного кровообращения, характеризует кровообращение на уровне определенного участка исследуемой артерии [Ронкин М.А. с соавт., 1997]. Данный метод и в настоящее время применяется для прогнозирования риска возникновения декомпрессионной болезни, а также для диагностирования пузырьков инертного газа в кровеносном русле [Шитов А.Ю., 2007; Nishi R.Y. et al, 2003]. Следует отметить, что некоторые ученые в своих исследованиях описывают случаи возникновения декомпрессионной болезни при сравнительно низком уровне декомпрессионного внутрисосудистого газообразования или полного отсутствия газовых пузырьков [Шитов А.Ю., 2007]. Однако интерпретация ультразвуковых сигналов при обнаружении газовых пузырей занимает много времени и требует высококвалифицированных специалистов [Eftedal O.S. et al, 2007]. Поэтому использование данного метода в практике подводной медицины ограничено.

Проведение транскраниальной магнитной стимуляции головного мозга и периферических нервов позволяет в клинических условиях изучить состояние моторной зоны коры головного мозга, провести количественную оценку степени вовлечения кортикоспинальных двигательных путей, а также разных участков периферических моторных аксонов (в том числе моторных корешков спинного мозга) в патологический процесс. Метод транскраниальной магнитной стимуляции рассматривается специалистами как безопасное воздействие, однако иногда при его проведении бывают осложнения (обмороки, индуцированные припадки). Также он иногда вызывает дискомфорт, боль. Использование методов может нанести некоторый вред органам слуха, привести к возникновению

ожогов кожных покровов [Huang Y.Z. et all, 2009].

При исследовании головного мозга методом магнитно-резонансной томографии установлено, что у 66% рекреационных дайверов поражение головного мозга было связано с проникновением инертных газовых пузырьков через большое овальное окно сердца в головной мозг [Gempp E., 2010]. В своих исследованиях Reul J. (1995) отмечал поражение головного мозга у дайверов-любителей, большинство из которых не имели историю декомпрессионной болезни [Knauth M. et all, 1997]. Следует обратить внимание, что для метода магнитно-резонансной томографии характерна низкая разрешающая способность, что не позволяет адекватно оценивать особенности церебральной гемодинамики и региональной микроциркуляции [Исупов И.Б., 2001].

Важно отметить, что у дайверов с неврологической формой декомпрессионной болезни поражение головного мозга не всегда обнаруживается при помощи магнитно-резонансной томографии [Knauth M. et all, 1997]. Что же касается других методик исследования ЦНС и мозговой гемодинамики, то использование методов масс-спектрометрии, газовой хроматографии, водородной полярографии и радиоизотопного метода представляет определенные трудности с точки зрения методической сложности [Нессирио Б.А., 2002]. Таким образом, необходим дальнейший поиск методик, позволяющих адекватно оценивать функцию ЦНС диагностировать этап образование газовых пузырьков у подводников [Шитов А.Ю., 2007].

Для эффективной оценки функционального состояния ЦНС и мозговой гемодинамики у подводных пловцов целесообразно использовать, прежде всего, те методы исследования, которые являются наиболее информативными, мобильными, недорогими и доступными. По нашему мнению, таковыми являются ЭЭГ и РЭГ.

Начало изучению электрических процессов мозга было положено Д. Реймоном (Du Bois Reymond) в 1849 году, который показал, что мозг так же, как нерв и мышца, обладает электрогенными свойствами. Исследования отечественных нейрофизиологов на протяжении конца XIX и начала XX века внесли

существенный вклад в разработку основ ЭЭГ. Так В.Я. Данилевский не только показал возможность регистрации электрической активности мозга, но и подчеркнул ее тесную связь с нейрофизиологическими процессами [Зенков Л.Р., 2012].

Электроды для регистрации ЭЭГ могут быть изготовлены из олова, нержавеющей стали, позолоченного серебра, чистого серебра, чистого золота. Наиболее часто для регистрации ЭЭГ используются хлорсеребряные электроды [Tong S. et all, 2009]. В клинической практике наиболее часто используют две основные системы отведений ЭЭГ: международную систему «10–20» (Jasper H., 1947) и модифицированную схему (Gibbs P., Gibbs E., 1950) с уменьшенным количеством электродов [Зенков Л.Р., 2012].

Регистрация электроэнцефалограммы применяется в физиологии с целью оценки функционального состояния коры головного мозга. После регистрации ЭЭГ осуществляется ее анализ, при котором рассчитывается частота (Гц), амплитуда (мкВ) и мощность (мкВ<sup>2</sup>) ритмов с разных областей коры головного мозга, а также проводится визуальный ее анализ [Зенков Л.Р., 2012]. Регистрация биоэлектрической активности головного мозга осуществляется не только в состоянии покоя, но и при выполнении функциональных проб, таких как открывание-закрывание глаз, ритмическая фотостимуляция, гипервентиляция легких, депривация сна [Королева Н.В. с соавт., 2011].

Метод ЭЭГ дает необходимую информацию для оценки состояния ЦНС человека, оценки соответствия его возрастной норме, диагностики различных форм заболеваний и т.п. Важно отметить, что вместе с визуальным анализом ЭЭГ необходимо проводить и количественный анализ ЭЭГ, что позволяет выделить количественные критерии изменений функционального состояния мозга [Dat T.H. et all, 2006; Huang L. et all, 2007; Babiloni C. et all, 2007]. На сегодняшний день в нейрофизиологии все чаще применяют количественные методы анализа ЭЭГ – оценка спектра мощности, функции когерентности и др. характеристик [Зенков Л.Р., 2012]. Известно, что количественные характеристики спонтанной биоэлектрической активности головного мозга высоко информативны

для диагностики нарушений деятельности мозга у детей и взрослых [Боголюбов В.И., 2010; Stroganova T.A. et all, 2007; Ruchsow M. et all, 2008; Leon-Carrion J. et all, 2008; Tong S. et all, 2009].

Достоинством ЭЭГ является высокая степень ее корреляции с уровнем бодрствования и с состоянием метаболизма, гемо- и ликвороциркуляции, а также метод дает возможность регистрации нарушения этих факторов с минимальным латентным периодом, до начала развития необратимых изменений в головном мозге. Метод является неинвазивным, и его можно использовать у детей, обездвиженных больных и людей, находящихся в коматозном состоянии [Сазонова О.Б., 1999; Сергеева Е.Г., 2009]. Показатели электроэнцефалографии играют важную роль в оценке функционального состояния ЦНС и составляют основу сенсомоторных, познавательных, сознательных и эмоциональных функций [Leroy A. et all, 2007].

В клинической практике при электроэнцефалографическом исследовании наиболее распространенным показателем ритмов коры головного мозга являются данные спектральной мощности. В своей работе по исследованию ЭЭГ здоровых и дизлексичных детей отмечается, что наибольшую информативность дает использование абсолютной спектральной мощности [Зенков Л.Р., 2012]. Данный факт объясняется тем, что ритмы ЭЭГ в чистом виде встречаются достаточно редко потому, что испытуемый вовлечен в определенный вид деятельности и его ЭЭГ представляет собой меняющуюся по частоте и амплитуде кривую [Алиева Т.А. с соавт., 2010].

Одним из общепринятых методов исследования гемодинамики головного мозга является РЭГ [Иванов Л.Б. с соавт., 2000; Гимранов Р.Ф. с соавт., 2003; Долгих Г.Б., 2007; Москаленко Ю.Е., 2009, 2010; Зенков Л.Р. с соавт., 2011]. Реоэнцефалография представляет собой классический метод исследования мозгового кровообращения, основанный на изменении электропроводимости тканей организма, обусловленных пульсовыми колебаниями их кровенаполнения при каждой систоле сердца [Иванов Л.Б. с соавт., 2000; Москаленко Ю.Е., 2009].

Метод РЭГ в медицине был впервые применен W. Holzer, K. Polzer, A. Marko в 1945 году. Для исследования гемодинамики головного мозга метод был использован К. Polzer, F. Schuhfried в 1950 году [Зенков Л.Р. с соавт., 2011].

Анализ реографических кривых состоит из визуального и количественного их анализа. Из данных литературы известно, что контурный (визуальный) анализ РЭГ широко используется для оценки изменения тонуса артерий, состояния венозного оттока [Шток В.Н. с соавт., 1996; Зенков Л.Р. с соавт., 2011]. В настоящее время установлен ряд возрастных изменений реоэнцефалографических показателей, отражающих состояние сосудистого русла головного мозга в разные периоды онтогенеза [Иванов Л.Б. с соавт., 2000; Хаматова Р.М., 2000; Безобразова В.Н. с соавт., 2001; Безобразова В.Н. соавт., 2008; Каторгин, Г.И. 2005; Понаморева Т.А. с соавт., 2005; Батуева Ю.В. с соавт., 2008; Зенков Л.Р. с соавт., 2011].

Реоэнцефалографическое исследование гемодинамики головного мозга позволяет легко и быстро зарегистрировать кровообращение одновременно в нескольких сосудистых бассейнах головного мозга [Perez J.J. et all, 2001, 2005]. Метод РЭГ является неинвазивным, подготовка к исследованию не занимает много времени, он позволяет проводить комплексную оценку мозгового кровообращения, которое включает в себя: исследование артериального притока крови в регион, изучение тонуса артерий головного мозга различного калибра. Метод РЭГ также дает возможность проводить количественный анализ кровообращения головного мозга (определение церебральной фракции кровообращения) и анализировать условия оттока из церебрального бассейна [Ронкин М.А. с соавт., 1997; Исупов И.Б., 2001; Боголюбов В.М., 2010; Зенков Л.Р. с соавт., 2011; Vodo M., 2010]. При массовых исследованиях подготовка к исследованию не занимает много времени [Исупов И.Б., 2001].

В настоящее время церебральную гемодинамику изучают также с помощью других методов: ультразвуковая доплерография сосудов головного мозга (флоуметрия), магнитно-резонансная и позитронно-эмиссионная томография. Здесь важно отметить, что ультразвуковые методы не позволяют исследовать

тонус сосудов и особенности внутричерепного венозного кровообращения. Так, например, метод магнитно-резонансной томографии до настоящего времени имеет узкую разрешающую способность, что не дает возможность оценить региональную микроциркуляцию [Исупов И.Б., 2001]. Метод доплерографии позволяет характеризовать кровотоки только на уровне одного участка исследуемой артерии [Ронкин М.А. с соавт., 1997].

Таким образом, ЭЭГ и РЭГ являются высокоточными, надежными и неинвазивными методами оценки биоэлектрической активности головного мозга и мозгового кровообращения. Исследования биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга с помощью этих методов широко используются для контроля функционального состояния ЦНС и мозгового кровообращения человека, а также при профессиональном отборе специалистов [Цыган В.Н., 2008; Боголюбов В.М., 2010; Зенков Л.Р. с соавт., 2011; Vodo M., 2010].

### **Резюме**

Подводное плавание с аквалангом связано с множеством рисков, такими как утопление, гипотермия, азотный наркоз, токсичность кислорода, артериальная и венозная газовые эмболии, кессонная болезнь, неврологический синдром высоких давлений и др. Несмотря на это, занятия рекреационным дайвингом становятся популярными во всем мире.

В отечественной и зарубежной литературе большое внимание уделяется изучению вопросов погружений под воду профессиональных дайверов, профилактике, лечению заболеваний и патологических процессов, возникающих при нарушении правил погружений под воду. Следует отметить, что в настоящее время нет окончательного мнения относительно минимальной глубины погружения под воду, при которой наступают первоначальные функциональные сдвиги в ЦНС человека. Общей характерной особенностью воздействия повышенного давления на организм является временный, преходящий, обратимый характер происходящих изменений в деятельности ряда физиологических систем организма. К осложнениям и специфическим заболеваниям приводят

нарушения правил и режимов спусков под воду, а также недооценка функционального состояния дайвера перед погружением. При этом баротравмы и заболевания ЦНС возникают при многократном воздействии на организм подводного пловца экстремальных факторов подводного погружения, нарушении режимов декомпрессии и техники безопасных спусков под воду.

В настоящее время многие международные конфедерации подводной деятельности обучение детей подводному плаванию с аквалангом разрешают с 12-летнего возраста. При этом они сертифицируются по стандартам, разработанных для взрослых дайверов. Установлено, что у детей в возрасте 12-ти лет продолжает формироваться биоэлектрическая активность головного мозга и церебральная гемодинамика, отмечается незрелость ЦНС. Однако до настоящего времени в отечественной и зарубежной литературе мы не встретили данных о функциональном состоянии ЦНС и мозгового кровообращения у детей при занятиях дайвингом.

## ГЛАВА II. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Характеристика изучаемого контингента

В исследовании приняли участие мальчики и девочки 12-ти лет, учащиеся 6-х классов общеобразовательных школ города Омска, проходящие обучение дайвингу в дайвинг-центре Сибирского государственного университета физической культуры и спорта. Всего было проведено 3750 комплексных физиологических обследований.

Для решения поставленных задач были обследованы 139 детей. Первая группа – 39 детей (20 мальчиков и 19 девочек), проходившие курс обучения сноркелингу (контрольная группа). Во основную группу вошли дети проходившие начальный курс обучения дайвингу: 100 детей (50 мальчиков и 50 девочек). Все испытуемые были практически здоровы (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика исследуемого контингента детей по группам

№ п/п	Группы	Мальчики	Девочки
1.	Сноркелинг	20	19
2.	Дайвинг	50	50
Всего		70	69

Критерии включения испытуемых в исследование:

- 1) мальчики и девочки 12-ти лет;
- 2) отсутствие психических, соматических и инфекционных заболеваний;
- 3) соответствие показателей биоэлектрической активности, гемодинамики головного мозга, физического и нервно-психического развития возрастной физиологической норме;
- 4) предоставление справки от врача о возможности заниматься дайвингом;
- 5) отсутствие жалоб на состояние здоровья в период, непосредственно

предшествующий занятиям дайвингу;

б) наличие письменного согласия родителей на участие в исследовании.

Критериями исключения испытуемых из исследования были:

- 1) наличие признаков физического и нервно-психического утомления;
- 2) отставание в физическом и умственном развитии;
- 3) жалобы на состояние здоровья;
- 4) наличие психических, соматических и инфекционных заболеваний;
- 5) наличие хронических заболеваний центральной нервной системы (эпилепсия, шизофрения), энцефалопатии различного генеза (при которых возможна внезапная потеря сознания с развитием судорожного синдрома);
- б) наличие болезней дыхательной системы (бронхиальная астма, хронические заболевания легких с дыхательной недостаточностью различной степени тяжести, при которых может развиваться приступ удушья), острых и хронических заболеваний в стадии обострения (ринит, острые вирусные инфекции, грипп);
- 7) наличие вестибулопатий с выраженной симптоматикой, заболеваний с нарушением проходимости евстахиевых труб склонности к носовым кровотечениям;
- 8) наличие болезней сердечно-сосудистой системы (пороки сердца, нарушения сердечного ритма, кардиомиопатии различного генеза с признаками недостаточности кровообращения, артериальная гипертензия II–III ст.);
- 9) нервно-психическое возбуждение;
- 10) отклонение показателей функционального состояния организма от физиологической нормы.

## **2.2. Организация исследования**

Научные исследования были выполнены в крытом плавательном бассейне «Альбатрос» Сибирского государственного университета физической культуры и спорта города Омска в период с ноября 2010-го по ноябрь 2013 г.

В процессе курса обучения сноркелингу и дайвингу изучались особенно-

сти биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей 12-ти лет. Двигательная активность группы сноркелинга и дайверов ограничивалась только свободным плаванием и выполнением обучающих упражнений. Поэтому мы предполагаем, что физическая нагрузка в течение курса обучения была равномерной. Исследования проводились в одно и то же время, не ранее чем через 2 часа после приема пищи, в тихой комнате с температурой воздуха  $+23\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ . Испытуемым перед обследованием предоставлялся отдых в течение 10 мин.

В обследовании принимали добровольное участие девочки и мальчики, находящиеся в одинаковых социально-гигиенических условиях и состояние здоровья которых оценивалось как удовлетворительное. Дети были подвергнуты исследованию на основе информированного согласия родителей.

*Нормобарические условия.* Для решения поставленных задач непосредственно перед занятием сноркелингом и дайвингом исследовалось функциональное состояние центральной нервной системы, центральной и церебральной гемодинамики. При этом определяли мощность основных ритмов коры головного мозга, реографический индекс (РИ, у.е.); время распространения пульсовой волны ( $Q_x$  или ВРПВ, с); время быстрого кровенаполнения (Альфа1, с); время медленного кровенаполнения (Альфа2, с); время восходящей части волны (Альфа, с); дикротический индекс (ДИК, %); диастолический индекс (ДИА, %); отношение амплитуд, венозной и артериальной компонентов (Авен/Аарт, %); показатель венозного оттока (ПВО, %), частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление, величину пульсового давления. Полученные данные были занесены в базу данных персонального компьютера.

*Однократное занятие сноркелингом и дайвингом.* На первом занятии сноркелингом и дайвингом дети обучались надеванию и подборке необходимого оборудования, правильному входу в воду, дыханию через трубку или регулятор. При занятии сноркелингом дети плавали в маске и ластах на глубине 0,3 м, а при дайвинге плавали под водой с аквалангом на глубине 2 м. Длительность

каждого занятия составляла  $30,0 \pm 5,0$  минут.

Для оценки функционального состояния центральной нервной системы, мозгового кровообращения и сердечно-сосудистой системы после занятия snorkелингом и дайвингом были использованы методы ЭЭГ, РЭГ и пульсотометрии. Показатели биоэлектрической активности головного мозга, мозгового кровообращения и центральной гемодинамики регистрировались непосредственно до и через 10 мин после занятия snorkелингом и дайвингом.

*Курс обучения детей snorkелингу.* На данном этапе исследования дети плавали в бассейне с маской, маской и ластах (группа snorkелинга) на глубине  $0,3 \pm 0,1$  м, при температуре воды  $27^\circ\text{C}$ . Курс обучения детей snorkелингу включал в себя 10 занятий, длительность каждого занятия составляла  $30,0 \pm 5,0$  минут. Для оценки изменений показателей биоэлектрической активности головного мозга, мозгового кровообращения и центральной гемодинамики также были использованы методы ЭЭГ, РЭГ и пульсотометрии, которые проводились до и через 10 мин после занятия snorkелингом и дайвингом.

*Курс обучения детей дайвингу.* Сертификационный курс обучения детей дайвингу включал в себя 10 занятий. При занятиях дайвингом дети погружались под воду с аквалангом на глубину  $4,5 \pm 0,5$  м, при температуре воды  $27^\circ\text{C}$ . Курс обучения составлял в среднем 21 день. Занятия проводились через день, длительность каждого погружения составляла  $30,0 \pm 5,0$  минут. При подводных погружениях с аквалангом дети использовали 7-ми литровые баллоны. В баллонах находился чистый сжатый воздух под давлением 150 атм.

## **2.3. Методы исследования**

*2.3.1. Измерение антропометрических показателей.* Для оценки анатомо-физиологических особенностей детей 12-ти лет определялись следующие антропометрические показатели: длина и масса тела. Измерение длины тела (см) осуществлялась при помощи ростомера в положении стоя с точностью измерения до 0,5 см. Масса тела (кг) измерялась на медицинских весах, точность

измерения – 0,05 кг.

Индекс массы тела (BMI – body mass index) – величина, которая позволяет косвенно определить является ли масса тела недостаточной, нормальной или избыточной (ожирение), рассчитывался по формуле:

$$\text{BMI} = m/h^2;$$

где  $m$  – масса тела человека (кг), а  $h$  – рост человека (м).

Выделяют следующие значения BMI: меньше 15 – острый дефицит массы тела, от 15 до 20 – дефицит массы тела, от 20 до 25 – нормальная массы тела, от 25 до 30 – избыточная массы тела, свыше 30 – ожирение.

*2.3.2. Методика электроэнцефалографии.* Все испытуемые в начале и конце курса обучения сноркелингу и дайвингу прошли электроэнцефалографическое исследование с применением компьютерного электроэнцефалографа «Мицар» (г. Санкт-Петербург, Россия), с использованием программы ЭЭГ-2000. Показатели биоэлектрической активности головного мозга регистрировались непосредственно до и через 10 мин после занятия дайвингом. Регистрация электроэнцефалограммы проводилась хлорсеребряными чашечковыми электродами, расположенными на поверхности головы в соответствии с требованиями международной системы «10–20» [Цыган В.Н., 2008; Зенков Л.Р. 2012]. Данная схема разработана с учетом рентгенологических и патологоанатомических данных и пригодна для обследования пациентов с различными размерами и формами черепа.

Во время исследования ребенок сидел в удобном кресле и находился в расслабленном состоянии. Исследование включало регистрацию фоновой ЭЭГ при закрытых (ГЗ) и при открытых глазах (ГО). Одним из важных компонентов биоэлектрической активности головного мозга является альфа-ритм, который хорошо выражен только при отсутствии зрительных раздражителей. Использовалась реакция активации, определяемая по депрессии альфа-ритма у испытуемого при открытии глаз [Фарбер Д.А. с соавт., 1972; Vecchio F. et all, 2008].

Электроэнцефалограмма регистрировалась монополярно в следующих стандартных отведениях: лобных (Fp1, Fp2), височных (Т3, Т4), центральных

(С3, С4) и затылочных (О1, О2) областях коры головного мозга. На мочках ушей были расположены референтные электроды (А1, А2). Проводился визуальный и количественный анализ ЭЭГ детей. Изучалась мощность ( $\text{мкВ}^2$ ) четырех основных ритмов ЭЭГ в следующих частотных диапазонах: альфа (8-13 Гц), бета (13-25 Гц), тета (4-8 Гц), дельта (1-3,8 Гц). Для анализа использовались безартефактные эпохи ЭЭГ длительностью 6 с. Оценка изменений ЭЭГ в группах осуществлялась визуальным и количественным методами.

*2.3.3. Методика реоэнцефалографии.* Регистрация мозгового кровообращения у детей, занимающихся сноркелингом и дайвингом, осуществлялась при помощи 6 канального реографического комплекса «Рео-Спектр» фирмы «Нейрософт» (г. Иваново, Россия) непосредственно до и через 10 мин после сноркелинга и погружения под воду с аквалангом.

Ребенок находился в состоянии спокойного бодрствования с открытыми глазами, в расслабленной позе, в тихой комнате. Запись РЭГ осуществлялась в 4-х отведениях: фронтально-мастоидальных левого и правого полушарий (Fms; Fmd), позволяющих регистрировать состояние кровотока в бассейне внутренних сонных артерий, а также окципитально-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга (Oms; Omd), отражающих уровень кровоснабжения в бассейне позвоночных артерий. Электроды фиксировались на голове специальной резиновой лентой. Длительность записи РЭГ составила не менее 1 мин [Иванов Л.Б. с соавт., 2000; Безобразова В.Н. с соавт., 2008].

Полученные данные реографического исследования анализировались визуально (трактовка формы кривой), а также проводился количественный (обработка числовых данных) анализ [Гирманов Р.Ф. с соавт., 2003].

Рассчитывались средние значения следующих показателей: реографический индекс (РИ, у.е.); время распространения пульсовой волны ( $Q_x$  или ВРПВ, с); время быстрого кровенаполнения (Альфа1, с); время медленного кровенаполнения (Альфа2, с); время восходящей части волны (Альфа, с); диастолический индекс (ДИК, %); диастолический индекс (ДИА, %); отношение амплитуд, венозной и артериальной компонентов (Авен/Аарт, %); показатель

венозного оттока (ПВО, %). Учитывались возрастные нормы основных параметров РЭГ [Зенков Л.Р. с соавт., 2011].

*2.3.4. Измерение показателей центральной гемодинамики.* Измерение артериального давления производилось по осциллометрическому методу в состоянии относительного покоя в положении сидя с помощью автоматического прибора OMRON M10-IT (HEM-7080IT-E, Япония). Осциллометрический метод регистрации артериального давления широко используется в современной практической медицине. Фиксировались САД, ДАД и ЧСС испытуемых. Рассчитывалось пульсовое артериальное давление:

$$\text{ПД} = \text{САД} - \text{ДАД};$$

где ПД – пульсовое давление (мм рт.ст.); САД – систолическое артериальное давление (мм рт.ст.); ДАД – диастолическое артериальное давление (мм рт.ст.).

## **2.4. Методика обучения детей дайвингу**

В обязательном порядке до начала обучения дайвингу дети, а также их родители или опекуны, заполняли и подписывали заявление участника программы обучения дайвингу. Данное заявление было действительно в течение 12-ти месяцев. Дети перед началом прохождения курса обучения дайвингу должны были предъявить медицинскую справку о состоянии здоровья от педиатра.

Обучение детей подводному плаванию с аквалангом проводилось квалифицированным инструктором, имеющим на это право, а также ассистентами инструктора, которые обеспечивали непрерывный контроль за детьми во время занятий под водой. Перед погружениями дети проходили теоретический курс по программе «Пловец–подводник», знакомились с правилами поведения на воде и под водой, а также проходили медико-биологическое обследование.

Перед началом каждого занятия проводились обязательные брифинги, а после занятия дебрифинги. Брифинги включали в себя демонстрацию фильмов и учебных пособий, отработку навыков, а также деловые игры или другие ме-

роприятия, которые позволяли детям изучить теоретические аспекты дайвинга. Дети также осваивали навыки выхода из возможных проблемных ситуаций, которые могли произойти [Children's diving standards, 2003]. На дебрифингах осуществлялось подведение итогов занятия в форме диалога, детям задавались вопросы по пройденному материалу.

На первых 3-х занятиях дайвингом дети обучались надеванию и подборке необходимого оборудования, правильному входу в воду с аквалангом, дыханию через регулятор, плаванию под водой на глубине 2 м, считыванию и анализу показаний с манометра, выравниванию давления в ушах и подмасочном пространстве, подводным сигналам руками, а также правильному всплытию.

На 4-6-ом занятиях дети повторяли освоенные ими навыки, обучались очистке маски под водой, дыханию через октопус, навыкам, необходимым при потере регулятора во время подводного погружения, поддержанию нейтральной плавучести под водой с помощью качания на ластах, надуванию и сдуванию компенсатора плавучести на поверхности и под водой.

Задачами седьмого занятия дайвингом были: плавать на поверхности в комплекте снаряжения, необходимого для занятия дайвингом, при нахождении на поверхности воды переходить с дыхания через трубку на дыхание через регулятор.

На восьмом занятии дети повторяли пройденный материал, обучались поддержанию нейтральной плавучести (зависанию в толще воды с использованием инфлятора), дыханию через один регулятор с бади-партнером, а также осуществлялась взаимопроверка снаряжения перед погружением. На девятом и десятом занятиях – повторяли и закрепляли освоенный материал и навыки.

В конце курса обучения дайвингу дети сдавали практический экзамен, на котором оценивался уровень освоенных знаний и навыков подводного погружения. Экзамен принимал сертифицированный инструктор. После сдачи экзамена детям выдавались сертификаты, разрешающие выполнять погружения под воду с аквалангом на открытой воде вместе с инструктором.

Все занятия по дайвингу проводились с учетом возрастных анатомо-

физиологических и половых особенностей детей 12-летнего возраста. Установлено, что в данном возрастном периоде механизмы регуляции женской репродуктивной системы находятся на стадии формирования и высокочувствительны к факторам внешней среды [Левина Л.И. с соавт., 2006]. В связи с этим обучение девочек дайвингу осуществлялось с использованием индивидуального подхода и учетом фазы менструального цикла. Девочки в критические дни к занятиям дайвингом в бассейне не допускались.

### **2.5. Безопасность при подводных погружениях**

Погружение под воду осуществлялось только в сопровождении инструктора, имеющего соответствующий сертификат и помощников. Перед дайвингом дети проходили теоретический курс по программе «Пловец–подводник», знакомились с правилами поведения в воде, а также им демонстрировались обучающие видеофильмы [Children’s diving standards, 2003].

При проведении исследований и обучения детей дайвингу принимались следующие меры профилактики осложнений:

1. Перед началом обучения дайвингу проводилось медицинское обследование у врача-педиатра.
2. Прием пищи осуществлялся не позднее, чем за два часа до погружения.
3. Непосредственно перед погружением дети обязательно выпивали половину стакана воды.
4. Под водой дети следовали советам инструктора, твердо придерживались системы партнерства.
5. После погружения дети пили больше жидкости и принимали легкую пищу.

### **2.6. Методы статистической обработки результатов исследования**

Полученные результаты исследований были подвергнуты статистической

обработке, которая включала в себя вычисление основных статистических характеристик: средней арифметической ( $M$ ), стандартного отклонения ( $\delta$ ), стандартной (средней квадратической) ошибки средней арифметической ( $m$ ). Достоверность различий для сравнения показателей между собой в основной группе (дайвинга) и для сравнения с группой контроля (группа сноркелинга) использовались непараметрические методы: Т-критерий Вилкоксона и критерий Манна-Уитни. При всех подсчетах минимально достоверными считали различия при  $P < 0,05$  [Реброва О.Ю., 2002]. Данные в работе представлены как  $M \pm m$ .

Дисперсионный анализ (ANOVA) использовался для проверки значимости различий между группами испытуемых, а также для оценки значимости влияния факторов водной и гипербарической сред на мощность ритмов, центральную и церебральную гемодинамику при занятиях сноркелингом и дайвингом. Анализировали значимость главного эффекта факторов и эффекты их взаимодействия. В качестве критериев значимости был применен F-критерий Р. Фишера [Шеффе Г., 1963].

В качестве математического аппарата научного исследования использовались модель и алгоритм многомерного факторного анализа, а также элементы описательной статистики. Факторный анализ был использован для сокращения числа переменных (показателей ЭЭГ и РЭГ) и определения структуры взаимосвязей между ними. В качестве модели факторного исследования использовался метод главных компонент с варимакс вращением (Varimax raw) и было выделено соответствующее количество г-компонент [Иберла К., 1980; Юнкерова В.И., 2007].

Факторному анализу подвергались в ЭЭГ – затылочные области, для РЭГ – окципито-мастоидальные отведения. Перед проведением факторного анализа осуществлялось формирование базы данных исходных показателей. Проверка выборок на однородность и наличие нормального распределения осуществлялась с помощью критерия Шапиро-Уилка [Иберла К., 1980; Гольдяпин В.В. с соавт., 2010]. Для выполнения факторного анализа по ЭЭГ были использованы

следующие переменные: альфа-ритм, бета-ритм, тета-ритм и дельта-ритм. Для выполнения факторного анализа показателей церебральной и центральной гемодинамики переменными являлись: РИ, у.е.; Q<sub>x</sub> или ВРПВ, с; ДИК, %; ДИА, %; Авен/Аарт, %; ПВО, %, ЧСС, уд/мин; САД, мм рт.ст.; ДАД, мм рт.ст.; ПД, мм рт.ст.

Расчет статистических показателей производился с помощью РС-компьютера в программе Statistica – 10.0 for Windows (Stat. Soft. Inc, 2001).

### ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ДАЙВИНГОМ

В результате анализа данных антропометрии установлено, что показатели длины тела мальчиков и девочек группы сноркелинга составили соответственно  $152,4 \pm 1,1$  см и  $154,9 \pm 1,2$  см, а показатели длины тела мальчиков и девочек группы дайверов составили соответственно  $152,7 \pm 1,3$  см и  $155,2 \pm 1,3$  см. Показатели массы тела детей двух групп колебались в пределах 40-47 кг.

Индекс массы тела составил у мальчиков и девочек контрольной группы соответственно  $14,9 \pm 0,3$  и  $15,0 \pm 0,2$ , у мальчиков и девочек группы дайверов соответственно –  $14,8 \pm 0,3$  и  $15,0 \pm 0,4$ . Полученные нами результаты соответствуют возрастным нормам у детей 12-ти лет и свидетельствуют об их среднем физическом развитии [Прокопьев Н.Я., 2002; Growth and development, 1996].

#### **3.1. Электроэнцефалографические показатели у детей в нормобарических условиях в начале курса обучения их сноркеленгу и дайвингу**

В литературе имеются противоречивые данные об особенностях ЭЭГ у детей 12-летнего возраста. Важность получения собственных данных диктовалась тем, что они были необходимы для сравнительной оценки возрастных особенностей биоэлектрической активности головного мозга в различных областях коры головного мозга до и после занятий сноркелингом и дайвингом.

Визуальный анализ ЭЭГ у детей 12-ти лет групп сноркелинга и дайвинга в нормобарических условиях в состоянии спокойного бодрствования при закрытых глазах выявил хорошо выраженное доминирование альфа-ритма с амплитудой 60 мкВ в затылочных областях коры головного мозга. Отмечалась дезорганизация альфа-ритма единичными дельта-волнами амплитудой 62 мкВ и полифазными волнами тета-ритма с амплитудой 40 мкВ, с их локализацией преимущественно в центральных областях головного мозга. Данные изменения

находились в пределах возрастной нормы. Анализ функциональной пробы ЭЭГ с открыванием глаз показал, что у испытуемых реакция активации выражалась в десинхронизации корковой ритмики. При этом усиления медленноволновой активности на ЭЭГ выявлено не было. В то же время регистрировался низкоамплитудный бета-ритм (рис. 1).

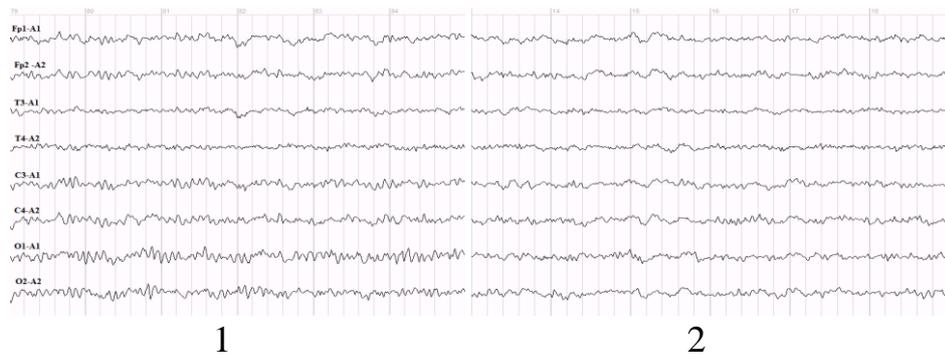


Рисунок 1 – Электроэнцефалограмма ребенка М. до погружения под воду с аквалангом (начало курса обучения дайвингу; 1 – ГЗ, 2 – ГО).

Результаты визуального анализа ЭЭГ после сноркелинга и подводного погружения свидетельствуют об отсутствии возрастания амплитуды тета- и дельта-ритмов. При открытых глазах значительных изменений биоэлектрической активности головного мозга в альфа-диапазоне зарегистрировано не было (рис. 2).



Рисунок 2 – Электроэнцефалограмма ребенка М. после погружения под воду с аквалангом (начало курса обучения дайвингу; 1 – ГЗ, 2 – ГО).

*Альфа-ритм.* В исследованиях показано, что в данном возрасте у детей альфа-ритм локализуется преимущественно в затылочных областях коры головного мозга, а его амплитуда достигает 90 мкВ [Сергеева Е.Г., 2009].

Анализ мощности альфа-ритма в покое у мальчиков и девочек, занимающихся снорклингом и дайвингом показал его доминирование в затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. Полученные данные показывают, что ЭЭГ у детей приближается к характеристикам взрослого человека, что проявляется наличием более высокой мощности альфа-ритма в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. Однако следует отметить, что альфа-ритм у детей не является еще доминирующим ритмом и на ЭЭГ еще регистрируется медленноволновая активность. Анализ ЭЭГ показал, что полученные данные у детей двух обследованных групп соответствуют их возрастной норме [Терещенко Е.П. и соавт., 2010].

Установлено, что после занятия на ЭЭГ у юных дайверов и детей контрольной группы альфа-ритм преимущественно локализовался в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга (табл. 2). Таким образом, после занятия снорклингом у детей достоверное ( $P < 0,05$ ) увеличение мощности альфа-ритма зарегистрировано в затылочных областях обоих полушарий головного мозга. А после занятия дайвингом у мальчиков достоверное увеличение ( $P < 0,05$ ) мощности альфа-ритма было зарегистрировано в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга, в то время как у девочек после занятия дайвингом мощность данного ритма достоверно увеличилась во всех областях коры головного мозга. У мальчиков после снорклинга при открытых глазах достоверное ( $P < 0,05$ ) увеличение мощности альфа-ритма ЭЭГ было зарегистрировано в лобных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга, а после погружения под воду с аквалангом во всех областях обоих полушарий коры головного мозга. После снорклинга у девочек отмечалось достоверное увеличение мощности альфа-ритма в височной области правого полушария и затылочной области левого полушария, а после дайвинга изменений показателей данного ритма зарегистрировано не было (табл. 2).

*Бета-ритм.* Анализ мощности бета-ритма при закрытых глазах до занятия

сноркелингом показал, что наибольшая мощность была зарегистрирована у мальчиков и девочек в центральных и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. После занятий сноркелингом и дайвингом достоверных изменений мощности бета-ритма на ЭЭГ не отмечалось (табл. 3).

*Тета-ритм.* Анализ ЭЭГ до занятия сноркелингом выявил, что при закрытых глазах наибольшая мощность тета-ритма у мальчиков была зарегистрирована в лобной и затылочной областях правого полушария, а у девочек – в центральной области левого полушария и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. А до занятия дайвингом у всех детей данный ритм доминировал в затылочных областях обоих полушарий головного мозга. Доминирование тета-ритма при открытых глазах у мальчиков было зарегистрировано до занятия сноркелингом в лобной и центральной областях правого полушария, а до дайвинга в лобной области правого полушария, центральных областях обоих полушарий коры головного мозга. В то время как у девочек, занимающихся дайвингом и сноркелингом – в затылочных областях обоих полушарий головного мозга (табл. 4).

Следует отметить, что у мальчиков из группы сноркелинга мощность данного ритма была ниже чем у дайверов в лобной области левого полушария, центральных и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. У девочек, занимающихся дайвингом мощность тета-ритма была выше ( $P < 0,05$ ), чем у детей группы сноркелинга в центральных и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга (табл. 4).

После сноркелинга у мальчиков отмечалось достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение мощности тета-ритма в лобной области левого полушария и затылочной области правого полушария коры головного мозга. А после дайвинга – в лобной области левого полушария, центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. Однако у девочек достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение мощности тета-ритма как при сноркелинге, так и при дайвинге было зарегистрировано во всех областях, за исключением височной области левого полушария головного мозга.

При открытых глазах после сноркелинга у девочек достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение мощности данного ритма отмечалось в лобной и височной областях правого полушария, центральных областях обоих полушарий и затылочной области правого полушария головного мозга. После погружения под воду с аквалангом было зарегистрировано достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение мощности тета-ритма в центральных областях обоих полушарий головного мозга у мальчиков, а у девочек – в лобной и височной областях правого полушария, центральных областях обоих полушарий и затылочной области правого полушария головного мозга (табл. 4).

*Дельта-ритм.* При анализе мощности ЭЭГ в дельта-диапазоне у мальчиков до сноркелинга и дайвинга было установлено, что наибольшая мощность ритма отмечалась в лобных областях обоих полушарий, у девочек в лобной области правого полушария и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. При открытых глазах у мальчиков группы дайвинга и контрольной данный ритм доминировал в лобных областях обоих полушарий головного мозга. У девочек до сноркелинга наибольшая мощность дельта-ритма была зарегистрирована в центральной и затылочной областях правого полушария, а до дайвинга – в лобной и затылочной областях правого полушария коры головного мозга (табл. 5). Из данных литературы известно, что наличие на ЭЭГ у детей 12-ти лет тета- и дельта-ритмов является их возрастной физиологической нормой [Зенков Л.Р. с соавт., 2011].

Следует отметить, что при сравнении показателей дельта-диапазона у девочек группы дайвинга и сноркелинга выявлено, что мощность ритма достоверно ниже у детей контрольной группы (табл. 5). Также мощность данного ритма у девочек ниже, чем у мальчиков в лобных областях обоих полушарий головного мозга. Данные различия в мощности показателей биоэлектрической активности головного мозга у детей, по нашему мнению, обусловлены возрастными особенностями.

После сноркелинга и дайвинга при закрытых и открытых глазах на ЭЭГ у детей было отмечено достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение мощности дельта-ритма

во всех областях коры головного мозга (табл. 5).

*Топографический анализ ЭЭГ.* Из топограмм спектральной мощности ЭЭГ видно, что до занятия snorkелингом и дайвингом при закрытых глазах альфа-ритм регистрировался в затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. После snorkелинга из топографических карт видно, что данный диапазон стал локализоваться в затылочных областях обоих полушарий головного мозга. Следует отметить, что после погружения под воду с аквалангом этот диапазон доминировал в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. При открытых – в центральных областях обоих полушарий головного мозга (рис. 3).

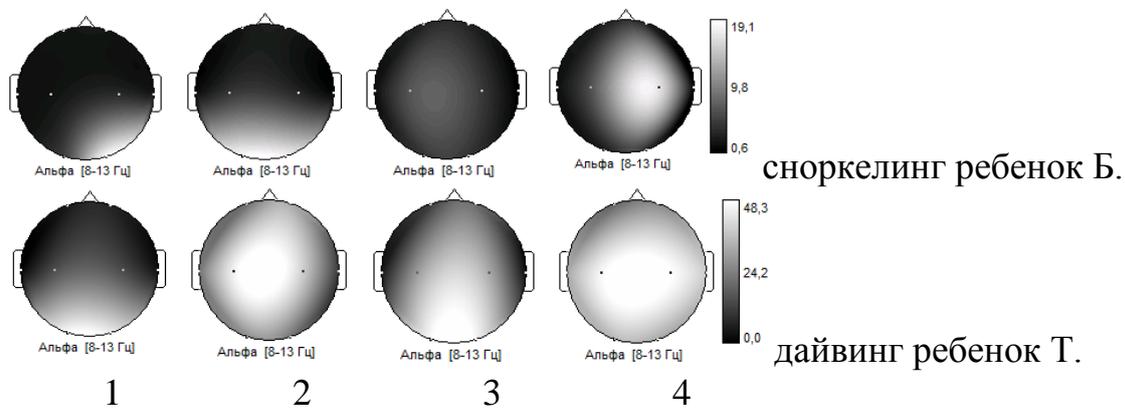


Рисунок 3 – Топографическое распределение спектральной мощности ЭЭГ в альфа-диапазоне у детей до и после snorkелинга и подводного погружения с аквалангом (начало курса обучения snorkелингу и дайвингу; 1 – до занятия, ГЗ; 2 – после занятия, ГЗ; 3 – до занятия, ГО; 4 – после занятия, ГО).

Таблица 2 – Показатели мощности альфа-ритма ( $\mu\text{В}^2$ ) у детей в начале курса обучения снорклингу и дайвингу ( $M \pm m$ )

От- ве- де- ния		Альфа-ритм							
		Мальчики		Девочки		Мальчики		Девочки	
		до снор- келига	после сноркели- га	до снорке- лига	после сноркели- га	до дайвин- га	после дай- винга	до дайвинга	после дай- винга
Fp1 -A1	ГЗ	0,52±0,08	0,56±0,07	0,66±0,02	0,75±0,05	0,68±0,06	0,98±0,12 <sup>3</sup>	0,52±0,04	0,90±0,08 <sup>2</sup>
	ГО	0,20±0,03	0,31±0,02 <sup>2</sup>	0,20±0,01	0,24±0,01	0,20±0,02	0,40±0,04 <sup>2</sup>	0,18±0,001	0,21±0,01
Fp2 -A2	ГЗ	0,63±0,07	0,72±0,07	0,68±0,04	0,77±0,04	0,71±0,07	1,00±0,11 <sup>3</sup>	0,54±0,04	1,16±0,08 <sup>2,3</sup>
	ГО	0,20±0,03	0,30±0,05 <sup>2</sup>	0,20±0,02	0,25±0,03	0,19±0,02	0,36±0,04 <sup>2</sup>	0,20±0,01	0,21±0,01
T3- A1	ГЗ	0,30±0,04	0,38±0,05	0,67±0,05	0,77±0,07	0,30±0,03	0,57±0,09	0,35±0,04	1,00±0,12 <sup>2</sup>
	ГО	0,11±0,02	0,16±0,03	0,11±0,02	0,20±0,02	0,10±0,01	0,20±0,02 <sup>2</sup>	0,10±0,01	0,26±0,04
T4- A2	ГЗ	0,47±0,07	0,54±0,06	0,56±0,06	0,79±0,04	0,61±0,08	0,64±0,08	0,50±0,04	1,01±0,08 <sup>2</sup>
	ГО	0,17±0,03	0,21±0,05	0,12±0,02	0,22±0,01 <sup>2</sup>	0,13±0,02	0,27±0,04 <sup>2</sup>	0,12±0,01	0,24±0,01
C3- A1	ГЗ	1,45±0,08	1,54±0,08	1,15±0,04	1,22±0,04 <sup>1</sup>	1,41±0,10	2,08±0,10 <sup>2,3</sup>	0,77±0,05 <sup>1,3</sup>	1,98±0,14 <sup>1,2,3</sup>
	ГО	0,38±0,06	0,48±0,05	0,43±0,03	0,51±0,03	0,40±0,05	0,61±0,11 <sup>2</sup>	0,42±0,02	0,58±0,03
C4- A2	ГЗ	1,33±0,08	1,44±0,05	1,70±0,11	1,79±0,11	1,36±0,11	2,03±0,12 <sup>2,3</sup>	1,38±0,09 <sup>3</sup>	2,37±0,09 <sup>1,2,3</sup>
	ГО	0,49±0,09	0,58±0,03	0,64±0,08	0,74±0,07	0,40±0,04	0,63±0,09 <sup>2</sup>	0,62±0,04	0,87±0,08
O1- A1	ГЗ	2,61±0,21	3,88±0,13 <sup>2</sup>	3,35±0,18	5,37±0,15 <sup>1,2</sup>	3,02±0,18 <sup>3</sup>	4,58±0,11 <sup>2,3</sup>	3,42±0,12 <sup>1</sup>	6,19±0,17 <sup>1,2,3</sup>
	ГО	0,36±0,03	0,56±0,06 <sup>2</sup>	0,35±0,04	0,54±0,06 <sup>2</sup>	0,36±0,03	0,67±0,08 <sup>2</sup>	0,37±0,02	0,51±0,04
O2- A2	ГЗ	3,81±0,12	4,56±0,12 <sup>2</sup>	2,92±0,15	5,43±0,12 <sup>1,2</sup>	4,48±0,20 <sup>3</sup>	5,83±0,14 <sup>2,3</sup>	2,54±0,12 <sup>1,3</sup>	6,03±0,14 <sup>1,2,3</sup>
	ГО	0,35±0,07	0,49±0,07 <sup>2</sup>	0,33±0,03	0,34±0,05	0,33±0,04	0,59±0,07	0,32±0,02	0,31±0,03

Примечание: <sup>1</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению с данными мальчиков и девочек; <sup>2</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями до занятия; <sup>3</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями группы снорклинга; здесь и далее ГЗ – глаза закрыты; ГО – глаза открыты

Таблица 3 – Показатели мощности бета-ритма ( $\text{мкВ}^2$ ) у детей в начале курса обучения сноркелингу и дайвингу ( $M \pm m$ )

Отвече-де-ния		Бета-ритм							
		Мальчики		Девочки		Мальчики		Девочки	
		до снорке-лига	после снорке-лига	до снорке-лига	после снорке-лига	до дайвин-га	после дай-винга	до дайвин-га	после дай-винга
Fr1-A1	ГЗ	0,09±0,01	0,09±0,01	0,12±0,001	0,10±0,001	0,13±0,01	0,10±0,01	0,12±0,001	0,10±0,001
	ГО	0,10±0,02	0,10±0,01	0,15±0,001	0,10±0,001	0,12±0,01	0,09±0,01	0,15±0,001	0,10±0,001
Fr2-A2	ГЗ	0,11±0,02	0,10±0,01	0,15±0,01	0,15±0,01	0,16±0,02	0,11±0,01	0,15±0,01	0,15±0,01
	ГО	0,12±0,02	0,10±0,01	0,17±0,01	0,18±0,02	0,12±0,02	0,09±0,01	0,17±0,01	0,18±0,02
T3-A1	ГЗ	0,08±0,02	0,06±0,01	0,13±0,01	0,16±0,02	0,09±0,01	0,07±0,01	0,13±0,01	0,16±0,02
	ГО	0,07±0,01	0,06±0,01	0,13±0,02	0,10±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01	0,13±0,02	0,10±0,01
T4-A2	ГЗ	0,10±0,02	0,09±0,02	0,15±0,02	0,14±0,01	0,13±0,02	0,09±0,01	0,15±0,02	0,14±0,01
	ГО	0,12±0,03	0,10±0,02	0,13±0,01	0,12±0,01	0,13±0,02	0,10±0,02	0,13±0,01	0,12±0,01
C3-A1	ГЗ	0,13±0,02	0,12±0,02	0,16±0,001	0,12±0,001	0,16±0,01	0,15±0,01	0,16±0,001	0,12±0,001
	ГО	0,12±0,02	0,11±0,02	0,20±0,01	0,14±0,01	0,12±0,01	0,12±0,01	0,20±0,01	0,14±0,01
C4-A2	ГЗ	0,13±0,02	0,12±0,01	0,21±0,01	0,20±0,01	0,17±0,01	0,14±0,01	0,21±0,01	0,20±0,01
	ГО	0,11±0,02	0,08±0,01	0,16±0,01	0,17±0,01	0,14±0,01	0,09±0,01	0,16±0,01	0,17±0,01
O1-A1	ГЗ	0,15±0,02	0,12±0,01	0,21±0,01	0,28±0,01	0,18±0,02	0,13±0,01	0,21±0,01	0,28±0,01
	ГО	0,13±0,02	0,10±0,01	0,17±0,01	0,15±0,01	0,12±0,01	0,11±0,01	0,17±0,01	0,15±0,01
O2-A2	ГЗ	0,14±0,01	0,13±0,01	0,19±0,01	0,19±0,01	0,17±0,01	0,12±0,01	0,19±0,01	0,19±0,01
	ГО	0,13±0,01	0,10±0,01	0,13±0,01	0,15±0,001	0,12±0,01	0,12±0,01	0,13±0,01	0,15±0,001

Таблица 4 – Показатели мощности тета-ритма ( $\mu\text{В}^2$ ) у детей в начале курса обучения сноркеллингу и дайвингу ( $M \pm m$ )

Отве- веде- де- ния		Тета-ритм							
		Мальчики		Девочки		Мальчики		Девочки	
		до снорке- лига	после снор- келига	до снорке- лига	после сноркелига	до дайвин- га	после дайвинга	до дайвин- га	после дай- винга
Fr1- A1	ГЗ	0,56±0,05	0,41±0,04 <sup>2</sup>	0,77±0,06	0,51±0,04 <sup>2</sup>	0,81±0,07	0,50±0,04 <sup>2</sup>	0,79±0,04	0,51±0,03 <sup>2</sup>
	ГО	0,45±0,05	0,41±0,06	0,39±0,04	0,33±0,04	0,59±0,05	0,42±0,04	0,35±0,03	0,34±0,02
Fr2- A2	ГЗ	0,76±0,09	0,73±0,10	0,63±0,03	0,50±0,02 <sup>2</sup>	0,91±0,06	0,75±0,11	0,66±0,03	0,50±0,02 <sup>2</sup>
	ГО	0,56±0,09	0,52±0,05	0,42±0,03	0,28±0,02 <sup>2</sup>	0,68±0,06	0,54±0,09	0,43±0,03	0,26±0,02 <sup>2</sup>
T3- A1	ГЗ	0,33±0,07	0,35±0,08	0,34±0,05	0,27±0,05	0,43±0,07	0,42±0,08	0,35±0,04	0,30±0,03
	ГО	0,30±0,05	0,21±0,04	0,22±0,05	0,17±0,04	0,38±0,05	0,26±0,03	0,21±0,03	0,19±0,03
T4- A2	ГЗ	0,49±0,10	0,47±0,11	0,41±0,01	0,22±0,03 <sup>2</sup>	0,64±0,15	0,55±0,12	0,41±0,02	0,23±0,02 <sup>2</sup>
	ГО	0,34±0,06	0,27±0,06	0,41±0,03	0,24±0,03 <sup>2</sup>	0,35±0,05	0,30±0,04	0,41±0,02	0,26±0,03 <sup>2</sup>
C3- A1	ГЗ	0,55±0,06	0,46±0,06	0,93±0,06	0,45±0,06 <sup>2</sup>	0,92±0,11	0,56±0,06 <sup>2</sup>	0,99±0,04	0,45±0,04 <sup>2</sup>
	ГО	0,45±0,06	0,37±0,05	0,50±0,06	0,24±0,03 <sup>2</sup>	0,62±0,06	0,41±0,03 <sup>2</sup>	0,51±0,04	0,27±0,02 <sup>2</sup>
C4- A2	ГЗ	0,52±0,06	0,42±0,06	0,84±0,05	0,62±0,05 <sup>2</sup>	0,81±0,06	0,49±0,04 <sup>2</sup>	1,09±0,06	0,74±0,05 <sup>2</sup>
	ГО	0,70±0,10	0,38±0,06 <sup>2</sup>	0,46±0,04	0,27±0,03 <sup>2</sup>	0,73±0,06	0,44±0,04 <sup>2</sup>	0,47±0,03	0,27±0,02 <sup>2</sup>
O1- A1	ГЗ	0,51±0,06	0,46±0,07	0,94±0,10	0,61±0,02 <sup>2</sup>	1,07±0,17	0,61±0,07 <sup>2</sup>	1,16±0,09	0,65±0,02 <sup>2</sup>
	ГО	0,43±0,06	0,37±0,05	0,54±0,04	0,53±0,06	0,53±0,04	0,44±0,04	0,54±0,03	0,53±0,04
O2- A2	ГЗ	0,98±0,06	0,72±0,07 <sup>2</sup>	1,11±0,10	0,61±0,08 <sup>2</sup>	1,38±0,09	0,72±0,07 <sup>2</sup>	1,30±0,08	0,69±0,06 <sup>2</sup>
	ГО	0,44±0,05	0,35±0,05	0,57±0,08	0,27±0,05 <sup>2</sup>	0,55±0,05	0,43±0,04	0,60±0,05	0,32±0,03 <sup>2</sup>

Примечание: <sup>2</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями до занятия

Таблица 5 – Показатели мощности дельта-ритма ( $\mu\text{В}^2$ ) у детей в начале курса обучения сноркелингу и дайвингу ( $M \pm m$ )

От- ве- де- ния		Дельта-ритм							
		Мальчики		Девочки		Мальчики		Девочки	
		до снор- келига	после снор- келига	до снорке- лига	после снор- келига	до дайвин- га	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга
Fr1 -A1	ГЗ	2,00±0,14	1,63±0,11 <sup>2</sup>	1,68±0,05 <sup>1</sup>	1,26±0,07 <sup>2</sup>	3,02±0,20 <sup>3</sup>	1,56±0,14 <sup>2</sup>	2,21±0,10 <sup>1 3</sup>	1,60±0,11 <sup>2 3</sup>
	ГО	2,05±0,16	1,20±0,12 <sup>2</sup>	1,18±0,08 <sup>1</sup>	0,93±0,06 <sup>2</sup>	2,05±0,16	1,19±0,12 <sup>2</sup>	1,25±0,06 <sup>1 3</sup>	1,05±0,04 <sup>2 3</sup>
Fr2 -A2	ГЗ	1,89±0,13	1,41±0,10 <sup>2</sup>	1,87±0,08	1,57±0,16 <sup>2</sup>	3,01±0,19 <sup>3</sup>	1,91±0,14 <sup>2 3</sup>	2,86±0,08 <sup>1 3</sup>	1,75±0,13 <sup>2 3</sup>
	ГО	1,61±0,11	1,25±0,09 <sup>2</sup>	1,49±0,10	0,92±0,11 <sup>1 2</sup>	2,69±0,21	1,51±0,07 <sup>2</sup>	1,89±0,07 <sup>1</sup>	1,05±0,09 <sup>1 2</sup>
T3- A1	ГЗ	1,49±0,10	1,21±0,10 <sup>2</sup>	1,57±0,09	0,87±0,10 <sup>2</sup>	2,11±0,13 <sup>3</sup>	0,98±0,11 <sup>2 3</sup>	2,00±0,08 <sup>3</sup>	0,81±0,09 <sup>2</sup>
	ГО	0,96±0,12	0,85±0,10 <sup>2</sup>	0,91±0,04	0,53±0,09 <sup>2</sup>	1,39±0,12	0,81±0,09 <sup>2</sup>	0,98±0,09 <sup>1</sup>	0,64±0,07 <sup>2</sup>
T4- A2	ГЗ	0,98±0,13	0,88±0,07 <sup>2</sup>	1,43±0,05 <sup>1</sup>	0,87±0,10 <sup>2</sup>	1,48±0,16 <sup>3</sup>	0,83±0,09 <sup>2</sup>	1,55±0,07	0,72±0,10 <sup>2</sup>
	ГО	0,95±0,12	0,75±0,10 <sup>2</sup>	1,06±0,05	0,73±0,10 <sup>1 2</sup>	1,26±0,13	0,73±0,08 <sup>2</sup>	1,15±0,09	0,72±0,06 <sup>1 2</sup>
C3- A1	ГЗ	1,59±0,08	1,38±0,08 <sup>2</sup>	1,42±0,09 <sup>1</sup>	0,99±0,11 <sup>2</sup>	2,27±0,10 <sup>3</sup>	1,46±0,11 <sup>2</sup>	1,73±0,10 <sup>1 3</sup>	1,00±0,09 <sup>2</sup>
	ГО	1,29±0,07	1,01±0,08 <sup>2</sup>	1,28±0,11	0,75±0,08 <sup>1 2</sup>	1,60±0,14 <sup>3</sup>	1,03±0,08 <sup>2</sup>	1,51±0,12	0,81±0,09 <sup>1 2</sup>
C4- A2	ГЗ	1,46±0,11	1,23±0,07 <sup>2</sup>	1,70±0,08 <sup>1</sup>	0,84±0,10 <sup>1 2</sup>	1,98±0,14 <sup>3</sup>	1,44±0,11 <sup>2 3</sup>	2,11±0,06 <sup>1 3</sup>	0,80±0,06 <sup>2 1</sup>
	ГО	1,48±0,11	1,03±0,11 <sup>2</sup>	1,63±0,04	0,79±0,09 <sup>1 2</sup>	1,73±0,12	1,11±0,07 <sup>2</sup>	1,64±0,08	0,82±0,05 <sup>2 1</sup>
O1- A1	ГЗ	1,50±0,06	1,22±0,05 <sup>2</sup>	1,85±0,12 <sup>1</sup>	1,31±0,06 <sup>2</sup>	2,51±0,17 <sup>3</sup>	1,37±0,16 <sup>2 3</sup>	2,34±0,12 <sup>1 3</sup>	1,52±0,12 <sup>2 3</sup>
	ГО	1,09±0,07	0,81±0,07 <sup>2</sup>	1,24±0,10	0,98±0,08 <sup>1 2</sup>	1,64±0,15	1,04±0,10 <sup>2</sup>	1,31±0,09 <sup>1</sup>	1,16±0,08 <sup>1 2</sup>
O2- A2	ГЗ	1,87±0,12	1,59±0,08 <sup>2</sup>	2,04±0,08 <sup>1</sup>	1,09±0,13 <sup>1 2</sup>	2,41±0,09 <sup>3</sup>	2,00±0,07 <sup>2 3</sup>	2,53±0,12 <sup>3</sup>	1,26±0,10 <sup>1 2 3</sup>
	ГО	1,25±0,13	1,14±0,10	1,81±0,07 <sup>1</sup>	1,03±0,10 <sup>1 2</sup>	1,63±0,17	1,25±0,10 <sup>2</sup>	1,92±0,10 <sup>1</sup>	1,23±0,11 <sup>1 2</sup>

Примечание: <sup>1</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению с данными мальчиков и девочек; <sup>2</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями до занятия; <sup>3</sup>  $P < 0,05$  по сравнению со значениями группы сноркелинга

На топограммах видно, что после сноркелинга и дайвинга у детей изменения мощности бета-ритма зарегистрировано не было (рис. 4).

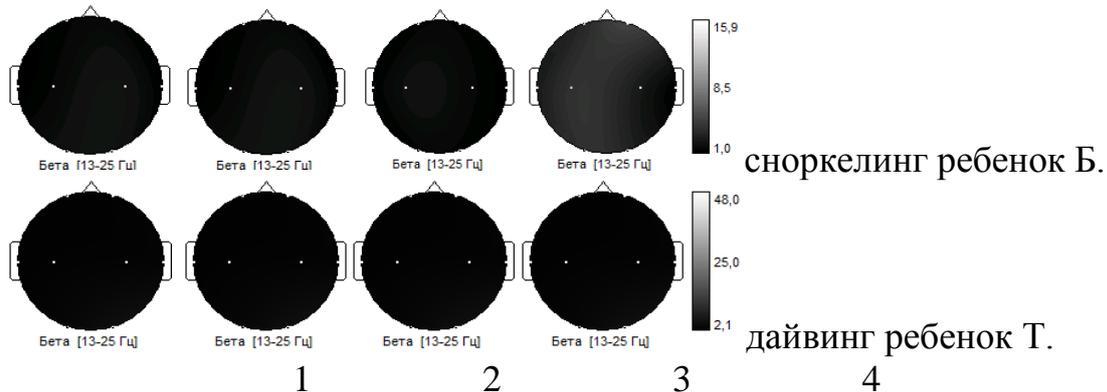


Рисунок 4 – Топографическое распределение спектральной мощности ЭЭГ в бета-диапазоне у детей до и после сноркелинга и дайвинга (начало курса обучения сноркелингу и дайвингу; 1 – до занятия, ГЗ; 2 – после занятия, ГЗ; 3 – до занятия, ГО; 4 – после занятия, ГО).

Наглядным примером снижения медленноволновой активности головного мозга после занятия сноркелингом и дайвингом является распределение мощности тета- и дельта-ритмов на топографических картах ЭЭГ. Выявлено, снижение мощности тета-ритма после занятия сноркелингом и дайвингом (рис. 5).

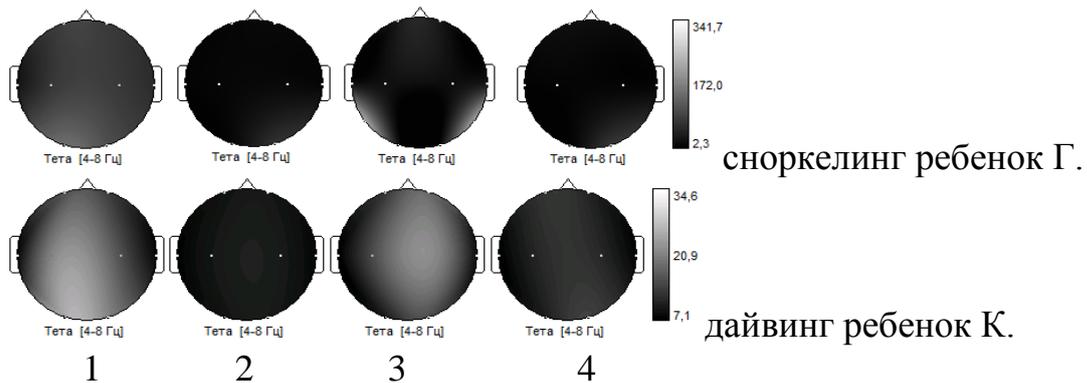


Рисунок 5 – Топографическое распределение спектральной мощности ЭЭГ в тета-диапазоне у детей до и после сноркелинга и дайвинга (начало курса обучения сноркелингу и дайвингу; 1 – до занятия, ГЗ; 2 – после занятия, ГЗ; 3 – до занятия, ГО; 4 – после занятия, ГО).

Из представленных топограмм на рисунке 6 видно, что до занятия сноркелингом и дайвингом на ЭЭГ регистрировался дельта-ритм как при закрытых, так и при открытых глазах, а после занятия сноркелингом и дайвингом

погружения под воду с аквалангом как при закрытых, так и открытых глазах было зарегистрировано снижение мощности данного ритма.

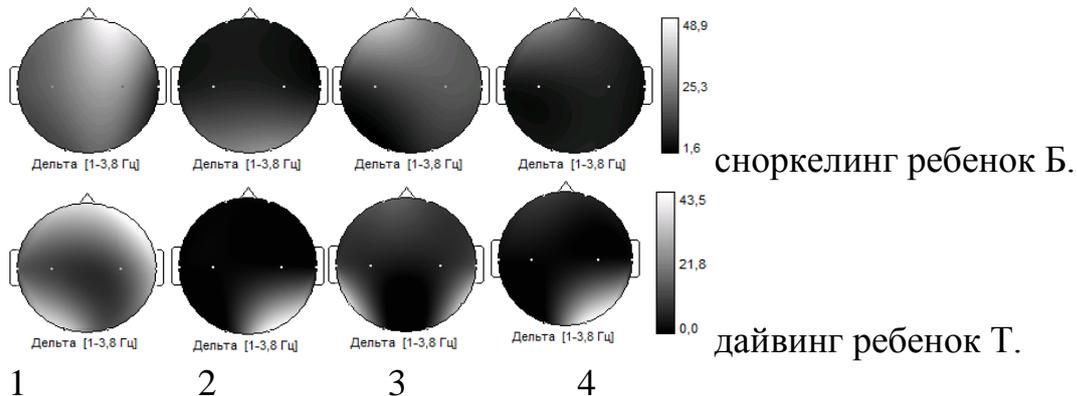


Рисунок 6 – Топографическое распределение спектральной мощности ЭЭГ в дельта-диапазоне у детей до и после сноркелинга и дайвинга (начало курса обучения сноркелингу и дайвингу; 1 – до занятия, ГЗ; 2 – после занятия, ГЗ; 3 – до занятия, ГО; 4 – после занятия, ГО).

Важно отметить, что патологических изменений на ЭЭГ у детей после занятия сноркелингом и дайвингом выявлено не было.

*Сравнительный анализ показателей биоэлектрической активности головного мозга у детей групп сноркелинга и дайвинга в начале курса обучения.* При анализе изменений альфа-диапазона выявлены, достоверные различия между группами сноркелинга и дайвинга. Так, до занятия мощность альфа-ритма была достоверно выше у мальчиков, занимающихся дайвингом в затылочных областях обоих полушарий головного мозга, чем у мальчиков контрольной группы. После занятия выявлено, что мощность данного ритма была достоверно ( $P < 0,05$ ) выше у мальчиков, занимающихся дайвингом в лобных, центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга, чем у мальчиков группы сноркелинга (рис. 7). В то время как у девочек группы дайвинга до занятия мощность альфа-ритма была достоверно ( $P < 0,05$ ) выше в центральных областях и затылочной области правого полушария головного мозга. А после занятия мощность данного ритма была достоверно ( $P < 0,05$ ) выше в лобной области правого полушария, центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга, чем у девочек, занимающихся сноркелингом (рис. 8).

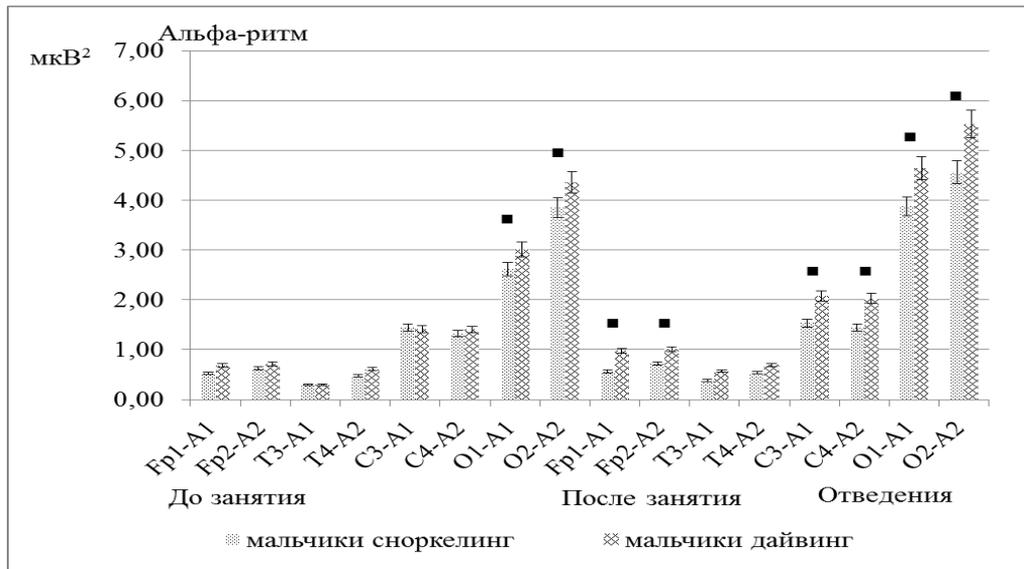


Рисунок 7 – Изменение мощности альфа-ритма у мальчиков при занятиях сноркелингом и дайвингом (ГЗ, начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями мальчиков из группы дайвинга.

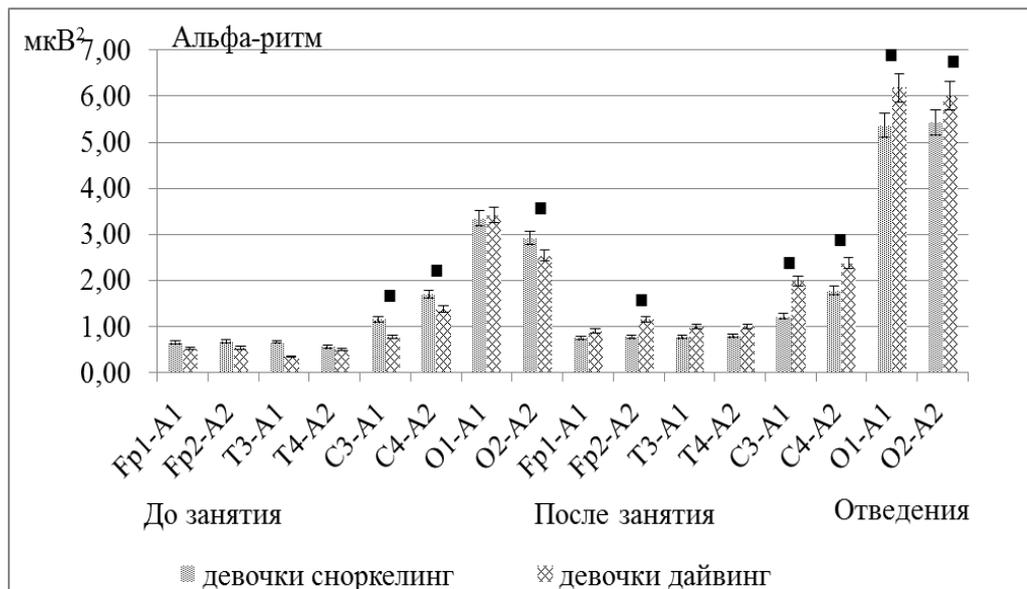


Рисунок 8 – Изменение мощности альфа-ритма у девочек при занятиях сноркелингом и дайвингом (ГЗ, начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями девочек из группы дайвинга.

При анализе изменения мощности тета- и дельта-ритмов отмечено, что достоверные ( $P < 0,05$ ) отличия, у занимающихся сноркелингом и дайвингом были выявлены в дельта-диапазоне. Так, до занятия у мальчиков группы дайверов мощность дельта-ритма была выше, чем у занимающихся сноркелингом во всех областях обоих полушарий головного мозга ( $P < 0,05$ ). После занятия у мальчиков из группы дайверов мощность данного ритма была выше, чем у мальчиков,

занимающихся снорклингом в лобной области правого полушария, затылочной области левого полушария и достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже в височной области левого полушария головного мозга (рис. 9).

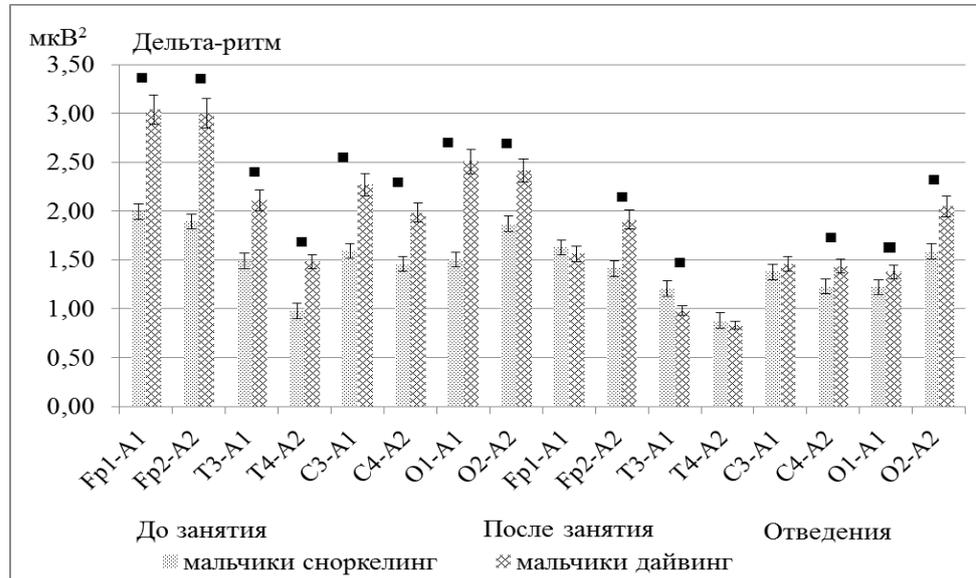


Рисунок 9 – Изменение мощности дельта-ритма у мальчиков при занятиях снорклингом и дайвингом (ГЗ, начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями мальчиков из группы дайвинга.

У девочек из группы дайвинга мощность дельта-ритма до занятия была достоверно ( $P < 0,05$ ) выше во всех областях, за исключением височной области правого полушария головного мозга. После занятия дайвингом у девочек мощность данного ритма была достоверно ( $P < 0,05$ ) выше в лобных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга, чем у девочек, занимающихся снорклингом (рис. 10).

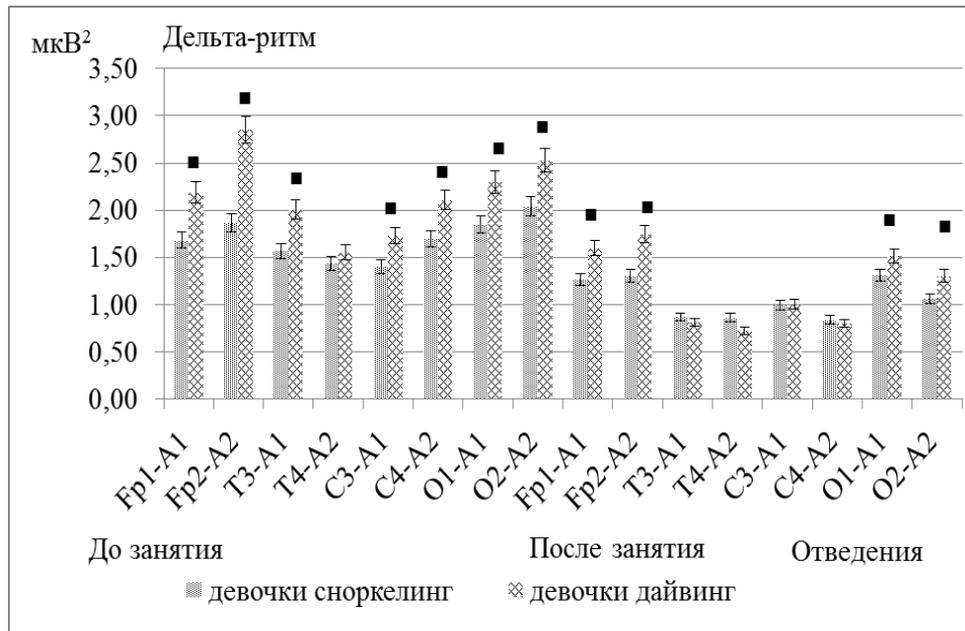


Рисунок 10 – Изменение мощности дельта-ритма у девочек при занятиях snorkелингом и дайвингом (ГЗ, начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями девочек из группы дайвинга.

Наши исследования показали, что у детей 12-ти лет уже имеется сформированная альфа-активность головного мозга с локализацией в зрительной области коры, наблюдается стабилизация амплитуды и частоты корковых потенциалов и отмечается выраженное доминирование альфа-ритма. Однако исследования ЭЭГ у детей показывают, что биоэлектрическая активность головного мозга еще продолжает формироваться, что согласуется с данными исследователей [Новикова А.А., 1994; Семенова Н.Ю., 2006; Алиева Т.А. с соавт., 2010].

Таким образом, после snorkелинга у детей отмечалось увеличение мощности альфа-ритма в затылочных областях коры головного мозга. А после подводного погружения с аквалангом в центральных и затылочных областях коры головного мозга и локализацией его в центрально-затылочных отделах головного мозга. Установлено, что после занятия snorkелингом и дайвингом отмечалось снижение мощности дельта-ритма. Также зарегистрировано достоверное снижение мощности тета-ритма у мальчиков после snorkелинга в лобной области левого полушария, центральной и затылочной областях правого полушария, а после дайвинга – в лобной области левого полушария, центральных и заты-

лочных областях обоих полушарий головного мозга. У девочек после снорке- линга и дайвинга снижение мощности данного ритма было зарегистрировано во всех областях головного мозга, за исключением височной области левого по- лушария коры головного мозга. При открытых глазах была выявлена достаточ- но выраженная реакция активации, выражающаяся в снижении мощности аль- фа-ритма.

### 3.2. Динамика биоэлектрической активности головного мозга у детей в процессе курса обучения их сноркеленгу и дайвингу

Визуальный анализ ЭЭГ в конце курса обучения сноркелингу и дайвингу выявил, что у детей в состоянии спокойного бодрствования до погружения под воду с аквалангом альфа-ритм локализовался в затылочных областях обоих по- лушарий коры головного мозга с амплитудой 50-60 мкВ и частотой 10 Гц. Важ- но отметить, что у детей данного возраста альфа-ритм имеет частоту до 10 Гц и амплитуду до 90 мкВ [Сергеева Е.Г., 2009]. При открывании глаз на ЭЭГ реги- стрировалась хорошо выраженная реакция активации, то есть снижение ампли- туды и мощности альфа-ритма, а также появление низкоамплитудного бета- ритма. Также выявлено, что альфа-ритм при этом локализовался в центральных областях коры головного мозга. Амплитуда волн составляла 40 мкВ (рис. 11).

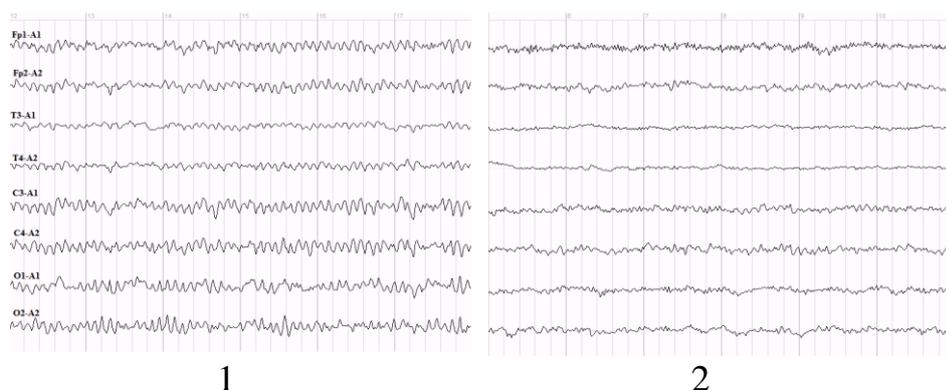


Рисунок 11 – Электроэнцефалограмма ребенка Ф. до дайвинга (конец курса обучения; 1 – ГЗ, 2 – ГО).

После занятия на ЭЭГ визуально отмечалось увеличение амплитуды аль-

фа-волн до 70 мкВ в группе дайвинга и 65 мкВ в группе сноркелинга ( $P < 0,05$ ). При этом альфа-ритм локализовался в центральных и затылочных областях коры головного мозга (рис. 12). Роста мощности тета- и дельта-ритмов в конце курса обучения сноркелингу и дайвингу зарегистрировано не было.



Рисунок 12 – Электроэнцефалограмма ребенка Ф. до дайвинга (конец курса обучения; 1 – ГЗ, 2 – ГО).

*Альфа-ритм.* До сноркелинга и дайвинга в конце курса обучения на ЭЭГ у детей наибольшая мощность альфа-ритма была зарегистрирована в затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга (табл. 6, 7). При открытых глазах до сноркелинга у мальчиков и девочек доминирование альфа-ритма отмечалось в центральной области правого полушария, затылочной области левого полушария головного мозга. А до дайвинга у мальчиков данный ритм локализовался в центральной и затылочной областях правого полушария, а у девочек в центральной области правого полушария, затылочной области левого полушария головного мозга (табл. 7).

Анализ ЭЭГ, проведенный в конце курса обучения, показал, что после сноркелинга у мальчиков отмечалось достоверное увеличение ( $P < 0,05$ ) мощности альфа-ритма во всех областях, за исключением лобной области левого полушария головного мозга (табл. 6). В то время как после дайвинга у мальчиков достоверное увеличение ( $P < 0,05$ ) мощности альфа-ритма было зарегистрировано в лобной области правого полушария, височных, центральных и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. А у девочек – во всех областях коры головного мозга (табл. 7).

При проведении функциональной пробы (открытие глаз) после сноркелинга и дайвинга у мальчиков отмечалось достоверное увеличение ( $P < 0,05$ ) мощности альфа-ритма во всех областях, за исключением центральной области левого полушария коры головного мозга. В то же время у девочек после сноркелинга увеличение ( $P < 0,05$ ) данного ритма было зарегистрировано в височной области правого полушария, центральной и затылочной областях левого полушария, а после дайвинга в височной области правого полушария, центральной области левого полушария головного мозга (табл. 6, 7).

*Бета-ритм.* До сноркелинга у мальчиков при закрытых глазах наибольшая мощность бета-ритма была зарегистрирована в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга, а при открытых глазах в центральных областях обоих полушарий и затылочной области правого полушария головного мозга (табл. 8). До дайвинга при закрытых глазах данный ритм локализовался в центральной области правого полушария, затылочной области левого полушария, а при открытых глазах – в центральных областях обоих полушарий и затылочной области правого полушария головного мозга (табл. 9). В то время как у девочек обеих групп при закрытых и открытых глазах наибольшая мощность бета-ритма отмечалась в затылочных областях обоих полушарий, а при открытых глазах – в центральных областях обоих полушарий коры головного мозга (табл. 8, 9). После сноркелинга и дайвинга у детей достоверных изменений мощности бета-ритма ( $P > 0,05$ ) зарегистрировано не было (табл. 8, 9).

*Тета-ритм.* Анализ распределения спектральной мощности ЭЭГ в тета-диапазоне при закрытых глазах установил, что до сноркелинга у мальчиков доминирование данного ритма отмечалось в лобной и затылочной областях правого полушария, а до дайвинга в центральной области левого полушария и затылочной области правого полушария коры головного мозга. У девочек – в затылочных областях обоих полушарий головного мозга. При открытых глазах у мальчиков до сноркелинга тета-ритм локализовался в лобной области правого полушария, центральной области левого полушария, а до дайвинга в затылочных областях обоих полушарий головного мозга (табл. 10, 11). У девочек при

открытых глазах доминирование тета-ритма до сноркелинга и дайвинга было зарегистрировано в центральной и затылочной областях левого полушария головного мозга (табл. 10, 11).

Анализ ЭЭГ у мальчиков при закрытых глазах показал достоверное снижение мощности ( $P < 0,05$ ) тета-ритма после сноркелинга в лобной области левого полушария, центральной области правого полушария, затылочных областях обоих полушарий, а после дайвинга во всех областях, за исключением лобной и височной областей правого полушария головного мозга (табл. 10, 11). При открытых глазах у мальчиков в конце курса обучения сноркелингу после занятия тета-ритм достоверно снизился ( $P < 0,05$ ) в лобной области правого полушария, центральной области левого полушария, а после дайвинга во всех областях полушарий головного мозга, за исключением височной области правого полушария коры головного мозга. В то время как у девочек группы сноркелинга и дайвинга при закрытых и открытых глазах мощность данного ритма достоверно ( $P < 0,05$ ) уменьшилась в лобной и височной областях правого полушария, центральных областях обоих полушарий коры головного мозга (табл. 10, 11).

*Дельта-ритм.* Исследование мощности дельта-ритма у детей до сноркелинга и дайвинга при закрытых глазах выявило доминирование этого диапазона в лобных областях обоих полушарий коры головного мозга. При открытых глазах у мальчиков группы сноркелинга и дайвинга данный ритм локализовался в лобных областях обоих полушарий, у девочек, занимающихся сноркелингом в лобной и затылочной областях правого полушария, а у девочек-дайверов в центральной области левого полушария, затылочной области правого полушария головного мозга (табл. 12, 13).

В конце курса обучения сноркелингу после занятия у мальчиков дельта-ритм достоверно снизился ( $P < 0,05$ ) во всех областях обоих полушарий, а после дайвинга во всех областях обоих полушарий головного мозга, за исключением височной области правого полушария коры головного мозга. В то время как у девочек данный ритм после сноркелинга и дайвинга достоверно снизился ( $P < 0,05$ ) во всех областях обоих полушарий головного мозга. При открытых

глазах после сноркелинга и дайвинга у мальчиков и девочек дельта-ритм снизился ( $P < 0,05$ ) во всех областях обоих полушарий головного мозга (табл. 12, 13).

Полученные данные ЭЭГ свидетельствуют о наличии достоверных ( $P < 0,05$ ) различий между показателями альфа-, тета- и дельта-ритмов в начале и конце курса обучения детей сноркелингу и дайвингу (1-е и 10-е погружения).

*Топографический анализ ЭЭГ.* На рисунке 13 в качестве примера приведены топографические карты спектральной мощности в альфа-диапазоне ЭЭГ при закрытых глазах, которые показывают, что до занятия сноркелингом и дайвингом альфа-ритм локализовался в затылочных областях обоих полушарий головного мозга. После сноркелинга и погружения под воду с аквалангом по топографическим картам видно, что этот диапазон стал локализоваться в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. При открытых глазах – в затылочных областях обоих полушарий головного мозга (рис. 13).

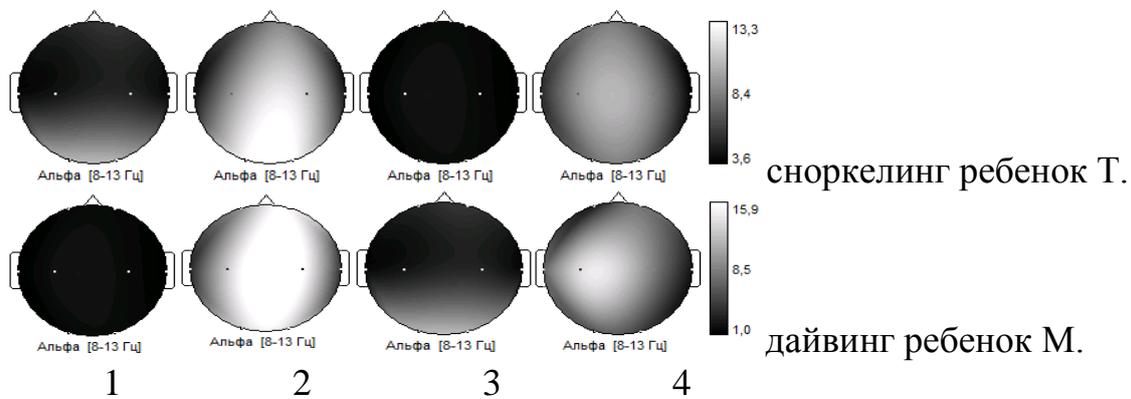


Рисунок 13 – Топографическое распределение спектральной мощности ЭЭГ в альфа-диапазоне у детей до и после сноркелинга и дайвинга (конец курса обучения; 1 – до занятия, ГЗ; 2 – после занятия, ГЗ; 3 – до занятия, ГО; 4 – после занятия, ГО).

Таблица 6 – Показатели мощности альфа-ритма ( $\mu\text{В}^2$ ) у детей в конце курса обучения сноркелингу ( $M \pm m$ )

Отве веде де- ния		Альфа-ритм							
		Мальчики				Девочки			
		Начало курса обучения		Конец курса обучения		Начало курса обучения		Конец курса обучения	
		до снорке- лига	после сноркелига	до снорке- лига	после снор- келига	до снорке- лига	после снор- келига	до снорке- лига	после снор- келига
Fr1- A1	ГЗ	0,52±0,08	0,56±0,07	0,72±0,09	0,86±0,07	0,66±0,02	0,75±0,05	0,82±0,01	0,90±0,04
	ГО	0,20±0,03	0,31±0,02 <sup>4</sup>	0,20±0,02	0,40±0,05 <sup>4</sup>	0,20±0,01	0,24±0,01	0,40±0,01	0,49±0,09 <sup>5</sup>
Fr2- A2	ГЗ	0,63±0,07	0,72±0,07	0,79±0,09	1,05±0,08 <sup>4</sup>	0,68±0,04	0,77±0,04	0,86±0,03	0,95±0,03 <sup>4</sup>
	ГО	0,20±0,03	0,30±0,05 <sup>4</sup>	0,23±0,02	0,52±0,07 <sup>4 5</sup>	0,20±0,02	0,25±0,03	0,31±0,06	0,45±0,10 <sup>5</sup>
ТЗ- A1	ГЗ	0,30±0,04	0,38±0,05	0,49±0,07	0,78±0,07 <sup>4 5</sup>	0,67±0,05	0,77±0,07	0,45±0,07	0,93±0,08 <sup>4</sup>
	ГО	0,11±0,02	0,16±0,03	0,12±0,02	0,41±0,05 <sup>4 5</sup>	0,11±0,02	0,20±0,02	0,25±0,04	0,25±0,03
Т4- A2	ГЗ	0,47±0,07	0,54±0,06	0,57±0,08	0,76±0,10	0,56±0,06	0,79±0,04	0,64±0,05	1,14±0,06 <sup>4</sup>
	ГО	0,17±0,03	0,21±0,05	0,15±0,04	0,42±0,08 <sup>4</sup>	0,12±0,02	0,22±0,01	0,30±0,04	0,61±0,09 <sup>4 5</sup>
С3- A1	ГЗ	1,45±0,08	1,54±0,08	1,44±0,11	1,75±0,09 <sup>4</sup>	1,15±0,04	1,22±0,04	1,44±0,10	2,02±0,07 <sup>4</sup>
	ГО	0,38±0,06	0,48±0,05 <sup>4</sup>	0,30±0,07	0,42±0,09	0,43±0,03	0,51±0,03	0,64±0,03	0,79±0,05 <sup>4 5</sup>
С4- A2	ГЗ	1,33±0,08	1,44±0,05	1,60±0,13	2,21±0,10 <sup>4</sup>	1,70±0,11	1,79±0,11	1,56±0,11	3,19±0,08 <sup>4 5</sup>
	ГО	0,49±0,09	0,58±0,03	0,48±0,08	1,00±0,10 <sup>4</sup>	0,64±0,08	0,74±0,07	0,77±0,05	0,93±0,02
O1- A1	ГЗ	2,61±0,21	3,88±0,13 <sup>4</sup>	3,81±0,07 <sup>5</sup>	5,30±0,18 <sup>4 5</sup>	3,35±0,18	5,37±0,15 <sup>4</sup>	4,30±0,11 <sup>5</sup>	6,58±0,06 <sup>4 5</sup>
	ГО	0,36±0,03	0,56±0,06 <sup>4</sup>	0,36±0,04	0,88±0,04 <sup>4</sup>	0,35±0,04	0,54±0,06	0,83±0,09 <sup>5</sup>	1,02±0,08 <sup>4 5</sup>
O2- A2	ГЗ	3,81±0,12	4,56±0,12 <sup>4</sup>	4,09±0,07	4,87±0,05 <sup>4 5</sup>	2,92±0,15	5,43±0,12 <sup>4</sup>	4,31±0,11 <sup>5</sup>	6,28±0,03 <sup>4 5</sup>
	ГО	0,35±0,07	0,49±0,07 <sup>4</sup>	0,31±0,04	0,88±0,04 <sup>4</sup>	0,33±0,03	0,34±0,05	0,63±0,05 <sup>5</sup>	0,74±0,11 <sup>4</sup>

Примечание: <sup>4</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями до сноркелинга; <sup>5</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению с данными 1-го занятия

Таблица 7 – Показатели мощности альфа-ритма ( $\mu\text{В}^2$ ) у детей в конце курса обучения дайвингу ( $M \pm m$ )

Отве веде де- ния		Альфа-ритм							
		Мальчики				Девочки			
		Начало курса обуче- ния		Конец курса обучения		Начало курса обучения		Конец курса обучения	
		до дай- винга	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга
Fr1- A1	ГЗ	0,68±0,06	0,98±0,12	0,86±0,09	0,97±0,10	0,52±0,04	0,90±0,08 <sup>4</sup>	0,83±0,03	1,12±0,04 <sup>4</sup>
	ГО	0,20±0,02	0,40±0,04 <sup>4</sup>	0,18±0,01	0,63±0,08 <sup>4</sup>	0,18±0,001	0,21±0,01	0,67±0,01	0,79±0,09 <sup>5</sup>
Fr2- A2	ГЗ	0,71±0,07	1,00±0,11	0,88±0,10	1,02±0,07 <sup>4</sup>	0,54±0,04	1,16±0,08 <sup>4</sup>	0,80±0,02	1,31±0,05 <sup>4</sup>
	ГО	0,19±0,02	0,36±0,04 <sup>4</sup>	0,24±0,02	0,71±0,08 <sup>4 5</sup>	0,20±0,01	0,21±0,01	0,42±0,06	0,67±0,09 <sup>5</sup>
T3- A1	ГЗ	0,30±0,03	0,57±0,09	0,45±0,05	0,78±0,10 <sup>4 5</sup>	0,35±0,04	1,00±0,12 <sup>4</sup>	0,50±0,04	1,05±0,09 <sup>4</sup>
	ГО	0,10±0,01	0,20±0,02 <sup>4</sup>	0,11±0,02	0,38±0,03 <sup>4 5</sup>	0,10±0,01	0,26±0,04	0,45±0,03	0,32±0,04
T4- A2	ГЗ	0,61±0,08	0,69±0,08	0,49±0,05	0,77±0,10	0,50±0,04	1,01±0,08 <sup>4</sup>	0,58±0,04	1,28±0,07 <sup>4</sup>
	ГО	0,13±0,02	0,27±0,04 <sup>4</sup>	0,11±0,02	0,40±0,05 <sup>4</sup>	0,12±0,01	0,24±0,01	0,26±0,02	0,51±0,06 <sup>4 5</sup>
C3- A1	ГЗ	1,41±0,10	2,08±0,10 <sup>4</sup>	1,42±0,16	2,41±0,12 <sup>4 6</sup>	0,77±0,05 <sup>5</sup>	1,98±0,14 <sup>4</sup>	1,62±0,10	2,15±0,10 <sup>4</sup>
	ГО	0,40±0,05	0,61±0,11 <sup>4</sup>	0,37±0,08	0,42±0,09	0,42±0,02	0,58±0,03	0,67±0,05	0,80±0,06 <sup>4 5</sup>
C4- A2	ГЗ	1,36±0,11	2,03±0,12 <sup>4</sup>	1,46±0,14	2,21±0,10 <sup>4 6</sup>	1,38±0,09	2,37±0,09 <sup>4</sup>	1,50±0,10	3,10±0,11 <sup>4 5</sup>
	ГО	0,40±0,04	0,63±0,09 <sup>4</sup>	0,43±0,08	0,89±0,10 <sup>4</sup>	0,62±0,04	0,87±0,08	0,76±0,03	0,93±0,07
O1- A1	ГЗ	3,02±0,18	4,58±0,11 <sup>4</sup>	3,77±0,20 <sup>5</sup>	5,30±0,18 <sup>4 5 6</sup>	3,42±0,12 <sup>5</sup>	6,19±0,17 <sup>4</sup>	4,68±0,17 <sup>5 6</sup>	7,40±0,20 <sup>4 5 6</sup>
	ГО	0,36±0,03	0,67±0,08 <sup>4</sup>	0,30±0,04	0,85±0,11 <sup>4</sup>	0,37±0,02	0,51±0,04	0,88±0,06 <sup>5</sup>	0,89±0,14 <sup>4</sup>
O2- A2	ГЗ	4,48±0,20	5,83±0,14 <sup>4</sup>	4,35±0,22 <sup>6</sup>	6,20±0,15 <sup>4 5 6</sup>	2,54±0,12 <sup>5</sup>	6,03±0,14 <sup>4</sup>	4,74±0,13 <sup>5 6</sup>	6,80±0,06 <sup>4 5 6</sup>
	ГО	0,33±0,04	0,59±0,07	0,40±0,03	0,98±0,10 <sup>4</sup>	0,32±0,02	0,31±0,03	0,64±0,07 <sup>5</sup>	0,78±0,07 <sup>5</sup>

Примечание: <sup>4</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями до дайвинга; <sup>5</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению с данными 1-го погружения; <sup>6</sup>  $P < 0,05$  по сравнению со значениями группы сноркелинга

Таблица 8 – Показатели мощности бета-ритма ( $\text{мкВ}^2$ ) у детей в конце курса обучения сноркелингу ( $M \pm m$ )

Отве- веде- де- ния		Бета-ритм							
		Мальчики				Девочки			
		Начало курса обучения		Конец курса обучения		Начало курса обучения		Конец курса обучения	
		до снорке- лига	после сноркелига	до снорке- лига	после сноркелига	до снорке- лига	после снор- келига	до снорке- лига	после снор- келига
Fr1- A1	ГЗ	0,09±0,01	0,09±0,01	0,10±0,02	0,10±0,02	0,12±0,001	0,10±0,001	0,14±0,01	0,11±0,001
	ГО	0,10±0,02	0,10±0,01	0,11±0,01	0,10±0,01	0,15±0,001	0,10±0,001	0,14±0,02	0,14±0,01
Fr2- A2	ГЗ	0,11±0,02	0,10±0,01	0,10±0,02	0,10±0,01	0,15±0,01	0,15±0,01	0,16±0,01	0,15±0,001
	ГО	0,12±0,02	0,10±0,01	0,08±0,01	0,11±0,01	0,17±0,01	0,18±0,02	0,12±0,01	0,12±0,02
T3- A1	ГЗ	0,08±0,02	0,06±0,01	0,07±0,02	0,08±0,01	0,13±0,01	0,16±0,02	0,13±0,01	0,09±0,01
	ГО	0,07±0,01	0,06±0,01	0,08±0,01	0,09±0,01	0,13±0,02	0,10±0,01	0,10±0,02	0,12±0,01
T4- A2	ГЗ	0,10±0,02	0,09±0,02	0,09±0,02	0,08±0,01	0,15±0,02	0,14±0,01	0,14±0,01	0,12±0,01
	ГО	0,12±0,03	0,10±0,02	0,08±0,02	0,08±0,01	0,13±0,01	0,12±0,01	0,11±0,02	0,11±0,01
C3- A1	ГЗ	0,13±0,02	0,12±0,02	0,13±0,02	0,14±0,02	0,16±0,001	0,12±0,001	0,14±0,01	0,14±0,01
	ГО	0,12±0,02	0,11±0,02	0,14±0,02	0,14±0,02	0,20±0,01	0,14±0,01	0,10±0,01	0,11±0,01
C4- A2	ГЗ	0,13±0,02	0,12±0,01	0,14±0,02	0,16±0,02	0,21±0,01	0,20±0,01	0,16±0,001	0,13±0,01
	ГО	0,11±0,02	0,08±0,01	0,13±0,01	0,13±0,02	0,16±0,01	0,17±0,01	0,15±0,03	0,16±0,001
O1- A1	ГЗ	0,15±0,02	0,12±0,01	0,16±0,02	0,18±0,02	0,21±0,01	0,28±0,01	0,27±0,02	0,27±0,01
	ГО	0,13±0,02	0,10±0,01	0,10±0,01	0,12±0,02	0,17±0,01	0,15±0,01	0,24±0,02	0,21±0,01
O2- A2	ГЗ	0,14±0,01	0,13±0,01	0,12±0,01	0,11±0,01	0,19±0,01	0,19±0,01	0,23±0,02	0,22±0,01
	ГО	0,13±0,01	0,10±0,01	0,13±0,02	0,12±0,01	0,13±0,01	0,15±0,001	0,20±0,03	0,18±0,01

Таблица 9 – Показатели мощности бета-ритма ( $\mu\text{В}^2$ ) у детей в конце курса обучения дайвингу ( $M \pm m$ )

Отве- веде- де- ния		Бета-ритм							
		Мальчики				Девочки			
		Начало курса обучения		Конец курса обучения		Начало курса обучения		Конец курса обучения	
		до дайвин- га	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга
Fr1- A1	ГЗ	0,13±0,01	0,10±0,01	0,13±0,01	0,12±0,01	0,12±0,001	0,10±0,001	0,14±0,01	0,11±0,001
	ГО	0,12±0,01	0,09±0,01	0,11±0,01	0,11±0,01	0,15±0,001	0,10±0,001	0,13±0,01	0,13±0,01
Fr2- A2	ГЗ	0,16±0,02	0,11±0,01	0,13±0,02	0,13±0,01	0,15±0,01	0,15±0,01	0,16±0,01	0,15±0,001
	ГО	0,12±0,02	0,09±0,01	0,09±0,01	0,10±0,01	0,17±0,01	0,18±0,02	0,13±0,01	0,14±0,01
T3- A1	ГЗ	0,09±0,01	0,07±0,01	0,06±0,01	0,08±0,01	0,13±0,01	0,16±0,02	0,14±0,01	0,11±0,01
	ГО	0,07±0,01	0,07±0,01	0,08±0,01	0,09±0,01	0,13±0,02	0,10±0,01	0,10±0,01	0,11±0,01
T4- A2	ГЗ	0,13±0,02	0,09±0,01	0,09±0,01	0,07±0,01	0,15±0,02	0,14±0,01	0,13±0,01	0,10±0,01
	ГО	0,13±0,02	0,10±0,02	0,06±0,01	0,07±0,01	0,13±0,01	0,12±0,01	0,11±0,01	0,11±0,001
C3- A1	ГЗ	0,16±0,01	0,15±0,01	0,13±0,01	0,13±0,01	0,16±0,001	0,12±0,001	0,15±0,001	0,14±0,001
	ГО	0,12±0,01	0,12±0,01	0,13±0,01	0,14±0,02	0,20±0,01	0,14±0,01	0,11±0,01	0,13±0,01
C4- A2	ГЗ	0,17±0,01	0,14±0,01	0,15±0,01	0,16±0,01	0,21±0,01	0,20±0,01	0,16±0,001	0,12±0,01
	ГО	0,14±0,01	0,09±0,01	0,13±0,01	0,13±0,02	0,16±0,01	0,17±0,01	0,17±0,02	0,16±0,001
O1- A1	ГЗ	0,18±0,02	0,13±0,01	0,18±0,02	0,19±0,02	0,21±0,01	0,28±0,01	0,29±0,01	0,29±0,01
	ГО	0,12±0,01	0,11±0,01	0,12±0,01	0,12±0,01	0,17±0,01	0,15±0,01	0,25±0,02	0,20±0,01
O2- A2	ГЗ	0,17±0,01	0,12±0,01	0,13±0,001	0,11±0,01	0,19±0,01	0,19±0,01	0,25±0,01	0,23±0,01
	ГО	0,12±0,01	0,12±0,01	0,13±0,02	0,11±0,01	0,13±0,01	0,15±0,001	0,23±0,02	0,19±0,01

Таблица 10 – Показатели мощности тета-ритма ( $\mu\text{V}^2$ ) у детей в конце курса обучения сноркелингу ( $M \pm m$ )

Отве- веде- де- ния		Тета-ритм							
		Мальчики				Девочки			
		Начало курса обучения		Конец курса обучения		Начало курса обучения		Конец курса обучения	
		до снорке- лига	после снор- келига	до снорке- лига	после сноркелига	до снорке- лига	после сноркелига	до снорке- лига	после снор- келига
Fr1- A1	ГЗ	0,56±0,05	0,41±0,04 <sup>4</sup>	0,53±0,04	0,39±0,03 <sup>5</sup>	0,77±0,06	0,51±0,04 <sup>4</sup>	0,52±0,03	0,47±0,02
	ГО	0,45±0,05	0,41±0,06	0,44±0,05	0,39±0,04	0,39±0,04	0,33±0,04	0,32±0,04	0,22±0,02
Fr2- A2	ГЗ	0,76±0,09	0,73±0,10	0,58±0,02	0,52±0,03	0,63±0,03	0,50±0,02 <sup>4</sup>	0,59±0,05	0,35±0,03 <sup>4</sup>
	ГО	0,56±0,09	0,52±0,05	0,55±0,06	0,36±0,04 <sup>4</sup>	0,42±0,03	0,28±0,02 <sup>4</sup>	0,34±0,03	0,24±0,01 <sup>4</sup>
T3- A1	ГЗ	0,33±0,07	0,35±0,08	0,32±0,06	0,21±0,04	0,34±0,05	0,27±0,05	0,27±0,05	0,19±0,04
	ГО	0,30±0,05	0,21±0,04	0,26±0,05	0,21±0,05	0,22±0,05	0,17±0,04	0,22±0,03	0,17±0,03
T4- A2	ГЗ	0,49±0,10	0,47±0,11	0,34±0,02 <sup>5</sup>	0,24±0,03 <sup>5</sup>	0,41±0,01	0,22±0,03 <sup>4</sup>	0,34±0,03	0,22±0,01 <sup>4</sup>
	ГО	0,34±0,06	0,27±0,06	0,32±0,02	0,23±0,02	0,41±0,03	0,24±0,03 <sup>4</sup>	0,33±0,02	0,16±0,03 <sup>4</sup>
C3- A1	ГЗ	0,55±0,06	0,46±0,06	0,53±0,05	0,45±0,04 <sup>4</sup>	0,93±0,06	0,45±0,06 <sup>4</sup>	0,77±0,09	0,37±0,04 <sup>4</sup>
	ГО	0,45±0,06	0,37±0,05	0,61±0,06	0,31±0,02 <sup>4</sup>	0,50±0,06	0,24±0,03 <sup>4</sup>	0,55±0,09	0,27±0,01 <sup>4</sup>
C4- A2	ГЗ	0,52±0,06	0,42±0,06	0,50±0,04	0,38±0,04 <sup>4 5</sup>	0,84±0,05	0,62±0,05 <sup>4</sup>	0,78±0,06	0,41±0,03 <sup>4 5</sup>
	ГО	0,70±0,10	0,38±0,06 <sup>4</sup>	0,47±0,05 <sup>5</sup>	0,39±0,04	0,46±0,04	0,27±0,03 <sup>4</sup>	0,44±0,05	0,25±0,02 <sup>4</sup>
O1- A1	ГЗ	0,51±0,06	0,46±0,07	0,51±0,07	0,30±0,04 <sup>4 5</sup>	0,94±0,10	0,61±0,02 <sup>4</sup>	0,89±0,06	0,35±0,02 <sup>4 5</sup>
	ГО	0,43±0,06	0,37±0,05	0,32±0,06	0,23±0,03	0,54±0,04	0,53±0,06	0,45±0,05	0,29±0,03 <sup>4 5</sup>
O2- A2	ГЗ	0,98±0,06	0,72±0,07 <sup>4</sup>	0,90±0,11	0,71±0,08 <sup>4</sup>	1,11±0,10	0,61±0,08 <sup>4</sup>	0,86±0,07 <sup>5</sup>	0,62±0,03 <sup>4</sup>
	ГО	0,44±0,05	0,35±0,05	0,42±0,07	0,40±0,02	0,57±0,08	0,27±0,05 <sup>4</sup>	0,42±0,06	0,29±0,07

Примечание: <sup>4</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями до сноркелинга; <sup>5</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению с данными 1-го занятия

Таблица 11 – Показатели мощности тета-ритма (мкВ<sup>2</sup>) у детей в конце курса обучения дайвингу (M±m)

От- ве- де- ния		Тета-ритм							
		Мальчики				Девочки			
		Начало курса обучения		Конец курса обучения		Начало курса обучения		Конец курса обучения	
		до дай- винга	после дай- винга	до дайвинга	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга	до дай- винга	после дай- винга
Fp1- A1	ГЗ	0,81±0,07	0,50±0,04 <sup>4</sup>	0,56±0,05	0,46±0,04	0,79±0,04	0,51±0,03 <sup>4</sup>	0,50±0,02 <sup>5</sup>	0,46±0,01
	ГО	0,59±0,05	0,42±0,04	0,67±0,04	0,44±0,03 <sup>4</sup>	0,35±0,03	0,34±0,02	0,27±0,02	0,19±0,01
Fp2- A2	ГЗ	0,91±0,06	0,75±0,11	0,60±0,05	0,57±0,05	0,66±0,03	0,50±0,02 <sup>4</sup>	0,61±0,03	0,38±0,02
	ГО	0,68±0,06	0,54±0,09	0,68±0,05	0,42±0,04 <sup>4</sup>	0,43±0,03	0,26±0,02 <sup>4</sup>	0,34±0,02	0,24±0,01
ТЗ- А1	ГЗ	0,43±0,07	0,42±0,08	0,34±0,04	0,23±0,02	0,36±0,04	0,30±0,03	0,33±0,03	0,24±0,02
	ГО	0,38±0,05	0,26±0,03	0,42±0,06	0,24±0,03 <sup>4</sup>	0,21±0,03	0,19±0,03	0,24±0,03	0,25±0,02
Т4- А2	ГЗ	0,64±0,15	0,55±0,12	0,29±0,02 <sup>4</sup>	0,26±0,02 <sup>5</sup>	0,42±0,02	0,23±0,02 <sup>4</sup>	0,33±0,02	0,21±0,01
	ГО	0,35±0,05	0,30±0,04	0,29±0,04	0,20±0,02	0,41±0,02	0,26±0,03 <sup>4</sup>	0,29±0,05	0,15±0,02 <sup>4</sup>
С3- А1	ГЗ	0,92±0,11	0,56±0,06 <sup>4</sup>	0,69±0,05	0,45±0,04 <sup>4 5</sup>	0,99±0,04	0,45±0,04 <sup>4</sup>	0,92±0,06	0,45±0,02 <sup>4</sup>
	ГО	0,62±0,06	0,41±0,03 <sup>4</sup>	0,73±0,04	0,32±0,02 <sup>4</sup>	0,51±0,04	0,27±0,02 <sup>4</sup>	0,52±0,05	0,28±0,02
С4- А2	ГЗ	0,81±0,06	0,49±0,04 <sup>4</sup>	0,62±0,04	0,41±0,03 <sup>4 5</sup>	1,09±0,06	0,74±0,05 <sup>4</sup>	0,92±0,08	0,44±0,04 <sup>4</sup>
	ГО	0,73±0,06	0,44±0,04 <sup>4</sup>	0,48±0,04 <sup>5</sup>	0,38±0,03 <sup>4</sup>	0,47±0,03	0,27±0,02 <sup>4</sup>	0,45±0,07	0,25±0,02
О1- А1	ГЗ	1,07±0,17	0,61±0,07 <sup>4</sup>	0,63±0,06 <sup>5</sup>	0,36±0,04 <sup>4 5</sup>	1,14±0,09	0,65±0,02 <sup>4</sup>	1,11±0,06	0,36±0,01 <sup>4 5</sup>
	ГО	0,53±0,04	0,44±0,04	0,52±0,07	0,41±0,04 <sup>4</sup>	0,54±0,03	0,53±0,04	0,50±0,03	0,32±0,02 <sup>4 5</sup>
О2- А2	ГЗ	1,38±0,09	0,72±0,07 <sup>4</sup>	0,98±0,14 <sup>5</sup>	0,71±0,08 <sup>4</sup>	1,30±0,08	0,69±0,06 <sup>4</sup>	1,17±0,09 <sup>5</sup>	0,65±0,04 <sup>4</sup>
	ГО	0,55±0,05	0,43±0,04	0,55±0,07	0,42±0,05 <sup>4</sup>	0,60±0,05	0,32±0,03 <sup>4</sup>	0,49±0,04	0,34±0,04

Примечание: <sup>4</sup> – P<0,05 по сравнению со значениями до дайвинга; <sup>5</sup> – P<0,05 по сравнению с данными 1-го погружения

Таблица 12 – Показатели мощности дельта-ритма ( $\text{мкВ}^2$ ) у детей в конце курса обучения сноркелингу ( $M \pm m$ )

Отве- веде- де- ния		Дельта-ритм							
		Мальчики				Девочки			
		Начало курса обучения		Конец курса обучения		Начало курса обучения		Конец курса обучения	
		до снорке- лига	после снор- келига	до снорке- лига	после сноркелига	до снорке- лига	после снор- келига	до снорке- лига	после снор- келига
Fr1- A1	ГЗ	2,00±0,14	1,63±0,11 <sup>4</sup>	1,71±0,09 <sup>5</sup>	1,13±0,07 <sup>4 5</sup>	1,68±0,05	1,26±0,07 <sup>4</sup>	1,44±0,07 <sup>5</sup>	1,03±0,08 <sup>4</sup>
	ГО	2,05±0,16	1,20±0,12 <sup>4</sup>	1,44±0,07	1,03±0,07 <sup>4</sup>	1,18±0,08	0,93±0,06 <sup>4</sup>	0,86±0,09 <sup>5</sup>	0,59±0,04 <sup>5</sup>
Fr2- A2	ГЗ	1,71±0,13	1,41±0,10 <sup>4</sup>	1,34±0,09 <sup>5</sup>	1,14±0,04 <sup>4 5</sup>	1,87±0,08	1,57±0,16 <sup>4</sup>	1,57±0,07 <sup>5</sup>	1,28±0,05 <sup>4 5</sup>
	ГО	1,61±0,11	1,25±0,09 <sup>4</sup>	1,58±0,14 <sup>5</sup>	1,10±0,07 <sup>4</sup>	1,49±0,10	0,92±0,11 <sup>4 5</sup>	1,21±0,09	0,91±0,04 <sup>4</sup>
T3- A1	ГЗ	1,49±0,10	1,21±0,10 <sup>4</sup>	1,22±0,09 <sup>5</sup>	0,75±0,09 <sup>4</sup>	1,88±0,12	0,87±0,10 <sup>4</sup>	1,32±0,09	0,68±0,08 <sup>4</sup>
	ГО	0,96±0,12	0,85±0,10 <sup>4</sup>	0,93±0,14	0,62±0,07 <sup>4</sup>	0,91±0,04	0,53±0,09 <sup>4</sup>	0,64±0,10	0,43±0,07 <sup>4</sup>
T4- A2	ГЗ	0,98±0,13	0,88±0,07 <sup>4</sup>	0,70±0,09 <sup>5</sup>	0,66±0,07 <sup>5</sup>	1,43±0,05	0,87±0,10 <sup>4</sup>	1,28±0,04	0,72±0,04 <sup>4</sup>
	ГО	0,95±0,12	0,75±0,10 <sup>4</sup>	0,77±0,04	0,62±0,03 <sup>4</sup>	1,06±0,05	0,73±0,10 <sup>4 5</sup>	0,86±0,08 <sup>5</sup>	0,49±0,02 <sup>5</sup>
C3- A1	ГЗ	1,59±0,08	1,38±0,08 <sup>4</sup>	1,12±0,12 <sup>5</sup>	0,93±0,07 <sup>4 5</sup>	1,42±0,09	0,99±0,11 <sup>4</sup>	1,22±0,10	0,78±0,03 <sup>4</sup>
	ГО	1,29±0,07	1,01±0,08 <sup>4</sup>	1,11±0,10	0,82±0,02 <sup>4</sup>	1,28±0,11	0,75±0,08 <sup>4 5</sup>	1,23±0,12	0,62±0,02 <sup>4</sup>
C4- A2	ГЗ	1,46±0,11	1,23±0,07 <sup>4</sup>	1,19±0,08 <sup>5</sup>	0,82±0,07 <sup>4 5</sup>	1,86±0,06	0,84±0,10 <sup>4 5</sup>	0,99±0,08 <sup>5</sup>	0,72±0,04 <sup>4</sup>
	ГО	1,48±0,11	1,03±0,11 <sup>4</sup>	1,00±0,06 <sup>5</sup>	0,73±0,03 <sup>4 5</sup>	1,63±0,04	0,79±0,09 <sup>4 5</sup>	1,10±0,10 <sup>5</sup>	0,65±0,03 <sup>4</sup>
O1- A1	ГЗ	1,50±0,06	1,22±0,05 <sup>4</sup>	1,03±0,13 <sup>5</sup>	0,81±0,07 <sup>4</sup>	1,85±0,12	1,31±0,06 <sup>4</sup>	1,21±0,09 <sup>5</sup>	0,90±0,09 <sup>4 5</sup>
	ГО	1,09±0,07	1,04±0,10 <sup>4</sup>	0,72±0,09	0,59±0,07 <sup>4 5</sup>	1,24±0,10	0,98±0,08 <sup>4 5</sup>	1,10±0,10	0,71±0,07 <sup>4</sup>
O2- A2	ГЗ	1,92±0,14	1,59±0,08 <sup>4</sup>	1,08±0,15 <sup>5</sup>	0,80±0,08 <sup>4 5</sup>	2,04±0,08	1,09±0,13 <sup>4 5</sup>	1,32±0,14 <sup>5</sup>	0,94±0,08 <sup>4</sup>
	ГО	1,25±0,13	1,14±0,10 <sup>4</sup>	1,03±0,14 <sup>5</sup>	0,79±0,08 <sup>4 5</sup>	1,81±0,07	1,03±0,10 <sup>4 5</sup>	1,30±0,11	0,75±0,03 <sup>4 5</sup>

Примечание: <sup>4</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями до сноркелига; <sup>5</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению с данными 1-го занятия

Таблица 13 – Показатели мощности дельта-ритма ( $\text{мкВ}^2$ ) у детей в конце курса обучения дайвингу ( $M \pm m$ )

Отве веде де- ния		Дельта-ритм							
		Мальчики				Девочки			
		Начало курса обуче- ния		Конец курса обучения		Начало курса обучения		Конец курса обучения	
		до дай- винга	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга	до дайвин- га	после дай- винга
Fp1- A1	ГЗ	3,02±0,20	1,56±0,14 <sup>4</sup>	2,61±0,12 <sup>5 6</sup>	1,20±0,09 <sup>4 5</sup>	2,21±0,10	1,60±0,11 <sup>4</sup>	2,39±0,10 <sup>5 6</sup>	1,55±0,07 <sup>5 6</sup>
	ГО	2,05±0,16	1,19±0,12 <sup>4</sup>	2,19±0,09	1,14±0,09 <sup>4</sup>	1,25±0,06	1,05±0,04 <sup>4</sup>	0,85±0,06 <sup>5</sup>	0,55±0,03 <sup>4 5</sup>
Fp2- A2	ГЗ	3,01±0,19	1,91±0,14 <sup>4</sup>	1,94±0,16 <sup>5 6</sup>	1,24±0,11 <sup>4 5</sup>	2,86±0,08	1,75±0,13 <sup>4</sup>	2,92±0,05 <sup>5 6</sup>	1,47±0,06 <sup>4 5 6</sup>
	ГО	2,69±0,21	1,51±0,07 <sup>4</sup>	2,02±0,16 <sup>5</sup>	1,53±0,09 <sup>4</sup>	1,89±0,07	1,05±0,09 <sup>4</sup>	1,20±0,05	0,96±0,01 <sup>4</sup>
ТЗ- A1	ГЗ	2,11±0,13	0,98±0,11 <sup>4</sup>	1,33±0,11 <sup>5</sup>	0,83±0,09 <sup>4</sup>	2,00±0,8	0,81±0,09 <sup>4</sup>	1,97±0,12 <sup>6</sup>	0,61±0,06 <sup>4</sup>
	ГО	1,39±0,12	0,81±0,09 <sup>4</sup>	1,31±0,20	0,76±0,09 <sup>4</sup>	0,98±0,09	0,64±0,07 <sup>4</sup>	0,68±0,07	0,47±0,05 <sup>4</sup>
Т4- A2	ГЗ	1,48±0,16	0,83±0,09 <sup>4</sup>	0,72±0,09 <sup>5</sup>	0,66±0,07 <sup>5</sup>	1,55±0,07	0,72±0,10 <sup>4</sup>	1,57±0,09 <sup>6</sup>	0,78±0,06 <sup>4</sup>
	ГО	1,26±0,13	0,73±0,08 <sup>4</sup>	1,11±0,13	0,65±0,07 <sup>4</sup>	1,15±0,09	0,72±0,06 <sup>4</sup>	0,95±0,07 <sup>5</sup>	0,53±0,04 <sup>5</sup>
С3- A1	ГЗ	2,27±0,10	1,46±0,11 <sup>4</sup>	1,30±0,10 <sup>5 6</sup>	0,97±0,08 <sup>4 5</sup>	1,73±0,10	1,00±0,09 <sup>4</sup>	1,56±0,09	0,92±0,03 <sup>4</sup>
	ГО	1,60±0,14	1,03±0,08 <sup>4</sup>	1,57±0,08	0,83±0,07 <sup>4</sup>	1,51±0,12	0,81±0,09 <sup>4</sup>	1,68±0,14	0,65±0,02 <sup>4</sup>
С4- A2	ГЗ	1,98±0,14	1,44±0,11 <sup>4</sup>	1,32±0,09 <sup>5 6</sup>	0,89±0,07 <sup>4 5</sup>	2,11±0,06 <sup>6</sup>	0,80±0,06 <sup>4</sup>	0,93±0,05 <sup>5</sup>	0,86±0,04 <sup>4</sup>
	ГО	1,73±0,12	1,11±0,07 <sup>4</sup>	1,08±0,06 <sup>5</sup>	0,72±0,05 <sup>4 5</sup>	1,64±0,08	0,82±0,05 <sup>4</sup>	1,22±0,09 <sup>5</sup>	0,70±0,03 <sup>4</sup>
O1- A1	ГЗ	2,51±0,17	1,37±0,16 <sup>4</sup>	1,56±0,14 <sup>5 6</sup>	1,20±0,09 <sup>4 6</sup>	2,30±0,12	1,52±0,12 <sup>4</sup>	1,38±0,07 <sup>5 6</sup>	1,03±0,09 <sup>4 5 6</sup>
	ГО	1,64±0,15	1,04±0,10 <sup>4</sup>	1,31±0,19	0,77±0,07 <sup>4 5</sup>	1,31±0,09	1,16±0,08 <sup>4</sup>	1,30±0,09	1,04±0,08 <sup>4</sup>
O2- A2	ГЗ	2,41±0,09	2,00±0,07 <sup>4</sup>	1,68±0,14 <sup>5 6</sup>	1,06±0,15 <sup>4 5 6</sup>	2,53±0,12	1,26±0,10 <sup>4</sup>	1,80±0,16 <sup>5 6</sup>	1,11±0,08 <sup>4 5 6</sup>
	ГО	1,63±0,17	1,25±0,10 <sup>4</sup>	1,13±0,16 <sup>5</sup>	0,80±0,11 <sup>4 5</sup>	1,92±0,10	1,23±0,11 <sup>4</sup>	1,89±0,10	0,81±0,02 <sup>4 5</sup>

Примечание: <sup>4</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями до дайвинга; <sup>5</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению с данными 1-го погружения; <sup>6</sup>  $P < 0,05$  по сравнению со значениями группы сноркелинга

На топограммах видно, что после снокелинга и дайвинга изменения мощности бета-ритма не зарегистрировано (рис. 14).

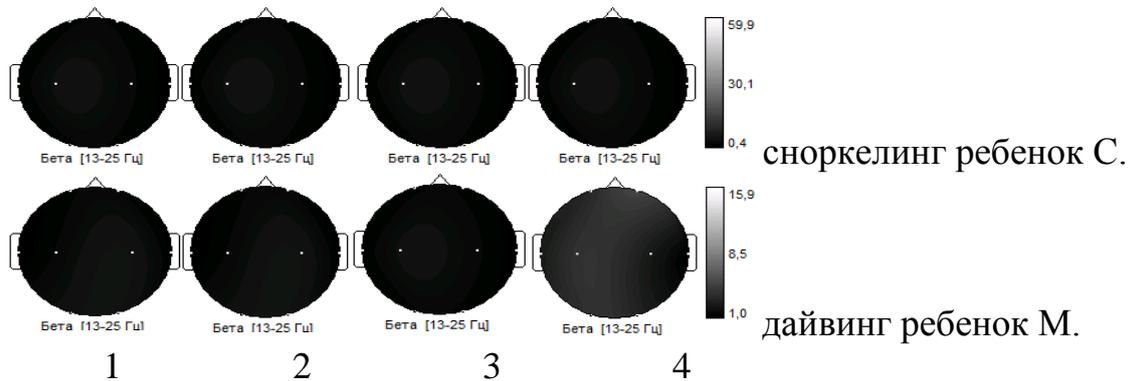


Рисунок 14 – Топографическое распределение спектральной мощности ЭЭГ в бета-диапазоне у детей до и после снокелинга и дайвинга (конец курса обучения; 1 – до занятия, ГЗ; 2 – после занятия, ГЗ; 3 – до занятия, ГО; 4 – после занятия, ГО).

Анализ топографического распределения спектральной мощности ЭЭГ в тета-диапазоне показал, что мощность данного ритма снизилась (рис. 15).

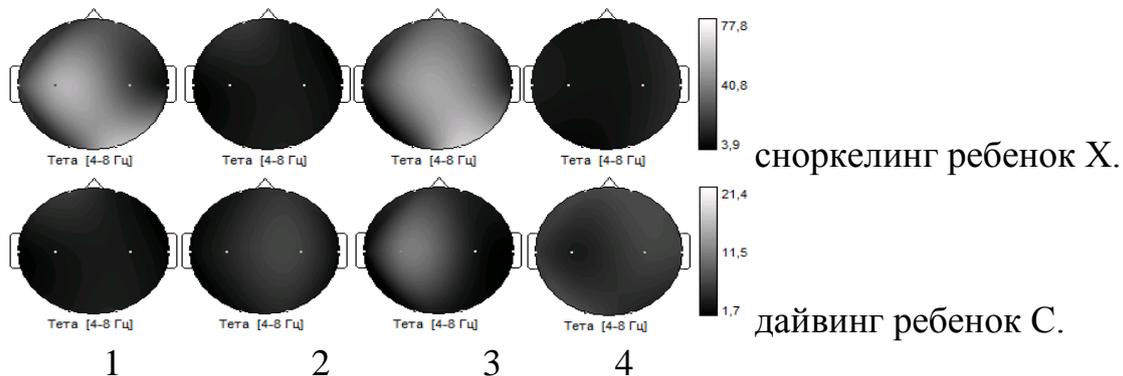


Рисунок 15 – Топографическое распределение спектральной мощности ЭЭГ в тета-диапазоне у детей до и после до и после снокелинга и дайвинга (конец курса обучения; 1 – до занятия, ГЗ; 2 – после занятия, ГЗ; 3 – до занятия, ГО; 4 – после занятия, ГО).

На топограммах видно, что после занятия снокелингом и дайвингом произошло снижение мощности дельта-ритма как при закрытых, так и при открытых глазах (рис. 16).

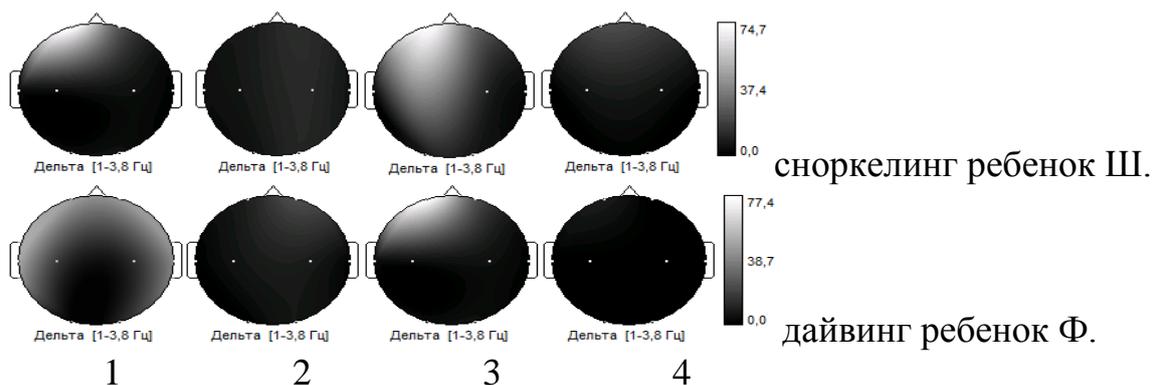


Рисунок 16 – Топографическое распределение спектральной мощности ЭЭГ в дельта-диапазоне у детей до и после сноркелинга и дайвинга (конец курса обучения; 1 – до занятия, ГЗ; 2 – после занятия, ГЗ; 3 – до занятия, ГО; 4 – после занятия, ГО).

*Сравнительный анализ показателей биоэлектрической активности головного мозга у детей групп сноркелинга и дайвинга в конце курса обучения.* При сравнении полученных данных ЭЭГ у детей, занимающихся сноркелингом и дайвингом, выявлены достоверные ( $P < 0,05$ ) различия в мощности ритмов до и после занятия. Так, мощность альфа-ритма до занятия была достоверно выше у мальчиков, занимающихся дайвингом в затылочной области правого полушария, а после занятия – в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга, чем у мальчиков из группы сноркелинга (рис. 17). У девочек-дайверов мощность альфа-ритма как до, так и после занятия была достоверно выше в затылочных областях обоих полушарий головного мозга (рис. 18).

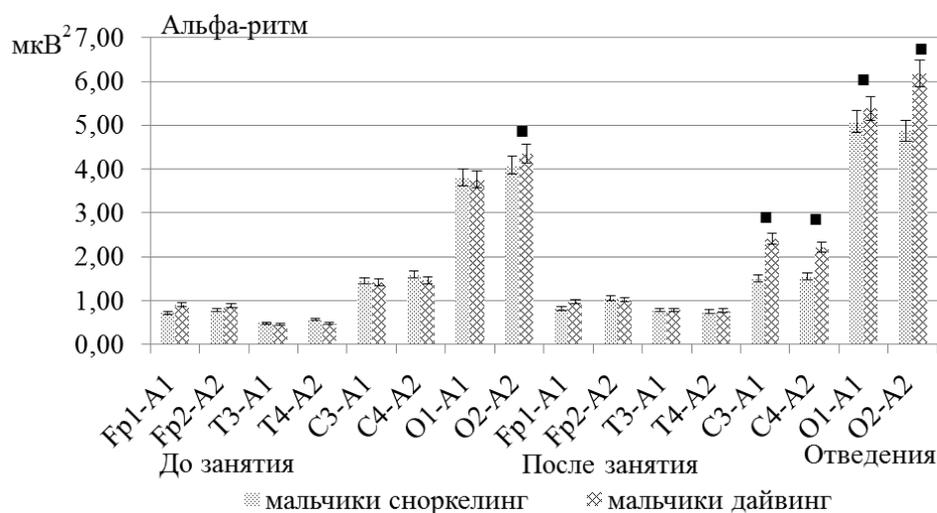


Рисунок 17 – Изменение мощности альфа-ритма у мальчиков при занятиях сноркелингом и дайвингом (ГЗ, конец курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями мальчиков из группы дайвинга.

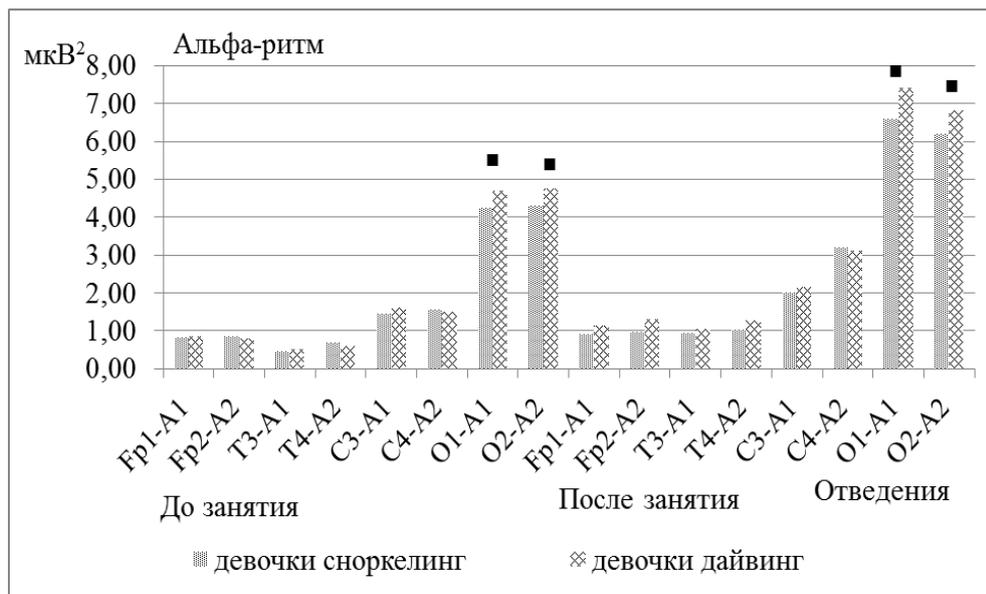


Рисунок 18 – Изменение мощности альфа-ритма у девочек при занятиях снокелингом и дайвингом (ГЗ, конец курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями девочек из группы дайвинга.

Анализ мощности дельта-ритма до и после занятия у детей, занимающихся снокелингом и дайвингом выявил достоверные различия между данными группами. Так, до занятия мощность дельта-ритма была достоверно ( $P < 0,05$ ) выше у мальчиков, занимающихся дайвингом во всех областях, за исключением височных областей обоих полушарий головного мозга. После занятия мощность дельта-ритма была достоверно выше у мальчиков, занимающихся дайвингом в затылочных областях обоих полушарий головного мозга (рис. 19). В то время как у девочек из группы дайвинга до занятия мощность данного ритма была достоверно ( $P < 0,05$ ) выше во всех областях обоих полушарий, за исключением височной области правого полушария головного мозга, чем у девочек, занимающихся снокелингом, а после дайвинга – в лобных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга (рис. 20).

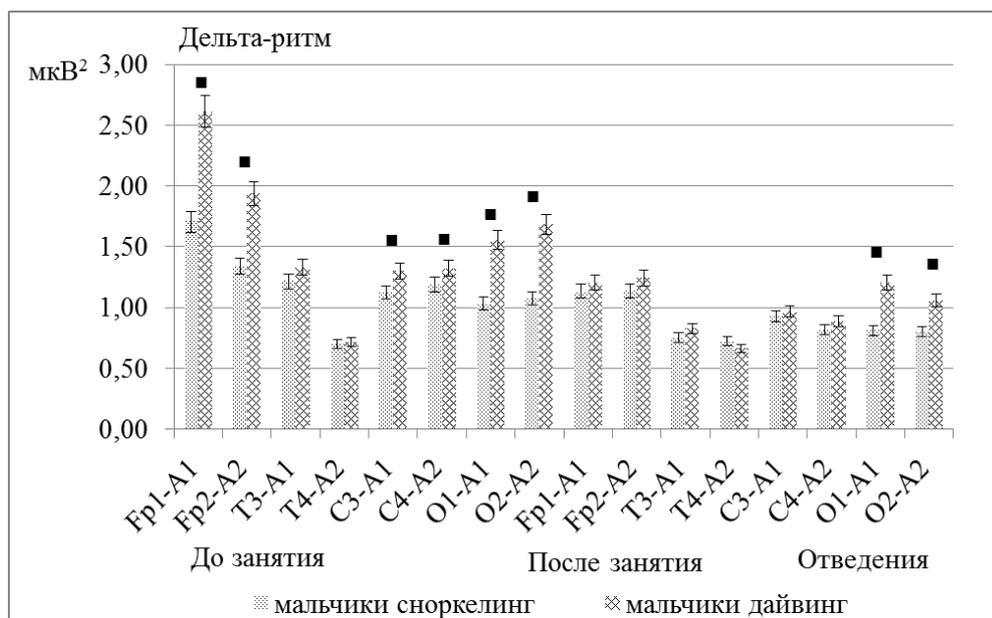


Рисунок 19 – Изменение мощности дельта-ритма у мальчиков при занятиях сноркелингом и дайвингом (ГЗ, конец курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями мальчиков группы дайвинга.

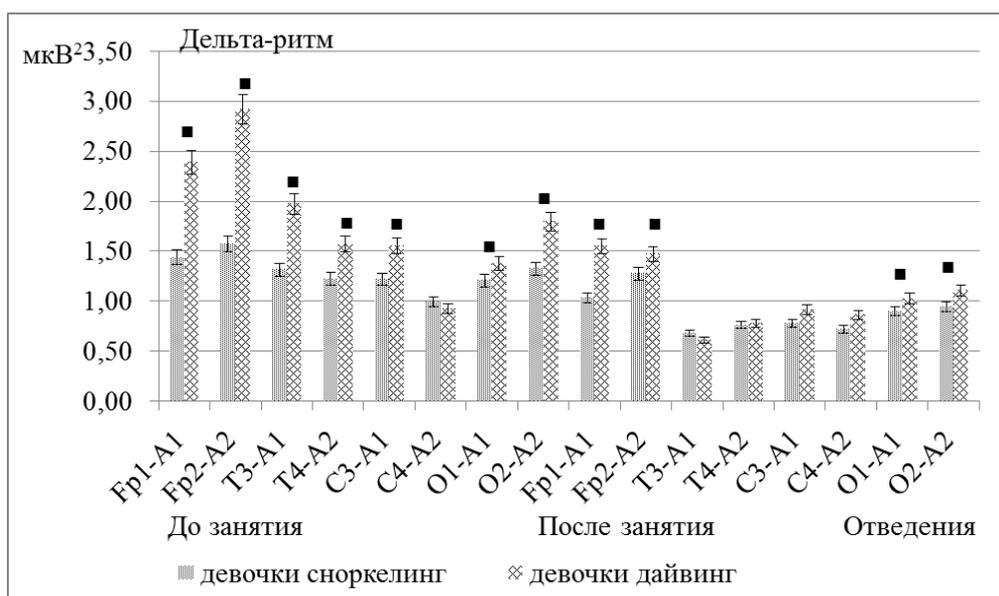


Рисунок 20 – Изменение мощности дельта-ритма у девочек при занятиях сноркелингом и дайвингом (ГЗ, начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями девочек группы дайвинга.

*Сравнительный анализ ЭЭГ детей 12-ти лет в начале и в конце курса обучения их сноркелингу и дайвингу.* Таким образом, в исследовании, проведенном в начале курса обучения сноркелингу, показано, что после занятия достоверно увеличивалась мощность альфа-ритма в затылочных областях обоих полушарий головного мозга. А после дайвинга отмечалось увеличение мощности дан-

ного ритма и его распространение к центральным областям с локализацией его максимума в центрально-затылочных областях коры головного мозга. При открытии глаз на ЭЭГ у детей отмечалась достаточно выраженная реакция активации, снижение амплитуды альфа-ритма. Результаты настоящего исследования показали, что в конце курса обучения детей дайвингу после подводного погружения с аквалангом биоэлектрическая активность головного мозга у детей в альфа-диапазоне при закрытых глазах достоверно увеличилась во всех областях коры головного мозга.

В начале курса обучения после сноркелинга у мальчиков отмечалось достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение мощности тета-ритма в лобной области левого полушария и затылочной области правого полушария коры головного мозга. А после дайвинга анализ ЭЭГ у мальчиков при закрытых глазах показал, что произошло достоверное снижение ( $P < 0,05$ ) мощности данного ритма в лобной области левого полушария, центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. В то время как у девочек после сноркелинга и дайвинга – во всех областях, за исключением височной области левого полушария головного мозга. При открытых глазах после сноркелинга зарегистрировано достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение мощности тета-ритма у мальчиков в центральной области правого полушария, у девочек лобной и височной областях правого полушария, центральных областях обоих полушарий, затылочной области левого полушария головного мозга. После дайвинга было зарегистрировано достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение мощности этого ритма ( $P < 0,05$ ) в центральных областях обоих полушарий головного мозга у мальчиков, а у девочек в лобной и височной областях правого полушария, центральных областях обоих полушарий и затылочной области правого полушария головного мозга. В конце курса обучения сноркелингу у детей после занятия при закрытых глазах тета-ритм также достоверно ( $P < 0,05$ ) снижался у мальчиков в лобной области левого полушария, центральной области правого полушария и затылочных областях обоих полушарий, после дайвинга у мальчиков – в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. А у девочек групп дайвинга и снорке-

линга в лобной области правого полушария, центральных и затылочных областях коры головного мозга.

Мощность дельта-ритма в процессе курса обучения детей сноркелингу и дайвингу достоверно ( $P < 0,05$ ) снижалась у мальчиков и девочек. Стоит отметить, что в конце курса обучения дайвингу (10-е погружение) данный ритм до погружения под воду был достоверно ниже, чем до занятия в начале ( $P < 0,05$ ).

Исследования влияния подводных погружений на функциональное состояние ЦНС у детей 12-летнего возраста позволили выделить ряд особенностей. Так, установлено, что после сноркелинга и дайвинга у детей отмечается изменение биоэлектрической активности головного мозга, а именно: увеличение мощности альфа-ритма, снижение мощности дельта- и тета-ритмов, при этом мощность бета-ритма не изменялась.

### **3.3. Результаты дисперсионного и факторного анализа ЭЭГ у детей в нормобарических условиях, при занятиях сноркеленгом и рекреационным дайвингом**

Дисперсионный анализ мощности ритмов ЭЭГ, показал значимые различия у детей в нормобарических условиях.

*Альфа-ритм в нормобарических условиях.* Так установлено, что у мальчиков статистически значимые различия мощности альфа-ритма отмечались в височной области правого полушария (Т4-А2  $F(1, 67)=12,70$ ,  $p=0,009$ ), затылочных областях обоих полушарий (О1-А1  $F(1, 67)=4,33$ ,  $p=0,01$ ; О2-А2  $F(1, 67)=4,69$ ,  $p=0,01$ ) головного мозга, а у девочек в лобных областях обоих полушарий (Fp1-А1  $F(1, 67)=5,86$ ,  $p=0,004$ ; Fp2-А2  $F(1, 67)=3,80$ ,  $p=0,02$ ), височной области левого полушария (Т3-А1  $F(1, 67)=12,75$ ,  $p=0,005$ ), центральных (С3-А1  $F(1, 67)=18,34$ ,  $p=0,007$ ; С4-А2  $F(1, 67)=7,60$ ,  $p=0,009$ ) и затылочных областях обоих полушарий (О1-А1  $F(1, 67)=20,35$ ,  $p=0,001$ ; О2-А2  $F(1, 67)=21,12$ ,  $p=0,001$ ) головного мозга.

*Тета-ритм в нормобарических условиях.* Дисперсионный анализ мощности тета-ритма у детей групп сноркелинга и дайвинга показал статистически значимые различия между данными группами. Обнаружено, что у мальчиков мощность тета-ритма достоверно различалась в лобных (Fp1-A1  $F(1, 67)=4,98$ ,  $p=0,008$ ; Fp2-A2  $F(1, 67)=7,64$ ,  $p=0,008$ ), центральных (C3-A1  $F(1, 67)=3,74$ ,  $p=0,02$ ; C4-A2  $F(1, 67)=4,47$ ,  $p=0,01$ ) областях обоих полушарий и затылочной области левого полушария головного мозга (O1-A1  $F(1, 67)=2,93$ ,  $p=0,05$ ). В то время как у девочек – в височной области правого полушария (T4-A2  $F(1, 67)=2,93$ ,  $p=0,009$ ), центральных (C3-A1  $F(1, 67)=5,74$ ,  $p=0,008$ ; C4-A2  $F(1, 67)=6,86$ ,  $p=0,01$ ) и затылочных областях обоих полушарий (O1-A1  $F(1, 67)=1,28$ ,  $p=0,02$ ; O2-A2  $F(1, 67)=4,11$ ,  $p=0,01$ ) головного мозга.

*Дельта-ритм в нормобарических условиях.* Дисперсионный анализ мощности дельта-ритма, показал значимые различия у мальчиков и девочек двух групп в лобной области левого полушария (Fp1-A1 мальчики:  $F(1, 67)=5,37$ ,  $p=0,01$ ; девочки:  $F(1, 67)=4,59$ ,  $p=0,01$ ), височных (T3-A1 мальчики:  $F(1, 67)=14,24$ ,  $p=0,01$ ; девочки:  $F(1, 67)=4,59$ ,  $p=0,01$ ; T4-A2 мальчики:  $F(1, 67)=2,11$ ,  $p=0,05$ ; девочки:  $F(1, 67)=8,79$ ,  $p=0,01$ ) и центральных областях обоих полушарий (C3-A1 мальчики:  $F(1, 67)=8,38$ ,  $p=0,01$ ; девочки:  $F(1, 67)=2,65$ ,  $p=0,05$ ; C4-A2 мальчики:  $F(1, 67)=3,33$ ,  $p=0,001$ ; девочки:  $F(1, 67)=13,61$ ,  $p=0,01$ ), затылочной области левого полушария (O1-A1 мальчики:  $F(1, 67)=8,74$ ,  $p=0,001$ ; девочки:  $F(1, 67)=4,70$ ,  $p=0,001$ ) головного мозга.

*Дисперсионный анализ мощности ритмов коры головного у детей после занятий сноркелингом и дайвингом в начале курса обучения.* Результаты дисперсионного анализа после занятий сноркелингом и дайвингом свидетельствуют о наличии достоверных различиях между группами дайвинга и сноркелинга в мощности ритмов коры головного мозга.

*Альфа-ритм после занятий сноркелингом и дайвингом.* Дисперсионный анализ выявил статистически значимые различия между группами сноркелинга и дайвинга в мощности альфа-ритма после занятия. Так статистически значимые различия отмечались в лобных (Fp1-A1  $F(1, 67)=4,71$ ,  $p=0,03$ ; Fp2-A2  $F(1,$

67)=2,72,  $p=0,05$ ), центральных (С3-А1  $F(1, 67)=11,53$ ,  $p=0,001$ ; С4-А2  $F(1, 67)=9,43$ ,  $p=0,003$ ) и затылочных областях обоих полушарий (О1-А1  $F(1, 67)=3,49$ ,  $p=0,05$ ; О2-А2  $F(1, 67)=4,12$ ,  $p=0,03$ ) головного мозга у мальчиков. А у девочек в височных (Т3-А1  $F(1, 67)=3,42$ ,  $p=0,05$ ; Т4-А2  $F(1, 67)=9,43$ ,  $p=0,003$ ), центральных (С3-А1  $F(1, 67)=12,53$ ,  $p=0,003$ ; С4-А2  $F(1, 67)=12,97$ ,  $p=0,008$ ), затылочных областях обоих полушарий (О1-А1  $F(1, 67)=10,85$ ,  $p=0,001$ ; О2-А2  $F(1, 67)=11,12$ ,  $p=0,03$ ) головного мозга.

*Дельта-ритм после занятий снорклингом и дайвингом.* Дисперсионный анализ мощности дельта-ритма выявил статистически значимые различия группы снорклинга от группы дайвинга в височной области левого полушария (Т3-А1 мальчики  $F(1, 67)=7,69$ ,  $p=0,007$ ; девочки  $F(1, 67)=3,43$ ,  $p=0,007$ ).

*Тета-ритм после занятий снорклингом и дайвингом.* Дисперсионный анализ мощности тета-ритма выявил статистически значимые различия группы снорклинга от группы дайвинга в лобной (Fp1-А1  $F(1, 67)=1,58$ ,  $p=0,05$ ) и затылочной (О1-А1  $F(1, 67)=1,84$ ,  $p=0,05$ ) областях левого полушария у мальчиков, а у девочек в лобной области правого полушария (Fp2-А2  $F(1, 67)=3,74$ ,  $p=0,05$ ) и центральной (С4-А2  $F(1, 67)=2,53$ ,  $p=0,05$ ) головного мозга.

*Дисперсионный анализ мощности ритмов коры головного у детей после занятий снорклингом и дайвингом в конце курса обучения.* При проведении дисперсионного анализа мощности ритмов у детей были выявлены значимые различия до и после занятий снорклингом и дайвингом в конце курса обучения.

*Альфа-ритм до занятий снорклингом и дайвингом в конце курса обучения.* В отличие от группы снорклинга мощность альфа-ритма до занятия достоверно отличалась у детей, занимающихся дайвингом в лобной (Fp2-А2  $F(1, 67)=4,21$ ,  $p=0,04$ ) и затылочной областях правого полушария (О2-А2  $F(1, 67)=2,86$ ,  $p=0,05$ ) головного мозга.

*Альфа-ритм после занятий снорклингом и дайвингом в конце курса обучения.* Дисперсионный анализ мощности альфа-ритма после занятия выявил, что показатели группы снорклинга достоверно отличались от данных детей,

занимающихся дайвингом у мальчиков в центральных областях обоих полушарий (С3-А1  $F(1, 68)=3,37, p=0,05$ ; С4-А2  $F(1, 68)=2,66, p=0,05$ ), затылочной области правого полушария (О2-А2  $F(1, 67)=5,10, p=0,02$ ) головного мозга, а у девочек в лобных областях обоих полушарий (Fp1-А1  $F(1, 68)=11,87, p=0,004$ ; Fp2-А2  $F(1, 68)=9,02, p=0,003$ ), височной области правого полушария (Т4-А2  $F(1, 68)=9,02, p=0,003$ ) и затылочных областях обоих полушарий (О1-А1  $F(1, 67)=6,01, p=0,01$ ; О2-А2  $F(1, 67)=7,05, p=0,001$ ) головного мозга.

*Дельта-ритм до занятий снорклингом и дайвингом в конце курса обучения.* Дисперсионный анализ мощности дельта-ритма в конце курса обучения выявил статистически значимые различия группы снорклинга от группы дайвинга у мальчиков в лобных (Fp1-А1  $F(1, 68)=6,08, p=0,01$ ; Fp2-А2  $F(1, 68)=5,24, p=0,02$ ) и затылочных областях обоих полушарий (О1-А1  $F(1, 68)=4,74, p=0,03$ ; О2-А2  $F(1, 68)=4,88, p=0,03$ ) головного мозга, а у девочек в лобных (Fp1-А1  $F(1, 68)=9,33, p=0,01$ ; Fp2-А2  $F(1, 68)=10,95, p=0,01$ ), височных (Т3-А1  $F(1, 68)=12,44, p=0,007$ ; Т4-А2  $F(1, 68)=6,82, p=0,01$ ) областях обоих полушарий и центральной (С3-А1  $F(1, 68)=3,67, p=0,05$ ) области левого полушария головного мозга.

*Дельта-ритм после занятий снорклингом и дайвингом в конце курса обучения.* Дисперсионный анализ мощности дельта-ритма после занятия выявил, что показатели группы снорклинга достоверно отличались от данных юных дайверов в затылочных областях обоих полушарий головного мозга (О1-А1  $F(1, 68)=6,49, p=0,01$ ; О2-А2  $F(1, 68)=3,67, p=0,05$ ) у мальчиков, а у девочек в лобных областях обоих полушарий (Fp1-А1  $F(1, 67)=4,71, p=0,03$ ; Fp2-А2  $F(1, 67)=2,72, p=0,05$ ) головного мозга.

*Тета-ритм до занятий снорклингом и дайвингом в конце курса обучения.* Статистически значимые различия выявленные при выполнении дисперсионного анализа мощности тета-ритма до занятия у девочек из групп снорклинга и дайвинга отмечались в височных областях обоих полушарий (Т3-А1  $F(1, 68)=3,72, p=0,05$ ; Т4-А2  $F(1, 68)=3,39, p=0,05$ ) головного мозга.

*Факторный анализ показателей ЭЭГ в начале курса обучения снорклин-*

зу. При анализе ЭЭГ у мальчиков до занятия сноркелингом выявлено, что в первую факторную структуру вошли две группы переменных: 1 – альфа-ритм, тета-ритм; 2 – бета-ритм. Суммарный накопительный вклад в дисперсию признаков полученных факторов составил 70,80%. Данные группы переменных были выделены по уровню значимости – 0,7, т.е. переменные нагружали свой фактор по величине не меньше 0,7. Первый по значимости фактор с вкладом общей дисперсии – 43,22%, включал две составляющие: альфа-ритм ( $r=0,84$ ), тета-ритм ( $r=0,79$ ). Данный фактор с физиологической точки зрения можно интерпретировать как фактор когнитивный, напряжения при стрессе. Вторым по значимости фактор (вклад доли общей дисперсии 27,57%) включал в себя одну переменную: бета-ритм ( $r=0,90$ ). Фактор, составленный из переменных второй группы, можно считать важным для непосредственной оценки внимания и умственного напряжения и интерпретировать как фактор внимания (табл. 14).

Таблица 14 – Матрица факторных нагрузок на показатели ЭЭГ у детей до занятия сноркелингом в начале курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax gaw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

Ритмы	Мальчики		Девочки	
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 1	Factor - 2
Альфа-ритм	<b>0,84</b>	-0,15	<b>0,84</b>	-0,16
Бета-ритм	-0,15	0,67	-0,07	<b>0,90</b>
Тета-ритм	0,30	<b>0,80</b>	<b>0,79</b>	0,19
Дельта-ритм	<b>0,83</b>	0,17	0,50	0,59

При выполнении математического анализа данных ЭЭГ у девочек до занятия сноркелингом были выделены 2 фактора (главные компоненты) с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 71,35%. Первый по значимости фактор с вкладом общей дисперсии 46,00% включал две составляющие: дельта-ритм ( $r=0,83$ ) и альфа-ритм ( $r=0,84$ ), который можно интерпретировать как фактор напряжения при стрессе и тревожности. Вторым по значимости фактор (вклад доли общей дисперсии 25,35%) включал в себя одну переменную – тета-ритм ( $r=0,80$ ). Данный фактор можно характеризовать как фак-

тор тревожность (табл. 14).

После занятия сноркелингом у мальчиков при выполнении факторного анализа данных ЭЭГ было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в общую дисперсию признаков 70,57%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии 50,03%, а также высокие факторные нагрузки по переменным: альфа-ритм ( $r=-0,73$ ), тета-ритм ( $r=-0,77$ ), дельта-ритм ( $r=-0,89$ ). Данный фактор можно интерпретировать как когнитивный. Во второй фактор (вклад доли общей дисперсии 20,54%) вошла переменная – бета-ритм ( $r=0,80$ ). Фактор, составленный из переменных второй группы, можно считать важным для непосредственной оценки внимания и умственного напряжения (табл. 15).

Таблица 15 – Матрица факторных нагрузок на показатели ЭЭГ у детей после занятия сноркелингом в начале курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax гав, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

Ритмы	Мальчики		Девочки	
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 1	Factor - 2
Альфа-ритм	<b>-0,73</b>	0,26	-0,53	<b>0,75</b>
Бета-ритм	0,27	<b>0,80</b>	<b>-0,90</b>	0,25
Тета-ритм	<b>-0,77</b>	0,20	<b>-0,82</b>	0,40
Дельта-ритм	<b>-0,89</b>	0,37	<b>-0,84</b>	0,21

После занятия сноркелингом у девочек при выполнении факторного анализа данных ЭЭГ были выделены две главные компоненты (факторы) с суммарным накопительным вкладом в общую дисперсию признаков 71,00%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии 46,80%, а также высокие факторные нагрузки по трем переменным – бета-ритм ( $r=-0,90$ ), тета-ритм ( $r=-0,82$ ) и дельта-ритм ( $r=-0,84$ ). Данный фактор можно интерпретировать как фактор напряжения при стрессе и тревожности. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии составил 24,20%. В этот фактор вошли переменные: альфа-ритм ( $r=0,75$ ). Этот фактор первичной сенсорной обработки (табл. 15).

*Факторный анализ показателей ЭЭГ в конце курса обучения сноркелингу.*

При выполнении факторного анализа показателей ЭЭГ у мальчиков до занятия в конце курса обучения сноркелингу было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 70,60%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 38,76%, и высокие факторные нагрузки по переменным: альфа-ритм ( $r=0,70$ ), бета-ритм ( $r=-0,75$ ). Этот фактор отражает уровень функциональной активности коры головного мозга. Во второй фактор (вклад доли общей дисперсии 31,84%) вошла переменная: дельта-ритм ( $r=0,91$ ). Данный фактор отражает уровень стресса (табл. 16).

При выполнении факторного анализа показателей ЭЭГ у девочек до погружения в конце курса обучения сноркелингу было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 81,00%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 53,00% и высокие факторные нагрузки по переменным: альфа-ритм ( $r=0,75$ ), дельта-ритм ( $r=0,76$ ). Данный фактор отражает напряжение при стрессе и тревожности. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии – 28,00%. В этот фактор вошла переменная: бета-ритм ( $r=0,90$ ). Фактор, составленный из переменных второй группы, можно считать важным для непосредственной оценки внимания и умственного напряжения (табл. 16).

Таблица 16 – Матрица факторных нагрузок на показатели у детей до занятия сноркелингом в конце курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики		Девочки	
	<b>Factor - 1</b>	<b>Factor - 2</b>	<b>Factor - 1</b>	<b>Factor - 2</b>
Альфа-ритм	<b>0,70</b>	0,02	<b>0,75</b>	0,04
Бета-ритм	<b>-0,75</b>	0,07	-0,15	<b>0,90</b>
Тета-ритм	0,53	0,57	0,52	0,60
Дельта-ритм	-0,11	<b>0,91</b>	<b>0,76</b>	0,09

При выполнении факторного анализа показателей ЭЭГ у мальчиков после сноркелинга в конце курса обучения было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 72,31%. Первый фактор имел

процентный вклад от общей дисперсии – 43,11%, и высокие факторные нагрузки по переменным: тета-ритм ( $r=0,85$ ), дельта-ритм ( $r=0,91$ ). Фактор первой группы отражает умственное напряжение при стрессе. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии – 29,20%. В этот фактор вошла переменная: альфа-ритм ( $r=0,85$ ). Это фактор сенсорной обработки информации (табл. 17).

При выполнении факторного анализа показателей ЭЭГ у девочек после сноркелинга в конце курса обучения было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 76,28%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 48,27%, и высокие факторные нагрузки по переменным: альфа-ритм ( $r=0,78$ ), дельта-ритм ( $r=0,85$ ). Фактор первой группы отражает умственное напряжение при стрессе. Во второй (вклад доли общей дисперсии 28,01%) фактор вошла переменная: тета-ритм ( $r=0,71$ ). Данный фактор отражает уровень стресса (табл. 17).

Таблица 17 – Матрица факторных нагрузок на показатели у детей после занятия сноркелингом в конце курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax gaw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики		Девочки	
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 1	Factor - 2
Альфа-ритм	-0,04	<b>0,85</b>	-0,34	<b>0,79</b>
Бета-ритм	0,51	0,24	<b>-0,78</b>	0,07
Тета-ритм	<b>0,85</b>	-0,29	0,12	<b>0,90</b>
Дельта-ритм	<b>0,91</b>	0,55	<b>0,85</b>	-0,04

*Факторный анализ показателей ЭЭГ в начале курса обучения дайвингу.*

При анализе ЭЭГ у мальчиков до занятия дайвингом выявлено, что в первую факторную структуру вошли две группы переменных: 1 – альфа-ритм, тета-ритм и дельта-ритм; 2 – бета-ритм. Суммарный накопительный вклад в дисперсию признаков полученных факторов составил 75,84%. Первый по значимости фактор с вкладом общей дисперсии – 48,95%, включал три составляющие: альфа-ритм ( $r=0,80$ ), тета-ритм ( $r=0,81$ ) и дельта-ритм ( $r=0,75$ ). Данный фактор с физиологической точки зрения можно интерпретировать как фактор когнитив-

ный, напряжения при стрессе и тревожности. Второй по значимости фактор (вклад доли общей дисперсии 26,89%) включал в себя одну переменную: бета-ритм ( $r=0,96$ ). Фактор, составленный из переменных второй группы, можно считать важным для непосредственной оценки внимания и умственного напряжения и интерпретировать как фактор внимания (табл. 18).

При выполнении математического анализа данных ЭЭГ у девочек до занятия дайвингом были выделены 2 фактора (главные компоненты) с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 70,65%. Первый по значимости фактор с вкладом общей дисперсии 45,30% включал две составляющие: дельта-ритм ( $r=0,77$ ) и тета-ритм ( $r=0,87$ ), который можно интерпретировать как фактор напряжения при стрессе и тревожности. Второй по значимости фактор (вклад доли общей дисперсии 25,35%) включал в себя одну переменную – альфа-ритм ( $r=-0,97$ ) и его можно характеризовать как фактор первичной сенсорной обработки информации (табл. 18).

Таблица 18 – Матрица факторных нагрузок на показатели ЭЭГ у детей до занятия дайвингом в начале курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax gaw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики		Девочки	
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 1	Factor - 2
Альфа-ритм	<b>0,80</b>	-0,22	-0,04	<b>-0,97</b>
Бета-ритм	0,04	<b>0,96</b>	0,66	-0,22
Тета-ритм	<b>0,81</b>	0,39	<b>0,87</b>	0,09
Дельта-ритм	<b>0,75</b>	0,08	<b>0,77</b>	0,08

После занятия дайвингом у мальчиков при выполнении факторного анализа данных ЭЭГ было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в общую дисперсию признаков 79,03%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии 47,85%, а также высокие факторные нагрузки по переменным: альфа-ритм ( $r=0,78$ ), тета-ритм ( $r=0,82$ ), дельта-ритм ( $r=0,76$ ). Данный фактор можно интерпретировать как когнитивный. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии составил 25,24%. В этот фактор вошла пере-

менная – бета-ритм ( $r=0,98$ ). Фактор, составленный из переменных второй группы, можно считать важным для непосредственной оценки внимания и умственного напряжения (табл. 19).

После занятия дайвингом у девочек при выполнении факторного анализа данных ЭЭГ были выделены две главные компоненты (факторы) с суммарным накопительным вкладом в общую дисперсию признаков 69,02%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии 36,80%, а также высокие факторные нагрузки по одной переменной – альфа-ритм ( $r=0,83$ ). Данный фактор можно интерпретировать как фактор первичной сенсорной обработки информации. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии составил 29,22%. В этот фактор вошли переменные: бета-ритм ( $r=-0,72$ ), тета-ритм ( $r=0,78$ ). Этот фактор может охарактеризовать степень концентрации внимания на каком-либо объекте (табл. 19).

Таблица 19 – Матрица факторных нагрузок на показатели ЭЭГ у детей после занятия дайвингом в начале курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax gaw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики		Девочки	
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 1	Factor - 2
Альфа-ритм	<b>0,78</b>	0,04	<b>0,83</b>	0,13
Бета-ритм	0,04	<b>0,98</b>	0,42	<b>-0,72</b>
Тета-ритм	<b>0,82</b>	0,23	0,39	<b>0,78</b>
Дельта-ритм	<b>0,76</b>	-0,14	-0,66	0,12

*Факторный анализ показателей ЭЭГ в конце курса обучения дайвингу.* При выполнении факторного анализа показателей ЭЭГ у мальчиков до погружения в конце курса обучения дайвингу было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 69,23%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 38,38%, и высокие факторные нагрузки по переменным: альфа-ритм ( $r=0,84$ ), дельта-ритм ( $r=0,87$ ). Этот фактор отражает уровень функциональной активности коры головного мозга. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии – 30,85%. В этот фактор вошли

переменные: бета-ритм ( $r=0,75$ ) и тета-ритм ( $r=0,79$ ). Данный фактор отражает уровень внимания и умственного напряжения (табл. 20).

При выполнении факторного анализа показателей ЭЭГ у девочек до погружения в конце курса обучения дайвингу было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 72,84%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 46,16% и высокие факторные нагрузки по переменным: бета-ритм ( $r=0,83$ ), тета-ритм ( $r=0,77$ ), дельта-ритм ( $r=0,71$ ). Фактор первой группы с физиологической точки зрения можно интерпретировать как фактор внимания. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии 26,68%. В этот фактор вошла одна переменная: альфа-ритм ( $r=0,93$ ). Данный фактор можно интерпретировать как фактор первичной сенсорной обработки информации (табл. 20).

Таблица 20 – Матрица факторных нагрузок на показатели у детей до занятия дайвингом в начале курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики		Девочки	
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 1	Factor - 2
Альфа-ритм	<b>0,84</b>	-0,11	0,08	<b>0,93</b>
Бета-ритм	-0,16	<b>0,75</b>	<b>0,71</b>	-0,35
Тета-ритм	0,17	<b>0,79</b>	<b>0,77</b>	0,10
Дельта-ритм	<b>0,87</b>	0,12	<b>0,83</b>	0,28

При выполнении факторного анализа показателей ЭЭГ у мальчиков после погружения в конце курса обучения дайвингу было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 81,79%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 53,98% и высокие факторные нагрузки по переменным: альфа-ритм ( $r=0,89$ ), тета-ритм ( $r=0,94$ ). Данный фактор отражает функциональное состояние коры больших полушарий головного мозга. Во второй фактор (вклад доли общей дисперсии 27,81%) вошла переменная: дельта-ритм ( $r=0,85$ ). Фактор, составленный из переменных второй группы, можно считать важным для непосредственной оценки тревожности

(табл. 21).

При выполнении факторного анализа показателей ЭЭГ у девочек после погружения в конце курса обучения дайвингу было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 73,31%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 43,07%, и высокие факторные нагрузки по переменным: бета-ритм ( $r = -0,78$ ), дельта-ритм ( $r = 0,85$ ). Фактор первой группы отражает умственное напряжение при стрессе. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии – 30,24%. В этот фактор вошли переменные: альфа-ритм ( $r = 0,79$ ) и тета-ритм ( $r = 0,90$ ). Данный фактор отражает механизмы регуляции функционального состояния коры больших полушарий (табл. 21).

Таблица 21 – Матрица факторных нагрузок на показатели у детей после занятия дайвингом в конце курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax гав, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики		Девочки	
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 1	Factor - 2
Альфа-ритм	<b>0,89</b>	0,15	-0,34	<b>0,79</b>
Бета-ритм	0,61	-0,59	<b>-0,78</b>	0,06
Тета-ритм	<b>0,94</b>	0,09	0,12	<b>0,90</b>
Дельта-ритм	0,27	<b>0,85</b>	<b>0,85</b>	-0,04

Методом факторного анализа показателей биоэлектрической активности головного мозга были выделены два фактора и определены наиболее информативные для их оценки показатели: альфа-ритм, тета-ритм и дельта-ритм.

### Заключение по главе

При проведении исследований выявлено, что у детей 12-ти лет уже имеется сформированная альфа-активность головного мозга, которая регистрируется в затылочных областях коры головного мозга. Однако на ЭЭГ у детей регистрируется медленноволновая активность (тета- и дельта-ритмы), что соответствует физиологической возрастной норме детей.

Установлено, что у детей данного возраста после сноркелинга и дайвинга при закрытых глазах происходит увеличение мощности биоэлектрической активности в альфа-диапазоне в центральных и затылочных областях коры обоих полушарий головного мозга. Выявлено также, что занятия сноркелингом и подводные погружения с аквалангом способствуют снижению медленноволновой активности (тета- и дельта-ритмы) головного мозга. Было также установлено, что подводные погружения с аквалангом не оказывают негативного воздействия на функциональное состояние ЦНС юных дайверов, что подтверждается снижением медленноволновой активности (тета- и дельта-ритмов) и увеличением мощности альфа-ритма, как в начале, так и в конце курса обучения дайвингу.

Результаты факторного анализа показателей биоэлектрической активности головного мозга позволяют сделать следующее заключение относительно формирования срочной адаптации к занятиям сноркелингом и дайвингом. В частности у группы сноркелинга и юных дайверов функциональное состояние ЦНС определяется уровнем функциональной активности коры головного мозга, когнитивной деятельности и внимания. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности проведения на практике оценки функционального состояния биоэлектрической активности головного мозга основанной на показателях ЭЭГ.

## ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ ГЕМОДИНАМИКИ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ДАЙВИНГОМ

### 4.1. Показатели центральной и церебральной гемодинамики у детей в нормобарических условиях в начале курса обучения их сноркеленгу и дайвингу

В литературе имеются достаточно противоречивые данные об особенностях гемодинамики головного мозга у детей. Кроме того, важность получения собственных данных диктовалась тем, что они были необходимы для сравнительной оценки возрастных особенностей мозгового кровообращения в покое и после занятий сноркелингом и дайвингом. Также в литературе отсутствуют нормальные возрастные значения показателей РЭГ у мальчиков и девочек данного возраста [Зенков Л.Р. с соавт., 2011].

Из данных научной литературы известно, что контурный анализ РЭГ широко используется для оценки изменения тонуса артерий, состояния венозного оттока [Шток В.Н. с соавт., 1996].

При визуальном анализе РЭГ детей 12-ти лет в покое у детей обеих групп в нормобарических условиях выявлены регулярные, с одинаковой амплитудой РЭГ-волны. Их вершины имели несколько закругленную форму. Анакрота (участок кривой от начала до вершины восходящей части РЭГ-волны) имела быстрый подъем, а катакрота (участок от вершины до конца нисходящей части РЭГ-волны) была пологой. На катакроте, как правило, регистрировалась одна дополнительная волна (дикротический подъем), на границе верхней и средней третей отмечалась выемка (инцизура). Значительного снижения амплитуды и уплощения волн, закругленных или платообразных вершин РЭГ-волн у обследованных детей зарегистрировано не было (рис. 21).

Из данных литературы известно, что на реоэнцефалограмме здорового человека регистрируются быстрый подъем волны, медленный ее спуск, хорошо выраженный дикротический зубец, а реоволны имеют высокую амплитуду с острыми или слегка закругленными вершинами [Зенков Л.Р., 2011].

Визуальный анализ РЭГ у детей, занимающихся сноркелингом и дайвин-

гом не выявил патологических изменений и снижения амплитуды реоволн после занятия. Регистрировались регулярные РЭГ-волны с одинаковой амплитудой, вершины которых имели несколько закругленную форму. Анакрота имела быстрый подъем и относительно пологую катакроту, на которой, как правило, была одна дополнительная волна. На границе верхней и средней третей катакроты отмечалась хорошо выраженная инцизура (рис. 21).

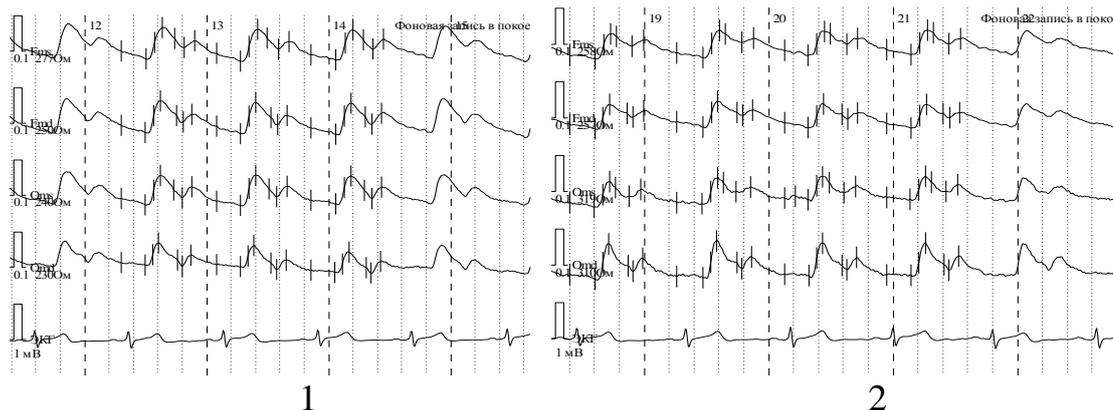


Рисунок 21 – Реоэнцефалограмма ребенка К. (начало курса обучения сноркелингу и дайвингу; 1 – до занятия, 2 – занятия).

*Количественный анализ РЭГ до занятия сноркелингом и дайвингом.*

Количественный анализ данных РЭГ показал, что у детей до занятия сноркелингом и дайвингом значения основных реографических показателей (у мальчиков: Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО; у девочек: Q<sub>x</sub>, Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО) соответствовали их физиологической возрастной норме. В то же время реографический индекс (РИ) у мальчиков и девочек групп дайвинга и сноркелинга в окципито-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга был достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже (норма Ом 1,2-2,0 у.е.) физиологической (Зенков Л.Р. с соавт., 2011) нормы (табл. 22).

Показатель времени распространения пульсовой волны (Q<sub>x</sub>, ВРПВ) до сноркелинга и дайвинга в фронто-мастоидальном (норма Fm 0,10-0,14) отведении левого полушария у мальчиков был выше физиологической нормы (табл. 22). Однако показатели Альфа 1 и Альфа во всех отведениях головного мозга у детей были несколько выше физиологической нормы (норма: Альфа 1 Fm и Ом 0,04-0,05 с; Альфа Fm и Ом 0,08-0,10 с).

*Количественный анализ РЭГ после занятия сноркеленгом и дайвингом.*

После однократного занятия сноркелингом и дайвингом значения показателей РЭГ у мальчиков: Альфа 2, Авен/Аарт %, ДИК, ДИА, ПВО, а у девочек: Q<sub>x</sub>, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО находились в пределах физиологической нормы (табл. 23).

Наблюдалось достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение, по отношению с исходными данными до сноркелинга, РИ в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга у детей. А после дайвинга снижение РИ было отмечено у мальчиков в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга, у девочек в фронто-мастоидальных и окципито-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга. После дайвинга у мальчиков показатель ВРПВ (Q<sub>x</sub>) в фронто-мастоидальном отведении левого полушария был выше физиологической нормы, а в фронто-мастоидальном отведении правого полушария и окципито-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга – в пределах физиологической нормы. После сноркелинга и дайвинга отмечалась тенденция к снижению ДИК, в пределах возрастной физиологической нормы, во всех отведениях обоих полушарий головного мозга, что свидетельствует о снижении тонуса сосудов головного мозга (табл. 23).

*Центральная гемодинамика.* Известно, что в физиологии кровообращения такие показатели, как частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное и пульсовое давление (ПД), характеризуют уровень функционирования системы и представляют собой конечный результат многочисленных регуляторных влияний на кровообращение [Животова В.А., 2011; Зенков Л.Р. с соавт., 2011]. При анализе данных центральной гемодинамики у детей в нормобарических условиях установлено, что полученные показатели соответствовали их возрастной физиологической норме [Макаров Л.М. с соавт., 2000; Васильева Р.М., 2009]. Так, например, ЧСС у мальчиков и девочек контрольной группы в среднем составляла  $82,4 \pm 1,8$  уд/мин и  $85,6 \pm 1,4$  уд/мин, у юных дайверов в среднем составляла  $87,0 \pm 2,0$  уд/мин и  $91,6 \pm 1,6$  уд/мин.

Показатели САД и ДАД до сноркелинга составили  $105,4 \pm 1,3$  мм рт.ст. и  $64,7 \pm 1,2$  мм рт.ст., а у девочек –  $101,1 \pm 1,9$  мм рт.ст. и  $65,2 \pm 1,2$  мм рт.ст. До дайвинга показатели САД и ДАД у мальчиков составили  $105,3 \pm 1,2$  мм рт.ст. и  $65,6 \pm 1,0$  мм рт.ст., а у девочек –  $100,4 \pm 2,1$  мм рт.ст. и  $66,3 \pm 1,3$  мм рт.ст.

Частота сердечных сокращений у мальчиков и девочек после занятия сноркелингом и дайвингом достоверно ( $P < 0,05$ ) снизилась и в среднем составляла у детей, занимающихся сноркелингом  $77,6 \pm 2,1$  уд/мин и  $82,0 \pm 2,1$  уд/мин, а у юных дайверов  $78,8 \pm 2,1$  уд/мин и  $82,0 \pm 2,1$  уд/мин. Данные изменения ЧСС свидетельствует, что у всех детей после занятия отмечался выраженный отрицательный хронотропный эффект, вызванный повышением тонуса блуждающего нерва [Аикин В.А. с соавт., 2010]. Показатели САД и ДАД после сноркелинга у мальчиков составили соответственно  $107,8 \pm 1,4$  мм рт.ст. и  $71,1 \pm 1,6$  мм рт.ст., у девочек –  $102,4 \pm 1,4$  мм рт.ст. и  $68,8 \pm 1,1$  мм рт.ст., после дайвинга у мальчиков составили соответственно  $108,8 \pm 1,5$  мм рт.ст. и  $72,5 \pm 1,5$  мм рт.ст., у девочек –  $103,0 \pm 1,7$  мм рт.ст. и  $69,9 \pm 1,5$  мм рт.ст.

Таким образом, две группы детей не имели статистически достоверных различий по показателям центральной гемодинамики, за исключением ЧСС до занятия. Полученные данные позволяют заключить, что показатели центральной гемодинамики у обследованных детей данного возраста соответствовали их возрастной физиологической норме [Макаров Л.М. с соавт., 2000; Васильева Р.М., 2009].

Таблица 22 – Показатели РЭГ у детей 12-ти лет до занятия сноркелингом и дайвингом в начале курса обучения (M±m)

Параметры, единицы измерения		Отведения							
		Сноркелинг				Дайвинг			
		Fms	Fmd	Oms	Omd	Fms	Fmd	Oms	Omd
РИ, у.е.	М	1,58±0,08	1,45±0,10	1,00±0,04	0,94±0,07	1,50±0,08	1,44±0,06	0,91±0,03	0,88±0,05
	Д	1,55±0,04	1,53±0,15	1,09±0,08	1,12±0,07	1,60±0,04	1,55±0,09	1,07±0,06	1,09±0,05
Q <sub>x</sub> , с	М	0,15±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01	0,16±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01
	Д	0,13±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,13±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,13±0,001
Альфа 1, с	М	0,07±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,07±0,001	0,07±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001
	Д	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,07±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001
Альфа 2, с	М	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001
	Д	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001
Альфа, с	М	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,11±0,01	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,11±0,01
	Д	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001
Авен/Аарт, %	М	80,00±1,43	77,35±3,52	73,20±4,80	73,90±4,86	80,18±1,03	77,10±2,31	74,40±2,81	76,95±4,24
	Д	77,89±1,39	76,53±0,97	74,74±1,23	75,06±0,77	78,56±0,68	76,18±0,59	74,23±1,21	75,06±0,77
ДИК, %	М	75,45±2,84	72,65±3,58	63,95±4,28	70,10±2,64	73,82±2,04	73,62±2,27	63,18±2,27	67,30±2,09
	Д	72,63±2,05	74,53±2,39	64,47±1,81	68,00±2,19	72,94±1,27	73,02±1,43	63,72±0,78	67,72±1,23
ДИА, %	М	71,25±2,51	74,40±3,21	68,85±3,07	70,80±3,84	68,09±1,55	74,78±1,84	68,84±1,74	71,09±3,65
	Д	70,74±2,08	75,05±1,72	69,42±1,50	71,16±1,60	67,68±1,28	74,12±1,14	68,24±0,84	70,26±0,99
ПВО, %	М	22,75±1,80	23,45±1,69	23,85±1,85	29,60±1,89	20,88±1,24	23,44±1,05	24,06±1,19	29,32±1,27
	Д	22,95±1,54	24,21±1,41	23,89±1,74	29,26±1,12	21,00±0,97	23,42±0,91	24,58±1,10	29,86±0,67

Примечание: здесь и далее М – мальчики; Д – девочки

Таблица 23 – Показатели РЭГ у детей 12-ти лет после занятия сноркелингом и дайвингом в начале курса обучения (M±m)

Параметры, единицы измерения		Отведения							
		Сноркелинг				Дайвинг			
		Fms	Fmd	Oms	Omd	Fms	Fmd	Oms	Omd
РИ, у.е.	М	1,20±0,09 <sup>7</sup>	1,18±0,08 <sup>7</sup>	1,08±0,03	1,08±0,08	1,13±0,05 <sup>7</sup>	1,11±0,06 <sup>7</sup>	1,07±0,04	1,00±0,08
	Д	1,26±0,03 <sup>7</sup>	1,31±0,11 <sup>7</sup>	1,11±0,06	1,12±0,09	1,08±0,04 <sup>7 8</sup>	1,12±0,08 <sup>7 8</sup>	0,84±0,04 <sup>7 8</sup>	1,10±0,06 <sup>7</sup>
Q <sub>x</sub> , с	М	0,14±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01	0,15±0,001	0,15±0,01	0,15±0,01	0,15±0,001
	Д	0,13±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,13±0,001	0,13±0,001	0,14±0,01	0,13±0,001	0,12±0,001
Альфа 1, с	М	0,07±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001
	Д	0,07±0,001	0,06±0,001	0,07±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001
Альфа 2, с	М	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001
	Д	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001
Альфа, с	М	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,11±0,01	0,12±0,02	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001
	Д	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001
Авен/Аар т, %	М	79,50±2,06	75,80±3,51	73,25±2,64	75,15±1,83	80,86±0,94	77,64±3,17	74,22±1,68	74,06±1,31
	Д	73,95±2,39	76,18±0,59	71,11±4,45	72,32±2,17	74,66±1,38	78,94±1,99	68,46±3,31	72,40±1,33
ДИК, %	М	72,80±3,37	71,55±4,10	60,20±2,57	67,40±1,55	69,28±1,90	71,42±2,39	61,04±2,94	66,10±1,13
	Д	68,42±3,48	68,32±4,16	60,53±4,20	64,21±2,08	69,56±2,23	69,56±2,23	61,50±4,58	61,00±1,31
ДИА, %	М	67,60±4,04	73,65±3,58	68,00±2,79	68,15±1,59	66,94±1,99	74,28±2,18	70,08±1,96	67,27±1,46
	Д	71,89±2,64	73,53±3,45	64,95±2,76	70,68±1,99	73,60±1,59	73,60±1,59	58,92±3,09	68,00±1,45
ПВО, %	М	21,50±1,19	22,95±1,47	24,65±1,31	27,50±1,27	20,90±0,82	19,06±0,87	25,59±1,54	25,34±1,41
	Д	22,68±1,72	27,37±0,75	23,50±1,51	27,58±0,84	28,77±1,40	27,00±0,43	26,16±0,96	28,04±0,50

Примечание: <sup>7</sup> – P<0,05 по сравнению со значениями до занятия; <sup>8</sup> P<0,05 по сравнению со значениями группы сноркелинга

*Сравнительный анализ показателей центральной и церебральной гемодинамики у детей групп сноркелинга и дайвинга в начале курса обучения.* При анализе изменений показателей центральной и церебральной гемодинамики выявлены, достоверные различия между группами сноркелинга и дайвинга. Так, до занятия дайвингом ЧСС была достоверно ( $P < 0,05$ ) выше у мальчиков и девочек, занимающихся дайвингом, чем у детей контрольной группы. После занятий дайвингом достоверных отличий ЧСС зарегистрировано не было (рис. 22, 23).

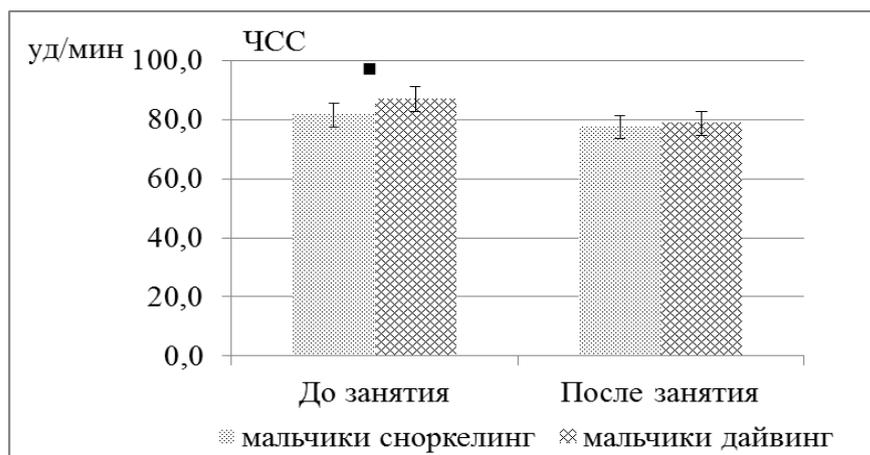


Рисунок 22 – Изменение ЧСС у мальчиков при занятиях сноркелингом и дайвингом (начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями мальчиков из группы дайвинга.

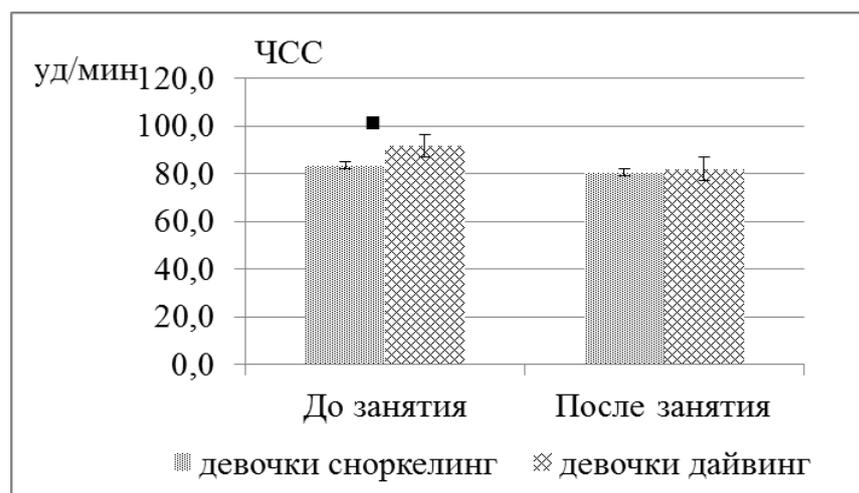


Рисунок 23 – Изменение ЧСС у девочек при занятиях сноркелингом и дайвингом (начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями девочек из группы дайвинга.

При анализе показателей церебральной гемодинамики у детей, занимающихся сноркелингом и дайвингом достоверные различия отмечались у девочек

по показателю РИ после занятия. Так, до занятия РИ был достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже у девочек, занимающихся дайвингом в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий и окципито-мастоидальном отведении левого полушария головного мозга (рис. 24).

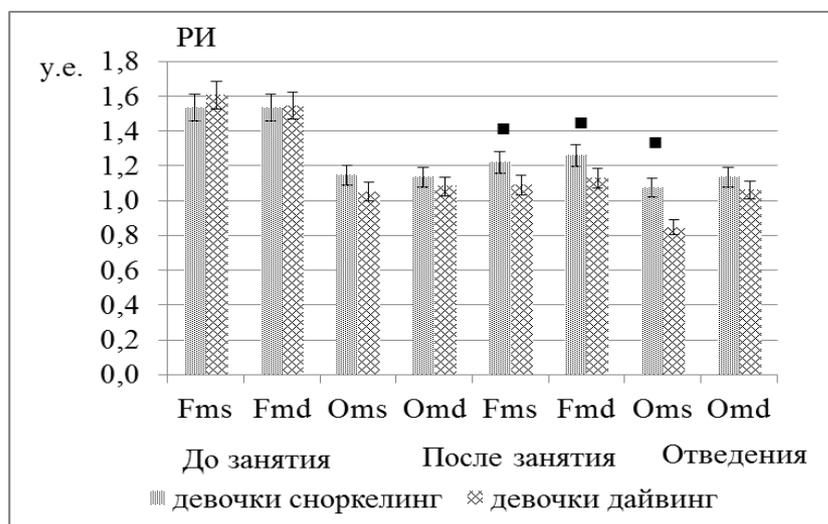


Рисунок 24 – Изменение РИ у девочек при занятиях сноркелингом и дайвингом (начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями девочек из группы дайвинга.

Таким образом, при количественном анализе данных в начале курса обучения детей сноркелингу и дайвингу выявлено, что показатели РЭГ у мальчиков: Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО; у девочек: Q<sub>x</sub>, Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО во всех отведениях полушарий головного мозга были в пределах физиологической нормы. Полученные данные показали, что после занятия сноркелингом в начале курса обучения у детей 12-ти лет отмечалось достоверное снижение РИ в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга ( $P < 0,05$ ). Данные изменения могут свидетельствовать, по нашему мнению и данных литературы, о снижении кровенаполнения сосудов головного мозга у детей в бассейнах внутренних сонных артерий [Шидловская Ю.А., 2010]. А после занятия дайвингом данный показатель у детей достоверно ( $P < 0,05$ ) снизился у мальчиков в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга, у девочек в фронто-мастоидальных и окципито-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга.

Данные изменения могут свидетельствовать о снижении кровенаполнения сосудов головного мозга у мальчиков в бассейнах внутренних сонных артерий, у девочек в бассейнах внутренних сонных и вертебрально-базиллярных артерий [Шидловская Ю.А., 2010]. Также, установлено что, после сноркелинга и дайвинга у детей 12-летнего возраста отмечается снижение ЧСС и ПД, повышение САД и ДАД.

#### 4.2. Динамика показателей центральной и церебральной гемодинамики у детей в процессе курса обучения их сноркеленгу и дайвингу

При визуальном анализе РЭГ детей 12-ти лет в покое до сноркелинга и дайвинга в конце курса обучения были выявлены регулярные, с одинаковой амплитудой РЭГ-волны. Анакрота заканчивалась плавно закругленной вершиной, а катакрота плавно снижалась. В средней части катакроты отмечалась инцизура, за которой следовала дикротическая волна.

В конце курса обучения сноркелингу и дайвингу визуальный анализ РЭГ после занятия показал, что у детей не были зарегистрированы изменения амплитуды волн, уплощение их вершин. Данные контурной характеристики РЭГ соответствовали реоволнам здоровых детей (рис. 25).

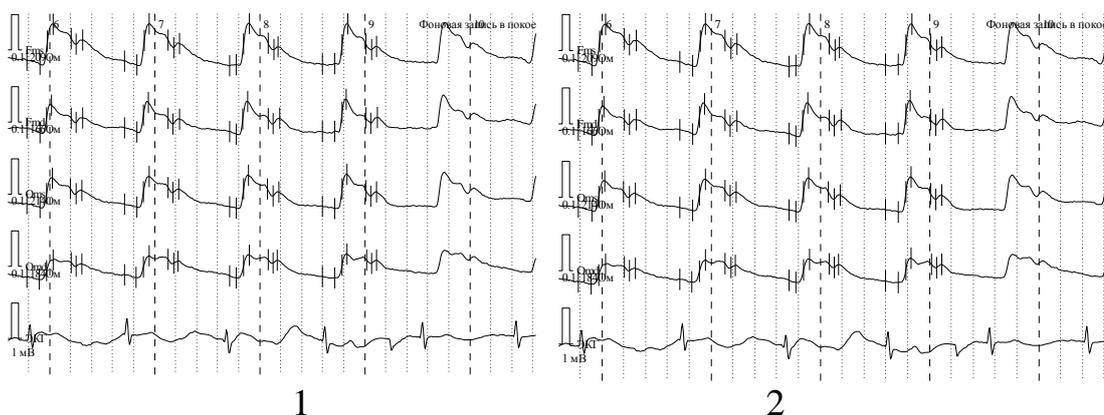


Рисунок 25 – Реоэнцефалограмма ребенка М. (конец курса обучения дайвингу; 1 – до занятия, 2 – после занятия).

*Количественный анализ РЭГ до занятия сноркеленгом и дайвингом. Количественный анализ данных показал, что в конце курса обучения детей снорке-*

лингв и дайвингу до занятия значения основных реографических показателей (у мальчиков: Q<sub>x</sub>, Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО; у девочек: Q<sub>x</sub>, Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО) соответствовали физиологической возрастной норме. Реографический индекс (РИ) у мальчиков обеих групп в окципито-мастоидальном отведении правого полушария головного мозга (норма От 1,2-2,0) был достоверно ниже нормы (Зенков Л.Р. с соавт., 2011). Показатели Альфа 1 и Альфа, с как у мальчиков, так и у девочек обеих групп, во всех отведениях головного мозга были несколько выше физиологической нормы (табл. 25).

*Количественный анализ РЭГ после занятия snorkеленгом и дайвингом.* Количественный анализ данных, полученных в конце курса обучения детей snorkелингу и дайвингу, выявил, что после занятия значения реографических показателей у мальчиков: Q<sub>x</sub>, Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО; у девочек: Q<sub>x</sub>, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО соответствовали физиологической возрастной норме (Зенков Л.Р. с соавт., 2011). Важно отметить, что в отличие от начала курса обучения дайвингу показатель ВРПВ (Q<sub>x</sub>) у мальчиков в конце курса обучения snorkелингу и дайвингу во всех отведениях головного мозга был в пределах физиологической нормы (табл. 26).

После snorkелинга по сравнению с исходными данными у мальчиков было зарегистрировано достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение РИ во фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга, однако у девочек данный показатель достоверно не изменялся. А после дайвинга у мальчиков и девочек достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение РИ отмечалось во фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга.

После занятия snorkелингом и дайвингом была зарегистрирована тенденция к снижению ДИК в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга в пределах их возрастной физиологической нормы, что свидетельствует о снижении тонуса сосудов головного мозга (табл. 26).

*Центральная гемодинамика.* В ходе проведенного исследования было установлено, что в процессе курса обучения детей snorkелингу и дайвингу отмечалась однонаправленная реакция сердечно-сосудистой системы. Увеличе-

ние показателей САД и ДАД, снижение значения показателей ПД и ЧСС. Так, после сноркелинга в конце курса обучения САД увеличилось достоверно у мальчиков ( $P < 0,05$ ) с  $104,2 \pm 1,2$  до  $108,0 \pm 1,2$  мм рт.ст., а у девочек с  $101,7 \pm 1,3$  до  $103,3 \pm 1,5$  мм рт.ст., ДАД увеличилось у мальчиков с  $65,0 \pm 1,7$  до  $71,5 \pm 1,4$  мм рт.ст., у девочек с  $63,2 \pm 1,0$  до  $68,9 \pm 1,2$  мм рт.ст., ЧСС достоверно ( $P < 0,05$ ) снизилась у мальчиков  $77,6 \pm 2,1$  уд/мин, у девочек –  $82,7 \pm 2,1$  уд/мин (табл. 27). У группы дайверов после занятия в конце курса САД достоверно ( $P < 0,05$ ) увеличилось у мальчиков с  $104,5 \pm 0,9$  до  $108,9 \pm 1,1$  мм рт.ст., а у девочек с  $100,2 \pm 1,3$  до  $102,7 \pm 1,7$  мм рт.ст., ДАД увеличилось у мальчиков с  $64,7 \pm 0,7$  до  $72,0 \pm 0,9$  мм рт.ст., у девочек с  $64,3 \pm 0,8$  до  $71,8 \pm 0,7$  мм рт.ст. Частота сердечных сокращений у детей после дайвинга достоверно снизилась ( $P < 0,05$ ) и в среднем составляла у мальчиков  $77,5 \pm 1,4$  уд/мин, у девочек –  $80,7 \pm 1,1$  уд/мин (табл. 28).

Таблица 25 – Показатели РЭГ у детей 12-ти лет до занятия сноркелингом и дайвингом в конце курса обучения (M±m)

Параметры, единицы измерения		Отведения							
		Сноркелинг				Дайвинг			
		Fms	Fmd	Oms	Omd	Fms	Fmd	Oms	Omd
РИ, у.е.	М	1,42±0,09	1,41±0,02	1,18±0,07	1,01±0,06	1,41±0,07	1,43±0,11	1,10±0,08	0,95±0,05
	Д	1,57±0,10	1,42±0,08	1,32±0,09	1,17±0,06	1,63±0,07	1,42±0,08	1,21±0,05 <sup>11</sup>	1,10±0,05 <sup>11</sup>
Q <sub>x</sub> , с	М	0,14±0,01	0,14±0,01	0,13±0,01	0,14±0,01	0,16±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01
	Д	0,13±0,001	0,13±0,001	0,12±0,001	0,13±0,001	0,13±0,001	0,13±0,001	0,13±0,001	0,14±0,01
Альфа 1, с	М	0,07±0,001	0,07±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,07±0,001	0,07±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001
	Д	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001
Альфа 2, с	М	0,06±0,001	0,06±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001
	Д	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,06±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001
Альфа, с	М	0,12±0,001	0,13±0,001	0,12±0,001	0,12±0,01	0,12±0,001	0,13±0,001	0,12±0,001	0,12±0,01
	Д	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,11±0,01	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,11±0,01
Авен/Аа рт, %	М	75,15±1,96	75,60±2,83	76,10±2,80	73,85±3,92	78,14±2,24	74,66±1,80	75,56±2,83	73,04±2,69
	Д	70,42±1,14	68,70±0,80	63,66±0,87	67,26±0,99	70,42±1,14	68,70±0,80	63,66±0,87	67,77±0,98
ДИК, %	М	71,80±3,47	71,05±2,37	67,55±2,09	66,55±2,85	71,04±2,33	70,32±2,37	66,96±1,19	67,70±0,63
	Д	63,95±2,26	61,93±1,67	56,47±2,17	60,53±1,30	63,88±1,32	62,70±1,15	55,94±1,35	60,46±0,79
ДИА, %	М	65,45±2,63	68,47±1,38	65,05±1,82	64,50±3,14	66,38±1,73	67,84±1,13	64,42±1,12	66,18±1,78
	Д	63,37±1,99	62,12±1,06	61,79±2,21	64,68±0,54	63,94±1,42	62,12±1,06	60,98±1,37	64,52±0,52
ПВО, %	М	16,85±2,02	20,00±1,22	27,00±2,07	27,05±2,24	17,08±1,30	19,88±0,72	25,04±1,96	27,72±1,35
	Д	28,74±1,18	28,53±0,99	28,89±1,42	29,00±0,85	29,14±0,62	30,06±0,37	29,90±1,19	29,54±0,59

Примечание: <sup>11</sup> P<0,05 по сравнению со значениями группы сноркелинга

Таблица 26 – Показатели РЭГ у детей 12-ти лет после занятия дайвингом в конце курса обучения (M±m)

Параметр, единицы измерения		Отведения							
		Сноркелинг				Дайвинг			
		Fms	Fmd	Oms	Omd	Fms	Fmd	Oms	Omd
РИ, у.е.	М	1,16±0,04 <sup>9</sup>	1,17±0,05 <sup>9</sup>	1,22±0,09	1,06±0,05	1,16±0,04 <sup>9</sup>	1,17±0,05 <sup>9</sup>	1,15±0,05	1,00±0,04
	Д	1,50±0,10	1,36±0,07	1,34±0,11 <sup>10</sup>	1,21±0,07	1,23±0,05 <sup>9 11</sup>	1,15±0,05 <sup>9 11</sup>	1,23±0,07 <sup>10 11</sup>	1,12±0,08 <sup>11</sup>
Q <sub>x</sub> , с	М	0,14±0,001	0,14±0,001	0,16±0,01	0,16±0,01	0,14±0,001	0,14±0,001	0,16±0,01	0,16±0,01
	Д	0,13±0,001	0,13±0,001	0,12±0,001	0,13±0,001	0,13±0,001	0,13±0,001	0,12±0,001	0,13±0,001
Альфа 1, с	М	0,06±0,001	0,06±0,001	0,07±0,001	0,07±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,07±0,001	0,07±0,001
	Д	0,07±0,001	0,06±0,001	0,07±0,001	0,06±0,001	0,07±0,001	0,07±0,001	0,07±0,001	0,06±0,001
Альфа 2, с	М	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001
	Д	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001
Альфа, с	М	0,12±0,001	0,12±0,001	0,11±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,11±0,001	0,12±0,001
	Д	0,12±0,001	0,13±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001	0,13±0,001	0,12±0,001	0,12±0,001
Авен/Арт, %	М	76,50±1,57	74,95±1,89	74,45±1,49	71,70±3,74	77,28±1,21	74,36±1,21	75,50±1,49	73,04±2,69
	Д	68,88±1,39	68,93±1,84	63,53±0,99	68,42±2,55	68,88±1,39	68,38±1,00	63,50±0,58	66,56±1,48
ДИК, %	М	68,55±3,70	66,90±3,37	64,45±1,62	67,40±2,45	67,46±2,29	68,74±2,26	63,18±1,62	67,12±1,49
	Д	62,00±2,70	60,74±1,22	55,32±1,23	60,63±2,49	59,68±1,73	60,66±0,80	55,90±0,82	60,30±1,41
ДИА, %	М	64,75±2,94	68,25±2,29	66,10±1,62	66,25±1,96	63,90±1,86	68,04±1,21	64,84±1,01	66,00±1,77
	Д	63,00±2,79	60,63±1,66	60,05±2,31	64,89±1,94	63,56±1,48	60,44±1,06	60,98±1,49	64,18±1,08
ПВО, %	М	17,00±1,66	19,05±1,50	27,14±1,62	27,20±1,60	16,54±0,92	18,66±1,25	27,14±1,62	24,18±1,60
	Д	26,63±0,73	25,32±1,23	24,74±1,12	27,42±0,70	27,42±0,89	24,62±0,62	25,88±1,31	27,56±0,68

Примечание: <sup>9</sup> – P<0,05 по сравнению со значениями до занятия; <sup>10</sup> – P<0,05 по сравнению с данными 1-го погружения; <sup>11</sup> – P<0,05 по сравнению со значениями группы сноркелинга

Таблица 27 – Показатели центральной гемодинамики у детей 12-летнего возраста в процессе обучения snorkелингу ( $M \pm m$ )

Измеряемые параметры		Этапы обследования			
		Начало курса обучения snorkелингу		Конец курса обучения snorkелингу	
		до	после	до	после
ЧСС уд/мин	М	82,4±1,8	77,6±2,1 <sup>12</sup>	86,7±2,3	78,1±1,8 <sup>12</sup>
	Д	85,6±1,4	82,0±2,1 <sup>12</sup>	83,2±1,8	81,6±2,3 <sup>12</sup>
САД, мм рт.ст.	М	105,4±1,3	107,8±1,4 <sup>12</sup>	104,2±1,2	108,0±1,2 <sup>12</sup>
	Д	101,1±1,9	102,4±1,4	101,7±1,3	103,3±1,5 <sup>12</sup>
ДАД, мм рт.ст.	М	64,7±1,2	71,7±1,6 <sup>12</sup>	65,0±1,7	71,5±1,4 <sup>12</sup>
	Д	65,2±1,2	68,8±1,1 <sup>12</sup>	63,2±1,0	68,9±1,2 <sup>12</sup>
ПД, мм рт.ст.	М	40,7±1,2	36,1±1,1 <sup>12</sup>	39,2±0,8	36,4±1,0 <sup>12</sup>
	Д	35,8±1,3	33,6±1,2 <sup>12</sup>	38,7±1,0	34,4±1,3 <sup>12</sup>

Примечание: <sup>12</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями до snorkелинга

Таблица 28 – Показатели центральной гемодинамики у детей 12-летнего возраста в процессе обучения дайвингу ( $M \pm m$ )

Измеряемые параметры		Этапы обследования			
		Начало курса обучения дайвингу		Конец курса обучения дайвингу	
		до	после	до	после
ЧСС уд/мин	М	87,0±2,0 <sup>13</sup>	78,8±2,1 <sup>12</sup>	83,5±1,2 <sup>13</sup>	77,5±1,4 <sup>12</sup>
	Д	91,6±1,6 <sup>13</sup>	82,0±2,1 <sup>12</sup>	88,0±1,1 <sup>13</sup>	80,7±1,1 <sup>12</sup>
САД, мм рт.ст.	М	105,3±1,2	108,8±1,5 <sup>12</sup>	104,5±0,9	108,9±1,1 <sup>12</sup>
	Д	100,4±2,1	103,0±1,7 <sup>12</sup>	100,2±1,3	104,0±0,9 <sup>12</sup>
ДАД, мм рт.ст.	М	65,6±1,0	72,5±1,5 <sup>12</sup>	64,7±0,7	72,0±0,9 <sup>12</sup>
	Д	66,3±1,3	69,9±1,5 <sup>12</sup>	64,3±0,8	71,8±0,7 <sup>12</sup>
ПД, мм рт.ст.	М	39,7±1,0	36,3±1,0 <sup>12</sup>	39,8±0,8	36,7±0,9 <sup>12</sup>
	Д	34,1±1,5	33,1±1,2 <sup>12</sup>	35,9±0,9	33,6±1,2 <sup>12</sup>

Примечание: <sup>12</sup> –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями до дайвинга; <sup>13</sup>  $P < 0,05$  по сравнению со значениями группы snorkелинга

*Сравнительный анализ показателей центральной и церебральной гемодинамики у детей групп snorkелинга и дайвинга в конце курса обучения. При анализе изменений показателей центральной и церебральной гемодинамики были выявлены достоверные ( $P < 0,05$ ) различия между группами snorkелинга и дайвинга. Так, у юных дайверов до занятия ЧСС была достоверно ( $P < 0,05$ ) выше у*

мальчиков и девочек, чем у детей контрольной группы. После занятий снорклингом и дайвингом достоверных отличий ЧСС зарегистрировано не было (рис. 26, 27).

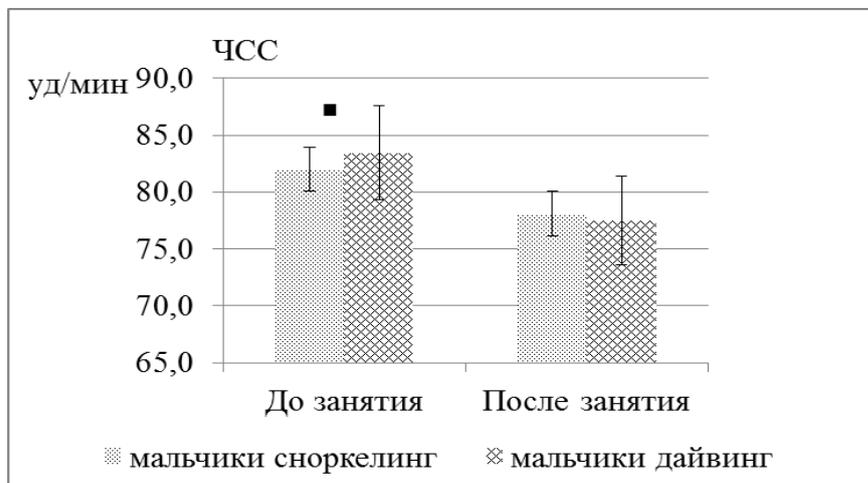


Рисунок 26 – Изменение ЧСС у мальчиков при занятиях снорклингом и дайвингом (начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями мальчиков из группы дайвинга.

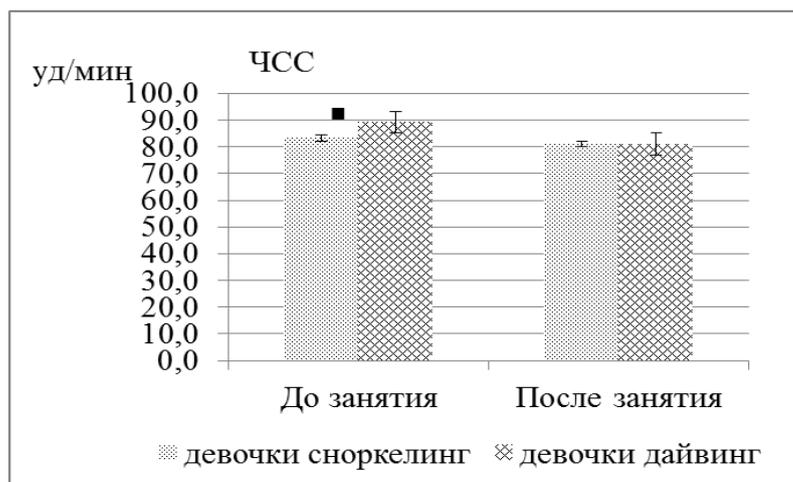


Рисунок 27 – Изменение ЧСС у девочек при занятиях снорклингом и дайвингом (начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями девочек из группы дайвинга.

При анализе показателей церебральной гемодинамики у детей группы дайвинга были выявлены достоверные ( $P < 0,05$ ) различия у девочек по показателю РИ. Так, до занятия у девочек группы дайвинга данный показатель был достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже, чем у девочек, занимающихся снорклингом в окципито-мастоидальных отведениях, а после занятия – РИ у девочек, занимающихся дайвингом был достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже во всех отведениях головного моз-

га, чем у девочек из группы сноркелинга (рис. 28).

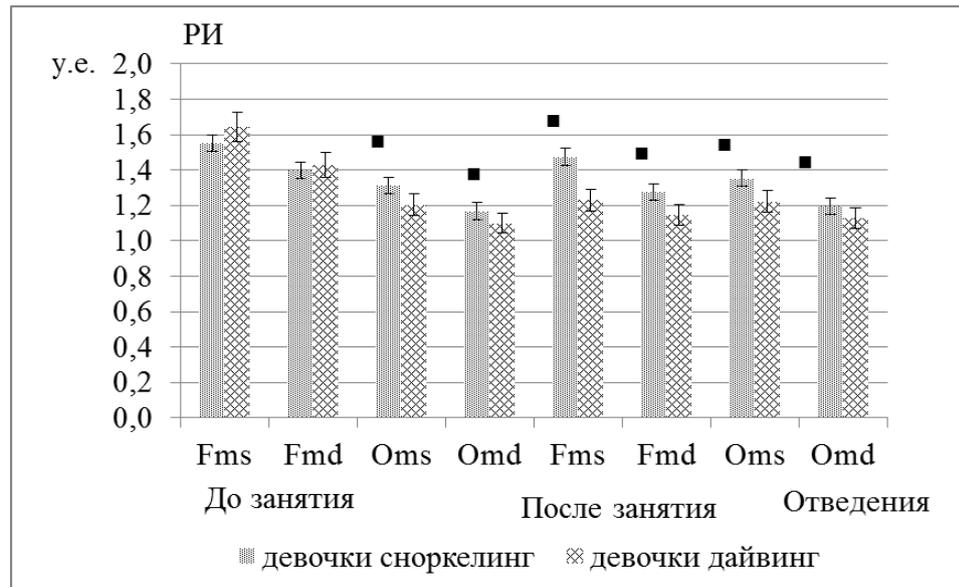


Рисунок 28 – Изменение РИ у девочек при занятиях сноркелингом и дайвингом (начало курса обучения). ■ –  $P < 0,05$  по сравнению со значениями девочек из группы дайвинга.

*Сравнительный анализ показателей РЭГ в начале и конце курса обучения сноркеленгу и дайвингу.* Сравнительный анализ данных РЭГ в начале и конце курса обучения детей сноркелингу и дайвингу показал, что у мальчиков Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА и ПВО; у девочек Q<sub>x</sub>, Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА и ПВО во всех отведениях полушарий головного мозга были в пределах физиологической нормы. Важно отметить, что в конце курса обучения сноркелингу и дайвингу у мальчиков показатель ВРПВ (Q<sub>x</sub>) во всех отведениях головного мозга стал в пределах физиологической нормы в отличие от начала курса.

Полученные данные также показали, что в начале курса обучения после сноркелинга у детей 12-ти лет отмечалось достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение РИ в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга. В то время после занятия дайвингом РИ достоверно ( $P < 0,05$ ) снизился у мальчиков в фронто-мастоидальных, у девочек во всех отведениях обоих полушарий головного мозга. Данные изменения после сноркелинга могут свидетельствовать о снижении кровенаполнения сосудов головного мозга у детей в бассейнах внут-

ренных сонных артерий головного мозга. А после дайвинга – у мальчиков в бассейнах внутренних сонных артерий, у девочек в бассейнах внутренних сонных и вертебрально-базиллярных артерий головного мозга [Шидловская Ю.А., 2010]. Результаты исследования показателей РЭГ в конце курса обучения детей сноркелингу и дайвингу показали, что после занятия РИ ( $P < 0,05$ ) также снижался. Так, после сноркелинга данный показатель достоверно ( $P < 0,05$ ) снизился у мальчиков в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий, а после дайвинга – в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга у мальчиков и девочек.

Показатели Альфа, Альфа 1 во всех отведениях обоих полушарий головного мозга у детей были выше физиологической нормы, как в начале, так и в конце курса обучения сноркелингу и дайвингу до и после погружения.

#### **4.3. Результаты дисперсионного и факторного анализа РЭГ у детей в нормобарических условиях, при занятиях сноркелингом и рекреационным дайвингом**

*Дисперсионный анализ показателей центральной и церебральной гемодинамики нормобарических условиях.* Проведен дисперсионный анализ (ANOVA), с помощью которого была проведена проверка значимости различий между средними значениями у двух групп испытуемых в нормобарических условиях (сноркелинга, дайвинга). Дисперсионный анализ показал, что показатели церебральной гемодинамики достоверно не отличаются у всех испытуемых. Однако было выявлено значимое различие между показателями центральной гемодинамики у всех детей. Так, ЧСС имела достоверные различия между группами у мальчиков ( $F(1, 67)=6,33, p=0,002$ ) и девочек ( $F(1, 67)=2,90, p=0,04$ ).

*Дисперсионный анализ показателей РЭГ в начале курса обучения сноркелингу и дайвингу.* При проведении дисперсионного анализа РИ у детей после занятий сноркелингом и дайвингом в конце курса обучения были выявлены значимые различия. Так, были выявлены статистически значимые различия

между группами сноркелинга и дайвинга (у девочек) в окципито-мастоидальном отведении правого полушария головного мозга (Omd  $F(1, 67)=7,07$ ,  $p=0,009$ ).

*Дисперсионный анализ показателей РЭГ в конце курса обучения сноркелингу и дайвингу.* При проведении дисперсионного анализа РИ у детей после занятий сноркелингом и дайвингом в начале курса обучения были выявлены значимые различия. До занятия статистически значимые различия между группами сноркелинга и дайвинга по показателю РИ у девочек отмечались во всех отведениях головного мозга (Fms  $F(1, 67)=10,89$ ,  $p=0,001$ ; Fmd  $F(1, 67)=6,67$ ,  $p=0,01$ ; Oms  $F(1, 67)=2,67$ ,  $p=0,05$ ; Omd  $F(1, 67)=3,92$ ,  $p=0,05$ ), у мальчиков во окципито-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга (Oms  $F(1, 67)=6,09$ ,  $p=0,01$ ; Omd  $F(1, 67)=5,47$ ,  $p=0,02$ ).

*Факторный анализ показателей РЭГ в начале курса обучения сноркелингу.* С помощью метода главных компонент показателей центральной и церебральной гемодинамики у мальчиков до сноркелинга были выделены три фактора (главные компоненты) с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 85,66%. В таблице 29 представлены факторные нагрузки на показатели гемодинамики после вращения. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 35,90% и высокие факторные нагрузки по переменным: ДИК –  $r=0,97$ , ДИА –  $r=0,90$ , Авен/Аарт –  $r=0,87$ . Данный фактор отражает тонус и эластичность сосудистой стенки, венозный отток. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии – 18,80%. Этот фактор является гемодинамическим и в него вошли показатели: САД –  $r=-0,90$  и ДАД –  $r=-0,86$ . В третий фактор (доля общей дисперсии – 19,34%) вошел САД –  $r=0,92$ , характеризующий систолическое артериальное давление (табл. 29).

С помощью факторного анализа данных у девочек было выделено 4 фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 73,11%. Первый фактор можно интерпретировать как показатель тонуса и эластичности сосудистой стенки, венозный отток, который имел (процентный вклад от общей дисперсии – 35,90%) высокие факторные нагрузки по переменным: ДИК –

$r=0,97$ , ДИА –  $r=0,90$ , Авен/Аарт –  $r=0,87$ . Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии – 18,80%. В этот фактор вошли САД –  $r=-0,90$  и ДАД –  $r=-0,86$ . Фактор можно представить как показатель, гемодинамики. В третий фактор (доля общей дисперсии – 17,55%) вошли такие показатели, как ЧСС –  $r=0,85$ , ПД –  $r=0,78$ . Данный фактор можно интерпретировать как показатель гемодинамический. Четвертый фактор (процентный вклад от общей дисперсии – 13,41%) включал в себя РИ –  $r=0,87$ , ПВО –  $r=0,89$  (табл. 29). Этот фактор отражает состояние оттока крови из полости черепа в сердце.

Таблица 29 – Матрица факторных нагрузок на показатели центральной и церебральной гемодинамики у детей до занятия сноркелингом в начале курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики			Девочки			
	Factor r - 1	Factor - 2	Factor r - 3	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 4
ЧСС	-0,19	0,03	0,49	0,04	0,04	<b>-0,85</b>	0,14
САД	-0,30	-0,06	-0,34	-0,09	<b>-0,90</b>	-0,22	0,14
ДАД	-0,36	<b>0,87</b>	0,13	0,41	<b>-0,86</b>	-0,33	-0,14
ВРПВ	0,17	-0,003	-0,01	0,01	0,05	-0,41	0,22
РИ	0,04	<b>0,92</b>	-0,01	0,018	0,13	-0,24	<b>0,87</b>
ДИК	<b>0,93</b>	0,16	0,06	<b>0,97</b>	0,10	-0,22	0,01
ДИА	<b>0,78</b>	-0,10	0,05	<b>0,90</b>	0,37	0,20	0,24
Авен\Аарт	0,36	0,25	-0,34	<b>0,87</b>	0,19	-0,28	0,19
ПВО	-0,05	<b>0,95</b>	<b>0,92</b>	-0,15	0,04	0,15	<b>0,89</b>
ПД	0,51	0,55	0,38	0,06	0,06	<b>0,78</b>	0,07

При факторном анализе показателей гемодинамики у мальчиков после сноркелинга было выделено три фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 62,74%. Первый фактор включал в себя показатели: ДИК –  $r=0,86$ , ДИА –  $r=0,95$ , Авен/Аарт –  $r=0,86$ . Процентный вклад первого фактора от общей дисперсии составил 29,85%. Данный фактор отражает тонус и эластичности сосудистой стенки, венозный отток. Второй фактор (доля общей дисперсии – 17,62%) имеет высокие факторные нагрузки по переменным: САД –  $r=-0,82$  ДАД –  $r=-0,84$ . Третий фактор (доля общей дисперсии – 15,27%)

включал в себя показатели ЧСС –  $r = -0,73$  и ПД –  $r = 0,91$ . Второй и третий факторы являются гемодинамическими (табл. 30).

Таблица 30 – Матрица факторных нагрузок на показатели центральной и церебральной гемодинамики у детей после занятия сноркелингом в начале курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики			Девочки		
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3
ЧСС	-0,45	0,10	<b>-0,73</b>	<b>0,70</b>	-0,39	-0,02
САД	0,01	<b>-0,82</b>	-0,53	<b>0,94</b>	0,05	0,12
ДАД	0,04	<b>-0,84</b>	-0,41	<b>0,70</b>	-0,33	0,44
ВРПВ	0,01	-0,12	-0,03	0,26	0,30	-0,44
РИ	0,18	0,07	-0,30	-0,30	-0,58	0,35
ДИК	<b>0,86</b>	0,09	0,01	-0,01	<b>0,75</b>	0,11
ДИА	<b>0,95</b>	0,25	-0,01	0,12	0,19	<b>0,74</b>
Авен/Аарт	<b>0,86</b>	0,10	-0,12	-0,18	<b>0,79</b>	0,29
ПВО	0,04	-0,03	0,002	-0,17	-0,16	<b>-0,76</b>
ПД	0,11	0,17	<b>0,91</b>	0,64	0,42	-0,28

После занятия сноркелингом у девочек при выполнении факторного анализа данных РЭГ были выделены 3 главные компоненты с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 86,96%. Первый фактор – гемодинамический, который включал в себя показатели: ЧСС –  $r = 0,70$ , САД –  $r = 0,94$ , ДАД –  $r = 0,70$ . Процентный вклад первого фактора от общей дисперсии составил 44,16%. Второй фактор (доля общей дисперсии – 24,90%) имеет высокие факторные нагрузки по переменным ДИК –  $r = 0,75$ , Авен/Аарт –  $r = 0,79$ . Третий фактор (доля общей дисперсии – 17,90%) включал в себя ДИА –  $r = 0,74$ , ПВО –  $r = -0,76$ . Второй и третий факторы характеризуют тонус и эластичность стенок сосудов, а также венозный отток (табл. 30).

*Факторный анализ показателей РЭГ в конце курса обучения сноркелингу.*  
До занятия в конце курса обучения сноркелингу с помощью метода главных компонент показателей гемодинамики у мальчиков были выделены два фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 63,48%. Первый

фактор характеризует тонус и эластичность сосудов (доля общей дисперсии – 43,18%) и имеет высокие факторные нагрузки по переменным: ДИК –  $r=0,87$ , Авен/Аарт –  $r=0,95$ . Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии 20,30%. В этот фактор вошли показатели: САД –  $r=0,89$ , ДАД –  $r=0,93$ . (табл. 31). Следует отметить, второй факторы можно интерпретировать как гемодинамический.

Таблица 31 – Матрица факторных нагрузок на показатели центральной и церебральной гемодинамики у детей до занятия сноркелингом в конце курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики		Девочки		
	Factor r - 1	Factor - 2	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3
ЧСС	-0,25	0,03	0,19	0,20	<b>0,86</b>
САД	0,12	<b>0,89</b>	0,005	<b>-0,77</b>	-0,46
ДАД	0,04	<b>0,93</b>	0,06	<b>0,88</b>	0,29
ВРПВ	0,01	0,19	0,02	-0,09	0,26
РИ	0,20	0,64	<b>0,86</b>	0,01	0,18
ДИК	<b>0,87</b>	0,07	<b>0,96</b>	-0,01	-0,05
ДИА	0,60	0,62	<b>0,90</b>	-0,10	0,13
Авен/Аарт	<b>0,95</b>	0,07	<b>0,97</b>	-0,06	-0,03
ПВО	0,34	-0,56	-0,006	0,09	0,50
ПД	0,12	0,10	-0,04	<b>0,73</b>	0,24

При выполнении факторного анализа показателей гемодинамики у девочек было выделено три фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 67,87%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 35,52% – и высокие факторные нагрузки по переменным: РИ –  $r=0,86$ , ДИК –  $r=0,96$ , ДИА –  $r=0,90$ , Авен/Аарт –  $r=0,97$ . Этот фактор характеризует тонус, эластичность и кровенаполнение сосудов. Второй фактор является гемодинамическим процентным вкладом, которого от общей дисперсии – 17,69%. В этот фактор вошли показатели: САД –  $r= -0,77$ , ДАД –  $r=0,88$ , ПД –  $r=0,73$ . В третий фактор (процентный вклад от общей дисперсии – 14,54%) вошел ЧСС, %  $r=0,86$ , который также является гемодинамическим (табл. 31).

У мальчиков после сноркелинга в конце курса обучения с помощью метода главных компонент показателей гемодинамики были выделены два фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 62,0%. Первый фактор является гемодинамическим и имеет процентный вклад от общей дисперсии – 39,23% – и высокие факторные нагрузки по переменным: ДИК  $r=0,81$ , Авен/Аарт –  $r=0,71$ , ПВО –  $r=0,73$ . Данный фактор отражает тонус и эластичность сосудистой стенки. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии 23,77%. В этот фактор вошел показатель: САД –  $r=0,90$ , ДАД –  $r=0,88$  и его можно интерпретировать как гемодинамический (табл. 32).

Таблица 32 – Матрица факторных нагрузок на показатели центральной и церебральной гемодинамики у детей после занятия сноркелингом в конце курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики		Девочки		
	Factor r - 1	Factor - 2	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3
ЧСС	-0,15	0,03	0,28	0,07	0,34
САД	0,10	<b>0,90</b>	-0,44	<b>-0,85</b>	-0,22
ДАД	-0,02	<b>0,88</b>	-0,13	<b>0,88</b>	0,05
ВРПВ	0,01	0,19	0,02	0,05	0,06
РИ	0,66	0,27	<b>-0,89</b>	0,31	-0,02
ДИК	<b>0,81</b>	0,05	<b>-0,86</b>	0,05	0,46
ДИА	0,60	0,40	<b>-0,94</b>	0,08	0,14
Авен/Аарт	<b>0,71</b>	-0,11	<b>-0,91</b>	0,23	-0,006
ПВО	<b>0,73</b>	0,91	0,003	0,31	<b>-0,86</b>
ПД	0,17	0,10	-0,04	-0,15	-0,50

При выполнении факторного анализа показателей гемодинамики у девочек было выделено четыре фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 61,24%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 40,50% – и высокие факторные нагрузки по переменным: РИ –  $r= -0,89$ , ДИК –  $r=-0,86$ , ДИА –  $r= -0,94$ , Авен/Аарт –  $r=-0,91$ . Этот фактор характеризует тонус, эластичность сосудов и венозный отток. Второй фактор является гемодинамическим процентным вкладом, которого от общей дисперсии –

20,74%. В этот фактор вошли показатели: САД –  $r=0,-85$ , ДАД –  $r=0,88$ . В третий фактор (процентный вклад от общей дисперсии – 14,54%) вошел ПВО, %  $r=-0,86$ , который характеризует венозный отток (табл. 32).

*Факторный анализ показателей РЭГ в начале курса обучения дайвингу.* С помощью метода главных компонент показателей центральной и церебральной гемодинамики у мальчиков до погружения под воду с аквалангом были выделены четыре фактора (главные компоненты) с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 70,94%. В таблице 33 представлены факторные нагрузки на показатели гемодинамики после вращения. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 25,66% – и высокие факторные нагрузки по переменным: время распространения пульсовой волны (ВРПВ, с) –  $r=0,77$ , ДИА –  $r=0,78$ , Авен/Аарт –  $r=0,75$ . Данный фактор отражает тонус и эластичность сосудистой стенки, венозный отток. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии – 17,11%. Этот фактор является гемодинамическим и в него вошли показатели: САД –  $r=0,73$  и ДАД –  $r=0,87$ . В третий фактор (процентный вклад от общей дисперсии – 14,62%) вошел ПВО –  $r=0,92$ , характеризующий тонус сосудов, а также венозный отток. В четвертый фактор (процентный вклад от общей дисперсии – 13,55%) вошли показатели: РИ –  $r=0,70$ , ПД –  $r=0,90$  (табл. 33). Данный фактор отражает изменение кровенаполнения сосудов головного мозга.

С помощью факторного анализа данных было выделено у девочек 4 фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 73,11%. Первый фактор можно интерпретировать как гемодинамический, который имел процентный вклад от общей дисперсии – 25,96% – и высокие факторные нагрузки по переменным: ЧСС –  $r=0,81$ , САД –  $r=0,82$ , ДАД –  $r=0,81$ , ПД –  $r=0,72$ . Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии – 20,48%. В этот фактор вошел ДИК –  $r=0,83$ . Фактор можно представить как показатель, характеризующий величину тонуса сосудистой стенки и общего периферического сопротивления. В третий фактор (процентный вклад от общей дисперсии – 15,83%) вошли такие показатели, как ВРПВ –  $r=-0,71$ . Данный фактор можно

интерпретировать как показатель состояния тонуса экстракарниальных сосудов. Четвертый фактор (процентный вклад от общей дисперсии – 10,84%) включал в себя ПВО –  $r=0,91$  (табл. 33). Этот фактор отражает состояние оттока крови из полости черепа в сердце.

Таблица 33 – Матрица факторных нагрузок на показатели центральной и церебральной гемодинамики у детей до занятия дайвингом в начале курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики				Девочки			
	Factor r - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 4	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 4
ЧСС	-0,19	0,57	0,21	-0,14	<b>0,81</b>	-0,13	0,04	0,23
САД	-0,30	<b>0,73</b>	-0,34	0,17	<b>0,82</b>	-0,005	-0,22	-0,19
ДАД	0,16	<b>0,87</b>	0,13	-0,008	<b>0,81</b>	-0,17	0,08	-0,31
ВРПВ	<b>0,77</b>	-0,003	-0,01	0,26	0,10	0,01	<b>-0,71</b>	0,22
РИ	-0,03	0,23	-0,32	<b>0,70</b>	0,001	-0,10	<b>0,83</b>	0,03
ДИК	0,62	-0,24	-0,28	0,14	-0,03	<b>0,83</b>	-0,22	-0,08
ДИА	<b>0,78</b>	0,16	0,27	-0,14	0,26	0,37	0,20	-0,58
Авен\Аарт	<b>0,75</b>	-0,18	-0,34	-0,11	-0,27	0,64	-0,28	-0,40
ПВО	-0,05	0,01	<b>0,92</b>	0,10	-0,09	0,04	-0,02	<b>0,91</b>
ПД	0,03	-0,05	0,22	<b>0,90</b>	<b>-0,72</b>	0,19	0,32	0,30

При факторном анализе показателей гемодинамики у мальчиков после погружения под воду с аквалангом было выделено четыре фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 75,41%. В таблице 35 представлены факторные нагрузки на показатели структуры РЭГ после вращения. Первый фактор включал в себя показатели: РИ –  $r= -0,76$ , ДИК –  $r= -0,82$ , ДИА –  $r= -0,71$ , Авен\Аарт –  $r= -0,70$ . Процентный вклад первого фактора от общей дисперсии составил 29,85%. Данный фактор отражает тонус и эластичность стенки сосудов. Второй фактор (доля общей дисперсии – 17,62%) имеет высокие факторные нагрузки по переменным: САД –  $r= -0,82$  ДАД –  $r= -0,84$ , ВРПВ –  $r= -0,72$ . Третий фактор (доля общей дисперсии – 15,27%) включал в себя показатели ЧСС –  $r= -0,73$  и ПД –  $r=0,91$ . Второй и третий факторы являются гемодинамическими. В четвертый фактор (12,67%) вошел ПВО –  $r= -0,94$  (табл.

34), который характеризует тонус сосудов и венозный отток.

Таблица 34 – Матрица факторных нагрузок на показатели центральной и церебральной гемодинамики у детей после занятия дайвингом в начале курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики				Девочки		
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 4	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3
ЧСС	0,43	0,10	<b>-0,73</b>	0,18	<b>0,70</b>	-0,39	-0,02
САД	0,19	<b>-0,82</b>	0,32	0,01	<b>0,94</b>	0,05	0,12
ДАД	0,04	<b>-0,84</b>	-0,41	-0,06	<b>0,70</b>	-0,33	0,44
ВРПВ	0,09	<b>-0,72</b>	-0,17	0,02	0,26	0,30	-0,44
РИ	<b>-0,76</b>	0,07	0,13	0,16	-0,30	-0,58	0,35
ДИК	<b>-0,82</b>	0,09	0,01	0,35	-0,01	<b>0,75</b>	0,11
ДИА	<b>-0,71</b>	0,25	-0,01	-0,30	0,12	0,19	<b>0,74</b>
Авен/Аарт	<b>-0,70</b>	0,10	-0,10	-0,31	-0,18	<b>0,79</b>	0,29
ПВО	0,06	-0,03	0,002	<b>-0,94</b>	-0,17	-0,16	<b>-0,76</b>
ПД	0,12	0,17	<b>0,91</b>	0,08	0,64	0,42	-0,28

После занятия дайвингом у девочек при выполнении факторного анализа данных РЭГ уменьшилось число общих факторов, были выделены 3 главные компоненты с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 64,56%. Первый фактор – гемодинамический, который включал в себя показатели: ЧСС –  $r=0,70$ , САД –  $r=0,94$ , ДАД –  $r=0,70$ . Процентный вклад первого фактора от общей дисперсии составил 24,93%. Второй фактор (доля общей дисперсии – 21,54%) имеет высокие факторные нагрузки по переменным: ДИК –  $r=0,92$ , Авен/Аарт –  $r=0,79$ . Третий фактор (доля общей дисперсии – 14,90%) включал в себя ДИА –  $r=0,74$ , ПВО –  $r=-0,76$ . Второй и третий факторы характеризуют тонус и эластичность стенок сосудов, а также венозный отток (табл. 34).

*Факторный анализ показателей РЭГ в конце курса обучения дайвингу.* До занятия в конце курса обучения дайвингу с помощью метода главных компонент показателей гемодинамики у мальчиков были выделены четыре фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 73,59%. Первый

фактор характеризует тонус и эластичность сосудов и имеет процентный вклад от общей дисперсии – 23,23% – и высокие факторные нагрузки по переменным: ДИК –  $r=0,80$ , ДИА –  $r=0,73$ . Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии 20,36%. В этот фактор вошли показатели: САД –  $r=0,89$ , ДАД –  $r=0,93$ . В состав третьего фактора (процентный вклад от общей дисперсии – 17,37%) вошел ПД –  $r= -0,87$ . Четвертый фактор (процентный вклад от общей дисперсии – 11,22%) включал в себя ЧСС –  $r=0,88$ . Следует отметить, второй, третий и четвертый факторы можно интерпретировать как гемодинамические (табл. 35).

Таблица 35 – Матрица факторных нагрузок на показатели центральной и церебральной гемодинамики у детей до занятия дайвингом в конце курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики				Девочки			
	Factor r - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 4	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 4
ЧСС	-0,11	0,03	0,02	<b>0,88</b>	-0,19	<b>0,70</b>	-0,22	0,05
САД	0,14	<b>0,89</b>	-0,15	0,02	-0,01	<b>0,94</b>	-0,12	0,11
ДАД	-0,07	<b>0,93</b>	0,59	-0,001	0,02	<b>0,88</b>	0,29	0,04
ВРПВ	0,34	0,19	0,50	-0,54	0,02	-0,09	0,26	<b>-0,80</b>
РИ	0,36	-0,20	0,62	0,22	-0,10	0,11	0,18	<b>0,81</b>
ДИК	<b>0,80</b>	0,007	-0,03	-0,22	<b>0,91</b>	0,09	-0,05	-0,03
ДИА	<b>0,73</b>	-0,08	-0,16	-0,23	<b>0,87</b>	-0,06	-0,03	-0,17
Авен/Аарт	0,62	-0,08	0,12	0,45	<b>0,93</b>	-0,06	-0,03	0,05
ПВО	0,34	-0,56	0,15	0,09	-0,02	0,09	<b>0,83</b>	-0,07
ПД	0,18	0,10	<b>-0,87</b>	0,04	-0,06	<b>0,73</b>	-0,41	0,02

При выполнении факторного анализа показателей гемодинамики у девочек было выделено четыре фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 77,87%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии – 26,52% – и высокие факторные нагрузки по переменным: ДИК –  $r=0,1$ , ДИА –  $r=0,87$ , Авен/Аарт –  $r=0,93$ . Этот фактор характеризует тонус и эластичность сосудов. Второй фактор является гемодинамическим процентным вкладом, которого от общей дисперсии – 24,69%. В этот фактор вошли показатели: ЧСС –  $r=0,70$ , САД –  $r=0,94$ , ДАД –  $r=0,88$ . В третий фактор (процентный

вклад от общей дисперсии – 14,54%) вошел ПВО, %  $r=0,83$ , который характеризует тонус сосудов и венозный отток. В четвертый фактор (12,12%) вошли такие показатели как РИ –  $r=0,81$ , ВРПВ –  $r= -0,80$  (табл. 35). Данный фактор отражает кровенаполнение сосудов, а также их тонус.

У мальчиков после погружения под воду с аквалангом в конце курса обучения с помощью метода главных компонент показателей гемодинамики были выделены четыре фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 71,1%. Первый фактор является гемодинамическим и имеет процентный вклад от общей дисперсии – 25,23% – и высокие факторные нагрузки по переменным: ЧСС –  $r= -0,71$ , САД –  $r=0,9$ , ДАД –  $r=0,78$ . Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии 20,77%. В этот фактор вошел показатель: ДИА –  $r=0,89$ . В третий фактор (14,15%) вошли такие показатели, как ВРПВ –  $r= -0,88$ , Авен/Аарт –  $r=0,74$ . Второй и третий факторы отражают тонус и эластичность сосудистой стенки. Четвертый фактор (процентный вклад от общей дисперсии – 12,01%) включает в себя РИ,  $r=0,83$  (табл. 36) и свидетельствует о кровенаполнении сосудов головного мозга.

После занятия дайвингом в конце курса обучения при выполнении факторного анализа показателей гемодинамики у девочек были выделены четыре фактора с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 78,94%. Первый фактор отражает тонус и эластичность сосудистой стенки, а также венозный отток. Данный фактор имеет процентный вклад от общей дисперсии – 35,41% – и высокие факторные нагрузки по переменным: ДИК –  $r= -0,86$ , ДИА –  $r= -0,95$ , ПВО,  $r=0,70$ . Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии – 18,09%. Этот фактор можно интерпретировать, как гемодинамический в него вошли показатели: САД –  $r= -0,90$ , ДАД –  $r= -0,81$ . В третий фактор (14,15%) вошел РИ –  $r= -0,94$ , характеризующий кровенаполнение сосудов головного мозга. Четвертый фактор (10,55%) включил в себя ВРПВ –  $r= -0,94$ , который отражает тонус сосудов (табл. 36).

Таблица 36 – Матрица факторных нагрузок на показатели центральной и церебральной гемодинамики у детей после занятия дайвингом в конце курса обучения (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки  $|r| \geq 0,70$ )

	Мальчики				Девочки			
	Factor r - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 4	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 4
ЧСС	<b>-0,71</b>	0,04	0,15	0,26	-0,02	-0,21	0,62	0,25
САД	<b>0,96</b>	0,02	-0,11	-0,12	0,14	<b>-0,90</b>	-0,21	-0,17
ДАД	<b>0,78</b>	-0,27	-0,07	-0,35	-0,08	<b>-0,81</b>	0,48	0,08
ВРПВ	0,03	0,121	<b>-0,88</b>	0,06	0,11	-0,07	0,003	<b>-0,94</b>
РИ	-0,30	-0,15	-0,005	<b>0,83</b>	0,22	0,01	<b>-0,86</b>	0,29
ДИК	0,01	0,60	0,22	0,29	<b>-0,86</b>	0,08	0,29	0,05
ДИА	0,01	<b>0,89</b>	0,05	-0,02	<b>-0,95</b>	0,02	0,04	0,07
Авен/Аарт	-0,17	0,30	<b>0,74</b>	0,20	<b>-0,85</b>	0,13	0,25	0,01
ПВО	0,16	0,12	0,16	0,53	<b>0,70</b>	0,38	0,21	-0,13
ПД	<b>0,71</b>	0,28	0,06	0,32	0,25	<b>-0,70</b>	-0,09	-0,13

Методом факторного анализа показателей церебральной и центральной гемодинамики были выделены четыре фактора и определены наиболее информативные показатели для их оценки. Таким образом, факторный анализ показал, что гемодинамика головного мозга определяется тонусом и эластичностью сосудистых стенок, частотой сердечных сокращений, систолическим и диастолическим давлением.

### Заключение по главе

Результаты визуального и количественного анализа РЭГ выявили, что у детей зарегистрированы реоэнцефалограммы, характерные РЭГ здорового ребенка, основные показатели у мальчиков Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА и ПВО; у девочек Q<sub>x</sub>, Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА и ПВО во всех отведениях полушарий головного мозга были в пределах физиологической нормы.

Проведенные исследования влияния сноркелинга и подводных погружений с аквалангом на функциональное состояние центральной и церебральной гемодинамики у детей 12-лет позволили также выделить ряд особенностей. Так, установлено, что начале курса обучения после сноркелинга у детей отмечается

снижение РИ в фронто-мастоидальных (в бассейнах внутренних сонных артерий), а после дайвинга в у детей 12-летнего возраста отмечается: снижение кровенаполнения сосудов головного мозга в бассейнах внутренних сонных артерий у мальчиков, внутренних сонных и вертебрально-базилярного артерий у девочек (снижение РИ у мальчиков в фронто-мастоидальных отведениях, у девочек в фронто-мастоидальных и окципито-мастоидальных отведениях), а также снижение ЧСС и ПД, увеличение САД и ДАД как после сноркелинга, так и после дайвинга. Выявлено, что после сноркелинга в конце курса обучения отмечается: снижение кровенаполнения сосудов головного мозга в бассейнах внутренних сонных артерий у мальчиков (снижение РИ в фронто-мастоидальных отведениях), уменьшение ЧСС, снижение ПД, увеличение САД и ДАД. А после подводного погружения с аквалангом в конце курса обучения дайвингу у детей 12-летнего возраста отмечается: снижение кровенаполнения сосудов головного мозга в бассейнах внутренних сонных артерий (снижение РИ у мальчиков и девочек в фронто-мастоидальных отведениях), уменьшение ЧСС, снижение ПД, увеличение САД и ДАД. Это обусловлено повышением тонуса блуждающего нерва, обусловленный, по нашему мнению, не только реакцией на нагрузку, но и влиянием специфических свойств водной и газовой сред.

Результаты факторного анализа позволяют сделать следующие заключение, что у детей группы сноркелинга и юных дайверов функциональное состояние центральной и церебральной гемодинамики, в первую очередь определяется тонусом и эластичностью сосудистой стенки, а также ЧСС, САД и ДАД. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности проведения на практике оценки функционального состояния гемодинамики головного мозга у детей, основанной на показателях РЭГ и центральной гемодинамики.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенное исследование посвящено проблеме состояния биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга детей 12-ти лет, проходивших сертификационный курс по программе Open water diving.

*Факторы, действующие на дайвера.* Известно, что при занятиях дайвингом на организм человека воздействуют неблагоприятные факторы, к которым особенно чувствительна центральная нервная система: наркотическое действие азота, изменение видимости и слышимости под водой, токсическое воздействие кислорода и др. [Следков А.Ю. с соавт., 2003; Чернов В.И., 2004; Levett D.Z.H. et al, 2008].

Кратко характеризуя сущность факторов, действующих на организм дайвера, можно отметить, что к группе техногенных относятся все моменты, связанные с нарушениями или отказами дайверского снаряжения, задействованного при погружениях под воду с аквалангом. При этом наиболее сложными и ответственными этапами подводного погружения с аквалангом являются начало занятия, вход в воду, плавание под водой и заключительный этап – выход из воды [Шитов А.Ю., 2007; Андрусенко А.Н., 2010; Зверев Д.П., 2011]. Антропогенные факторы риска при определенных обстоятельствах могут также привести к нарушению функций организма и как следствие – возникновению травм и заболеваний [Следков А.Ю. с соавт., 2003; Смолин В.В. с соавт., 2006].

Факторы риска, обусловленные спецификой дайвинга, складываются из воздействия на организм человека гравитационных перегрузок, мощных психологических факторов и потенциально опасных факторов водной и газовой сред (глубокий вакуум, гипотермия, опасные подводные животные и т.д.) [Следков А.Ю. с соавт., 2003; Смолин В.В. с соавт., 2006; Зверев Д.П., 2011]. На рисунке 19 приводятся факторы водной и газовой сред воздействующие на организм человека при занятиях дайвингом.

Помимо экзогенных факторов на дайвера воздействуют и эндогенные. При этом эндогенные факторы, определяемые соотношением устойчивости и пластичности адаптационно-защитных механизмов организма, в определенной ме-

ре зависят от ряда экзогенных факторов подводных погружений с аквалангом, вызывающих напряжение регуляторных систем. К эндогенным факторам мы относим такие, как напряжение регуляторных систем организма, снижение уровня функциональных резервов и проявление скрытых патологий.

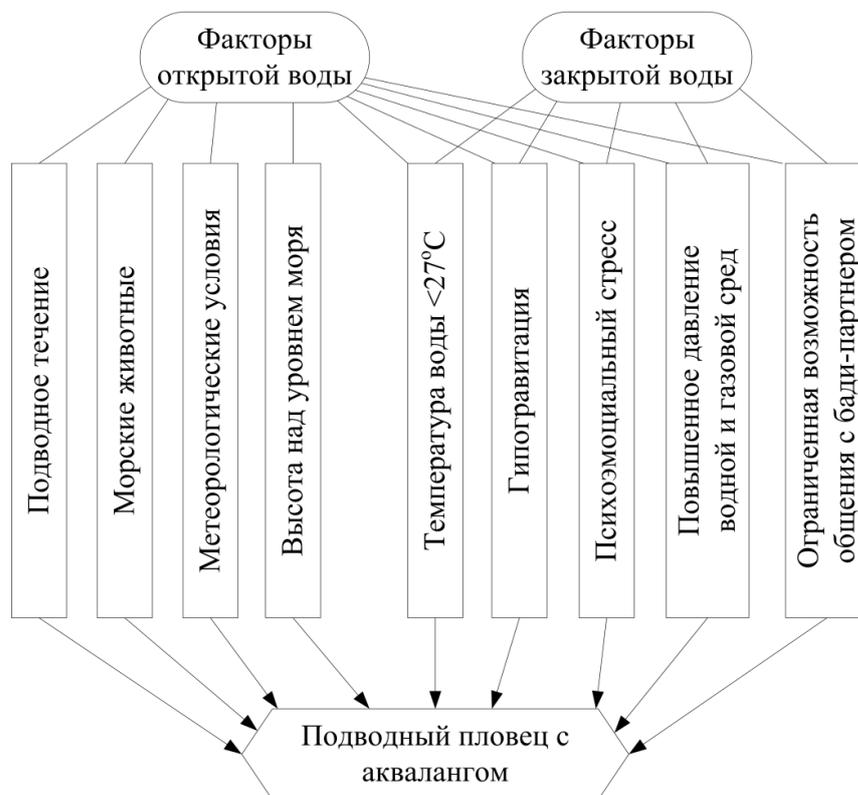


Рисунок 29 – Факторы, воздействующие на организм дайвера в условиях гипербарической среды.

Важно отметить, что напряжение регуляторных систем снижает уровень функциональных резервов организма и может привести к еще большему напряжению регуляторных систем, в результате чего происходит включение дополнительных и резервных возможностей организма, что при определенных условиях вызывает развитие стресс-синдрома, и в результате – срыв адаптационно-защитных сил организма. При этом возможно проявление скрытых ранее патологий, что само по себе чревато серьезными нарушениями в условиях подводного плавания с аквалангом и может поставить под угрозу здоровье и жизнь дайвера [Ушаков И.Б. с соавт., 2005; Судаков К.В., 2006].

Появление большого количества дайверов-любителей, а также полное отсутствие медицинского контроля при погружениях с аквалангом под воду при-

водит к тому, что уровень заболеваемости у дайверов-любителей превышает заболеваемость профессиональных водолазов [Мясников А.А., 2001; Ушаков С.С., 2005]. Показано также, что во время пребывания в экстремальных условиях приблизительно у 50% людей диагностировали неврологические расстройства, которые были связаны с нарушением тонуса сосудов [Møllerlækken A. et all, 2010], ухудшением кровообращения головного мозга [Fereshtehnejad S.-M. et all, 2012]; а также негативные изменения показателей ЭЭГ [Murrison A.W. et all, 1995; Grønning M. et all, 2005; Rüeegger M. et all, 2012]. Таким образом, для решения поставленных задач была проведена оценка функционального состояния биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей 12-летнего возраста при прохождении ими курса обучения дайвингу в условиях закрытой воды.

В ходе исследования были изучены показатели биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей, которые регистрировались в начале и конце курса обучения сноркелингу и дайвингу, до и, непосредственно, после занятия. В исследовании приняли участие мальчики и девочки 12-ти лет. Электроэнцефалографическое и реоэнцефалографическое исследования позволили проанализировать особенности биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей при занятиях сноркелингом и дайвингом.

*ЭЭГ у детей в нормобарических условиях в начале курса обучения их сноркелингу и дайвингу.* Изучение возрастных особенностей биоэлектрической активности головного мозга является необходимым условием для дальнейшего развития теоретического понимания о формировании функций мозга и психических процессов. Следует отметить, что в современной зарубежной и отечественной литературе существует много сведений противоречащих друг другу об особенностях биоэлектрической активности головного мозга у детей 12-ти лет. Так, например, Т.С. Kristina (2010) в своих исследованиях отмечает, что у детей 10-12-ти лет в затылочных областях коры головного мозга уже сформирован единый доминирующий ритм (альфа-ритм), характерный для взрослого человека [Kristina T.C. et all, 2010]. В других исследованиях показано, на ЭЭГ

продолжают регистрироваться тета- и дельта-ритмы, что является возрастной нормой [Новикова А.А., 1994; Семенова Н.Ю., 2006; Алиева Т.А. с соавт., 2010].

Результаты проведенного исследования показали, что у всех детей 12-ти лет при нормобарических условиях в состоянии спокойного бодрствования при закрытых глазах выявили хорошо выраженное доминирование альфа-ритма в затылочных областях коры головного мозга. Из данных научной литературы известно, что синхронизация альфа-ритма при закрытых глазах в затылочных областях головного мозга вызвана блокировкой зрительных входов к затылочным областям и ритмической активностью таламических ядер, поэтому затылочный альфа-ритм называют ритмом «холостого хода» затылочной коры [Цыган В.Н., 2008; Кропотов Ю.Д., 2010]. Однако следует отметить тот факт, что механизмы генерации альфа-ритма еще полностью не известны.

Анализ мощности бета-ритма при закрытых глазах показал, что наибольшая мощность этого диапазона у мальчиков и девочек двух групп была зарегистрирована в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. При открытых глазах у мальчиков, занимающихся сноркелингом данный ритм доминировал в затылочных областях обоих полушарий головного мозга, в то время как у юных дайверов – у мальчиков в височной и центральной областях правого полушария, у девочек в лобной области правого полушария и теменной области левого полушария головного мозга. Однако показатели у детей двух групп не имели статистически достоверных различий по мощности бета-ритма. Установлено, что наибольшая мощность данного ритма регистрируется при сознательной концентрации внимания на внешнем объекте и при активном бодрствовании [Алиева Т.А. с соавт., 2010].

Анализ ЭЭГ у детей при закрытых глазах выявил, что наибольшая мощность тета-ритма зарегистрирована, у занимающихся сноркелингом – у мальчиков в лобной и затылочной областях правого полушария головного мозга, у девочек – в центральной области левого полушария и затылочных областях обоих полушарий. А у группы дайверов – в затылочных областях

обоих полушарий головного мозга. Во время проведения функциональной пробы с открыванием глаз у испытуемых отмечалась реакция активации, которая выражалась в десинхронизации корковой ритмики [Фарбер Д.А. с соавт., 1972]. При этом усиления медленноволновой активности на ЭЭГ выявлено не было. При открытых глазах данный ритм доминировал у мальчиков в лобной и центральной областях правого полушария, а до дайвинга в лобной области правого полушария, центральных областях обоих полушарий коры головного мозга. В то время как у девочек, занимающихся дайвингом и снорклингом – в затылочных областях обоих полушарий головного мозга.

При изучении распределения спектральной мощности ЭЭГ в дельта-диапазоне в покое было установлено, что наибольшая мощность ритма была зарегистрирована в лобных областях обоих полушарий головного мозга у всех мальчиков. А у девочек данный ритм локализовался в лобной области правого полушария и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. Следует отметить, что мощность дельта-ритма у девочек была ниже, чем у мальчиков. Доминирование тета- и дельта-ритмов на ЭЭГ у детей 12-ти лет, по нашему мнению, отражает высокую активность подкорковых структур головного мозга, и это связано с началом полового созревания, возрастающим влиянием гипоталамо-гипофизарно-эндокринных систем, увеличением содержания в крови половых гормонов. Полученные результаты о наличии на ЭЭГ у детей 12-летнего возраста тета- и дельта-ритмов согласуются с данными Л.Р. Зенкова (2012).

В исследованиях И.А. Аршавского (1975) показано, что ЭЭГ мальчиков и девочек отличается, т.к. общее физиологическое созревание отличается по срокам [Сергеева Е.Г., 2009]. Так, в процессе онтогенеза максимум частоты альфа-ритма регистрируется у мальчиков к 12-13-ти годам, у девочек – к 15-17 годам [Сергеева Е.Г., 2009]. В работе Е.А. Панасевич (2009) отмечается, что к особенностям биоэлектрической активности головного мозга, которые связаны с полом, не имеющих зависимости от стадии полового созревания относится большая возрастная изменчивость ЭЭГ у девочек по сравнению с мальчиками.

Данная особенность проявляется у мальчиков в более высоких показателях амплитуды и индекса альфа-ритма в затылочных областях коры головного мозга. В то время как у девочек в 12 лет проявляется тенденция к более высоким значениям индекса бета-ритма [Панасевич Е.А., 2009].

Многие ученые в своих работах отмечают, что половых различий в биоэлектрической активности головного мозга детей 12 лет на ЭЭГ не регистрируется [Иванов А.Б., 2002; Аршидзе Н.В., 2004; Кустубаева А.М., 2012; Дадаева Х.Х., 2012]. Результаты нашего исследования не согласуются с этими данными. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что мощность дельта-ритма у девочек достоверно ниже, чем у мальчиков.

Также следует отметить, что у мальчиков группы сноркелинга мощность альфа-ритма была ниже в затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга, по сравнению с занимающимися дайвингом. При сравнении показателей мощности тета-ритма у мальчиков групп дайвинга и сноркелинга – в лобной области левого полушария, центральных и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. В то время как у девочек, занимающихся дайвингом мощность тета-ритма была достоверно выше чем у детей группы сноркелинга в центральной области правого полушария и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга.

Установлено, что на ЭЭГ в начале курса обучения после сноркелинга альфа-ритм преимущественно локализовался в затылочных областях, а после дайвинга в центральных и затылочных областях головного мозга. При открытых глазах у мальчиков группы сноркелинга достоверное увеличение мощности альфа-ритма было зарегистрировано в теменной области левого полушария, затылочных областях обоих полушарий, а у детей группы дайверов во всех областях обоих полушарий ( $P < 0,05$ ), за исключением височной и затылочной области правого полушария коры головного мозга. При этом у девочек группы дайверов значительных изменений мощности данного ритма на ЭЭГ не отмечалось, а у занимающихся сноркелингом достоверное ( $P < 0,05$ ) увеличение было зарегистрировано в затылочной области левого полушария. Наши исследования

свидетельствуют о том, что при занятиях дайвингом не происходит супрессии альфа-ритма как при закрытых, так и при открытых глазах. Учитывая природу генерации и нейрофизиологические механизмы распространения альфа-осцилляций у человека в состоянии относительного покоя, можно предположить, что дайвинг оптимизирует функциональное состояние ЦНС.

Анализ ЭЭГ не выявил достоверных изменений мощности бета-ритма у детей после сноркелинга и дайвинга. Полученные результаты свидетельствуют о том, что после занятия сноркелингом и дайвингом не отмечалось умственного напряжения, что согласуется с данными литературы [Алиева Т.А. с соавт., 2010]. Следует отметить, что десинхронизация бета-ритма может сопровождаться снижением мощности альфа-ритма [Кропотов Ю.Д., 2010].

Согласно полученным данным после однократного занятия сноркелингом и погружения под воду с аквалангом у детей отмечалось снижение биоэлектрической активности головного мозга в дельта- и тета-диапазонах. Так, после занятия сноркелингом и дайвингом зарегистрировано достоверное снижение дельта-ритма во всех областях коры головного мозга. Также отмечалось снижение мощности тета-ритма после сноркелинга у мальчиков в лобной области левого полушария и затылочной области правого полушария головного мозга. А после дайвинга достоверное снижение данного ритма было зарегистрировано в лобной области левого полушария, центральных и затылочных областях, а у девочек групп сноркелинга и дайвинга во всех областях обоих полушарий, за исключением височной области левого полушария головного мозга.

Важно отметить, что тета-ритм принадлежит к отдельной категории ритмов головного мозга. Его генерация осуществляется при реципрокном взаимодействии между нейронами перегородки (область, включающая среднюю перегородку и диагональную зону Брока) и гиппокампа. В формировании тета-ритма участвуют и другие мозговые структуры: парагиппокампальная кора, передняя поясная извилина, мамиллярные тела гипоталамуса, медиадорсальное ядро таламуса. Генерация дельта-колебаний обусловлена активностью нейро-

нов коры головного мозга и таламуса [Кропотов Ю.Д., 2010]. Также с возрастом происходит снижение мощности биоэлектрической активности в тета- и дельта-диапазонах [Сергеева Е.Г., 2009].

Следует отметить, что при негативных изменениях биоэлектрической активности головного мозга после неврологической декомпрессионной болезни на ЭЭГ у водолазов регистрируются диффузная медленноволновая активность [Murrison A.W. et all, 1995; Grønning M. et all, 2005], эпилептические знаки, а также могут отмечаться эпилептиформные припадки [Rüegger M. et all, 2012]. Результаты проведенного исследования показали, что у детей данного возраста после погружения под воду с аквалангом происходит снижение мощности медленноволновой биоэлектрической активности головного мозга (дельта- и тета-ритмов).

*ЭЭГ у детей в конце курса обучения их сноркеленгу и дайвингу.* Анализ ЭЭГ в конце курса обучения дайвингу выявил, что после погружения под воду на ЭЭГ отмечалось увеличение амплитуды альфа-волн до 70 мкВ, а после сноркелинга до 65 мкВ. При этом альфа-ритм преимущественно локализовался в центральных и затылочных областях коры головного мозга, как у мальчиков, так и у девочек. Согласно классическим представлениям [Цыган В.Н., 2008; Кропотов Ю.Д., 2010] увеличение значений (индекс, амплитуда, мощность) альфа-ритма на ЭЭГ здорового человека отмечается при увеличении активности нейронов специфических и неспецифических ядер зрительного бугра (таламуса). Полученные результаты свидетельствуют о том, что при занятиях дайвингом дети не испытывали высокого эмоционального стресса, напряжения внимания, чувства страха, что согласуется с результатами исследований, проведенных ранее [Цыган В.Н., 2008; Зенков Л.Р., 2012; Davidson R.J., 1999].

После сноркелинга и дайвинга у мальчиков и девочек не было зарегистрировано признаков сонливости, гипоксического воздействия на ЦНС, о чем свидетельствует отсутствие изменений мощности бета-ритма как при закрытых, так и при открытых глазах. Следует отметить, что снижение амплитуды ритма

данного диапазона ЭЭГ более чем на 50% уже предполагает наличие патологии ЦНС [Кропотов Ю.Д., 2010], а А.Б. Иванов (2002) отмечает, что при гипоксии показатели бета-ритма имеют тенденцию к увеличению.

В конце курса обучения детей сноркелингу, после занятия тета-ритм достоверно ( $P < 0,05$ ) снизился у мальчиков в лобной области левого полушария, центральной области правого полушария, затылочных областях обоих полушарий головного мозга. После дайвинга у мальчиков тета-ритм достоверно ( $P < 0,05$ ) снижался во всех областях, за исключением лобной и височной областей правого полушария головного мозга. В то время как у девочек группы сноркелинга и дайвинга мощность данного ритма достоверно ( $P < 0,05$ ) уменьшилась в лобной и височной областях правого полушария, центральных областях обоих полушарий коры головного мозга. Исследование мощности дельта-ритма у детей после занятия сноркелингом и дайвингом в конце курса обучения показало, что произошло его достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение его мощности во всех областях коры головного мозга. Важно отметить, что при этом дельта-ритм до погружения под воду был достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже, чем до занятия в начале курса обучения дайвингу. Следовательно, основываясь на собственных результатах и данных литературы можно предположить, в процессе обучения детей дайвингу не отмечается снижение функциональной активности коры головного мозга и скорости протекания психических процессов [Чуян Е.Н. с соавт., 2008; Алиева Т.А. с соавт., 2010; Дадаева Х.Х., 2012; Спиридонова М.Д., 2013; Goldman R.I. et al., 2002; Nithiya A.S. et al., 2013].

*Показатели центральной и церебральной гемодинамики.* В нашей работе были также изучены особенности гемодинамики головного мозга у детей до и после занятия в начале и конце курса обучения сноркелингу и дайвингу.

Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы человека в определенной степени зависят от возраста. Изменение мозговой гемодинамики в процессе роста и развития связано с морфофункциональными особенностями строения сосудистой сети головного мозга детей и подростков [Трошин В.Д. с соавт., 1999; Железкова А.А. с соавт., 2010]. Гемодинамика головного мозга у

детей отличается от мозгового кровотока у взрослых лабильностью и интенсивностью. Важно отметить, что с возрастом происходит изменение периферического звена системы кровообращения, снижение эластичности сосудистой стенки, повышение ее тонуса и снижение пульсового кровенаполнения [Игнотасян А.Г., 2008]. В пубертатном периоде отмечается специфический нейрогормональный профиль, происходит изменение регуляции тонуса сосудов. Также отмечается физиологическая гиперфункция гипоталамо-гипофизарной и симпатно-адреналовой систем, что оказывает влияние на деятельность сердечно-сосудистой системы и на характер степени повышения сосудистого тонуса. Вегетативно-эндокринные сдвиги в этом периоде приводят к значительным изменениям в его регуляции [Игнотасян А.Г. с соавт., 2008].

*РЭГ у детей при нормобарических условиях в начале курса обучения их сноркеленгу и дайвингу.* В начале и конце курса обучения дайвингу до и после сноркелинга и дайвинга визуальный анализ РЭГ показал, что у большинства детей реоэнцефалограмма соответствовала характеристикам здорового человека. Количественный анализ данных показал, что у детей до погружения значения основных реографических показателей (у мальчиков: Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО; у девочек: Q<sub>x</sub>, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО) соответствовали физиологической возрастной норме.

В исследованиях F. Lemaitre (2009) показано, что при однократном погружении с аквалангом на небольшую глубину длительностью 30 мин у детей не происходит образования газовых пузырьков венозных и артериальных сосудах и не отмечается изменение тонуса сосудов, нарушение кровообращения головного мозга [Lemaitre F. et all, 2009]. Полученные нами данные о гемодинамике головного мозга согласуются с результатами исследований F. Lemaitre et all (2009). Следует отметить, что стабильность кровообращения головного мозга является важнейшим условием обеспечения жизнедеятельности организма и выживания в различных условиях окружающей среды [Козырева Т.В., 2005; Митрофанова А.В., 2011; Drew K.L. et all, 2004].

После занятия сноркелингом и дайвингом у детей значения показателей

РЭГ (у мальчиков: Авен/Аарт, Альфа 2, ДИК, ДИА, ПВО; у девочек: Q<sub>x</sub>, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО) также находились в пределах физиологической нормы. При этом было выявлено достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение РИ у детей после сноркелинге в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга. А после дайвинга у мальчиков реографический индекс достоверно ( $P < 0,05$ ) снизился в фронто-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга, у девочек в фронто-мастоидальных и окципито-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга. Данные изменения могут свидетельствовать о снижении у детей кровенаполнения после сноркелинга в бассейнах внутренних сонных артерий, а после дайвинга в – бассейнах внутренних сонных артерий у мальчиков, и в бассейнах внутренних сонных и вертебрально-базилярных артерий головного мозга у девочек [Шидловская Ю.А., 2010]. Следует отметить, что полученные данные согласуются с результатами исследования S.-M. Fereshtehnejad (2012), в котором показано, что после погружения под воду с аквалангом у дайверов регистрируется снижение кровотока головного мозга. Полученные данные дают основание предполагать, что снижение мозгового кровотока у детей после дайвинга обусловлено гипотермией, и увеличением сопротивления сосудов, что согласуется с результатами других исследователей. После занятия сноркелингом и дайвингом была зарегистрирована тенденция к снижению ДИК во всех отведениях обоих полушарий головного мозга в пределах их возрастной физиологической нормы, что свидетельствует о снижении тонуса сосудов головного мозга.

*РЭГ у детей в конце курса обучения их сноркеленгу и дайвингу.* Количественный анализ данных выявил, что у детей в конце курса обучения до занятия сноркелингом значения основных реографических показателей (у мальчиков: Q<sub>x</sub>, Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО; у девочек: РИ, Q<sub>x</sub>, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО), а до погружения (у мальчиков: Q<sub>x</sub>, Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО; у девочек: Q<sub>x</sub>, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО) также соответствовали физиологической возрастной норме. Показатели Альфа, Альфа 1 во всех отведениях обоих полушарий головного мозга были выше физиологиче-

ской нормы, в начале и конце курса обучения сноркеллингу и дайвингу до и после занятия.

Известно, что влияние физической нагрузки на кровообращение и адаптацию сосудов головного мозга к нагрузке представляют особый интерес потому, что головной мозг регулирует функции всего организма [Кривец Е.В., 2001]. Важно отметить, что при погружении под воду с аквалангом увеличивается венозный отток к сердцу и повышается объем крови во внутренних органах. Кровь скапливается в венозной системе, а также в органах-депо крови (печени, легких, селезенке). Однако, в более теплой воде данный эффект может и не наблюдаться либо быть незначительным [Смолин В.В. с соавт., 2001].

Количественный анализ данных полученных после занятия сноркеллингом показал, что значения реографических показателей у мальчиков:  $Q_x$ , Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО; у девочек: РИ,  $Q_x$ , Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО, а после дайвинга у мальчиков:  $Q_x$ , Альфа 2, Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО; у девочек:  $Q_x$ , Авен/Аарт, ДИК, ДИА, ПВО, так же как и до занятия, соответствовали физиологической возрастной норме. Вероятно, этот факт обусловлен отсутствием реакции резистивных сосудов на плавание под водой с аквалангом. В то же время было отмечено уменьшение значений РИ у детей группы дайверов и у мальчиков группы сноркеллинга в фронто-мастоидальных отведениях ( $P < 0,05$ ). Это указывает на снижение кровенаполнения сосудов головного мозга в бассейнах внутренних сонных артерий. Также, у детей после занятия дайвингом и у мальчиков после сноркеллинга была зарегистрирована тенденция к снижению ДИК во фронто-мастоидальных отведениях отведениях головного мозга в пределах их возрастной физиологической нормы, что свидетельствует о снижении тонуса сосудов головного мозга.

Сравнение полученных результатов исследования РЭГ у детей в начале и конце курса обучения свидетельствуют о снижении кровенаполнения сосудов головного мозга, что по нашему мнению и данным литературы, связано с общей гипотермией [Nelson M.D. et all, 2011], изменением САД, ДАД и ЧСС [Peng T. et all, 2008].

Известно, что неисправность оборудования и неблагоприятные условия водной среды во время занятия дайвингом приводят к возникновению у человека стресса, вызывают нарушение кровообращения [Spicker M. et all, 2011]. При плавании под водой с аквалангом образуются пузырьки инертного газа, проникновение их в головной мозг влечет за собой серьезные структурные изменения, разрушение миелиновых оболочек [Muth C.-M. et all, 2007; Spicker M. et all, 2011]. Кроме того, газовые пузырьки при этом вызывают повышение церебрального перфузионного давления [Goreman D.F., 1987]. Возникшая венозно-газовая эмболия приводит к внутримозговым вазоспазмам, что проявляется изменениями в ЦНС, симптомами которых являются головная боль, вялость, лихорадка и боль [Goreman D.F., 1987; Spicker M. et all, 2011].

*Центральная гемодинамика у детей, занимающихся сноркеленгом и дайвингом.* Полученные данные до занятия сноркелингом и дайвингом позволяют заключить, что показатели центральной гемодинамики у детей данного возраста соответствовали возрастной физиологической норме [Макаров Л.М., 2000; Васильева Р.М., 2009].

В ходе исследований реакции центральной гемодинамики на влияние факторов водной и газовой сред было выявлено, что после сноркелинга и дайвинга у детей 12-ти лет отмечается достоверное ( $P < 0,05$ ) снижение частоты сердечных сокращений. Это свидетельствует о том, что у всех детей после погружения наблюдается выраженный отрицательный хронотропный эффект, вызванный повышением тонуса блуждающего нерва, обусловленный, по нашему мнению, не только реакцией на нагрузку, но и влиянием специфических свойств водной и газовой сред [Аикин В.А. с соавт., 2010; Аикин В.А. с соавт., 2011]. Также после сноркелинга и подводного погружения с аквалангом у мальчиков и девочек было зарегистрировано достоверное снижение ПД, повышение САД и ДАД. Важно отметить, что такая реакция сердечно-сосудистой системы может, объясняется уменьшением сердечного выброса, вызванного действием повышенного давления водной среды [Yamauchi K. et all, 2002; Spicker M. et all, 2011].

При исследовании центральной гемодинамики после сноркелинга и дайвинга в конце курса обучения были получены данные, свидетельствующие об однонаправленной реакции сердечно-сосудистой системы на занятия дайвингом. При этом зарегистрировано снижение ЧСС и ПД, увеличение показателей САД и ДАД. В исследованиях Н.И. Саповой (1992) отмечается, что брадикардия обусловлена в основном действием гипероксии. Следует отметить, что под влиянием гипероксии отмечается сужение кровеносных сосудов сетчатки глаза, сердца, головного мозга, почек и покровов тела [Андрусенко А.Н., 2010]. Снижение ЧСС, изменение артериального давления после погружения под воду с аквалангом, по нашему мнению, является следствием адаптации сердечно-сосудистой системы детей к гипербарическим условиям водной среды и повышение тонуса вагуса [Аикин В.А. с соавт., 2011].

Нами установлено, что при занятиях сноркелингом и дайвингом происходит изменение функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека. Установлена типичная реакция центральной гемодинамики на занятие сноркелингом и погружение под воду с аквалангом в процессе курса обучения сноркелингу и дайвингу – снижение ЧСС, величины ПД, повышение САД и ДАД. Другими исследователями было отмечено замедление скорости кровотока, уменьшение количества циркулирующей крови, ударного и минутного объемов крови [Gabrielsen A. et all, 2000; Flouris A.D. et all, 2009]. В исследованиях A. Gabrielsen et all (2000), Kinoshita T. et all (2006) отмечается, что такого рода изменения могут возникать в результате повышения чувствительности барорецепторов, увеличения тонуса вагуса и повышения парасимпатической активности. Данные изменения со стороны показателей центральной гемодинамики могут характеризоваться как компенсаторно-приспособительные реакции, направленные на уменьшение поступления кислорода в жизненноважные органы [Зверев Д.П., 2011].

Сравнительный анализ влияния занятий дайвингом и сноркелингом на биоэлектрическую активность и гемодинамику головного мозга. Не вызывает сомнения то, что для сохранения здоровья и профилактики неблагоприятных

изменений у детей, занимающихся сноркелингом и дайвингом необходимо учитывать возрастные особенности занимающихся.

Результаты исследования особенностей биоэлектрической активности головного мозга, центральной и церебральной гемодинамики у юных дайверов и детей контрольной группы свидетельствуют о наличии отличий реакции детей на факторы водной и гипербарической среды.

По результатам проведенного обследования было установлено, что до занятия сноркелингом и дайвингом паталогических изменений биоэлектрической активности головного мозга, центральной и церебральной гемодинамики выявлено не было. Однако, у детей, занимающихся дайвингом мощность дельта-ритма до занятия была достоверно выше, чем у детей группы сноркелинга. Из данных литературы следует, что увеличение мощности дельта-ритма во всех областях головного мозга регистрируется при тревожном ожидании [Чуян Е.Н. с соавт., 2008].

После занятия сноркелингом и дайвингом в начале и конце курса обучения детей отмечается достоверное снижение мощности дельта-ритма. Установлено, что у детей после погружения под воду с аквалангом мощность дельта-ритма была выше, чем у детей, занимающихся сноркелингом. В исследованиях С.С. Ушакова (2005) показано, что после занятия дайвингом дети жалуются на чувство беспокойства, которое оценивается как лабильность подростковой психики. Следует отметить, что после занятия дайвингом мощность альфа-ритма достоверно выше у детей, занимающихся дайвингом. Анализ полученных данных позволяет предположить, что дайвинг при соблюдении правил подводных погружений с аквалангом, а также учетом возрастных особенностей не вызывает патологических изменений в ЦНС.

При сравнении результатов исследования центральной и церебральной гемодинамики у детей групп сноркелинга и дайвинга выявлены достоверные различия. Так, ЧСС до занятия была достоверно выше у юных дайверов. После занятия сноркелингом и дайвингом отмечалось достоверное снижение ЧСС, однако достоверных различий между детьми групп дайвинга и сноркелинга не

было зарегистрировано.

Исследование показателей церебральной гемодинамики в начале курса обучения выявило достоверное снижение РИ у детей контрольной группы группы и у мальчиков-дайверов в фронто-мастоидальных отведения, а у девочек из группы дайвинга – во всех отведениях головного мозга. Выявлены достоверные отличия у девочек в РИ после занятия, так данный показатель был достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже у девочек, занимающихся дайвингом.

Анализ показателей церебральной гемодинамики выявил достоверные отличия у девочек групп дайвинга и сноркелинга в конце курса обучения. Так, РИ до занятия был достоверно ( $P < 0,05$ ) выше у девочек группы сноркелинга в окципито-мастоидальных отведениях обоих полушарий головного мозга. После занятия данный показатель был достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже у девочек, занимающихся дайвингом, чем у девочек группы сноркелинга. Подобные различия в церебральной гемодинамики по нашему мнению могут быть связаны с общей гипотермией [Nelson M.D. et al, 2011].

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что адаптивные возможности детей проявились в отсутствии патологических изменений в ЦНС при обучении их дайвингу. Это доказывает возможность дальнейших занятий детей дайвингом при условии строгого медицинского контроля и соблюдения правил безопасности подводных погружений с аквалангом.

*Дисперсионный и факторный анализ данных ЭЭГ и РЭГ.* При проведении дисперсионного анализа выявлено, что в нормобарических условиях данные биоэлектрической активности головного мозга у испытуемых двух групп достоверно отличаются друг от друга. Однако достоверных отличий по показателям церебральной гемодинамики у мальчиков групп сноркелинга и дайвинга обнаружено не было. Следует отметить, что ЧСС у детей группы дайверов достоверно выше, чем у детей группы сноркелинга. Дисперсионный анализ выявил достоверные отличия между занимающимися сноркелингом и дайвингом по реографическому индексу.

Применение в данном исследовании многомерного факторного анализа

позволило решить две важные проблемы: описать объект измерения всесторонне и в то же время компактно. Была сформирована база данных исходных показателей, характеризующих особенности биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга, проведена первичная статистическая обработка данных. Произведена интерпретация полученной факторной структуры, выявлены диагностические значимые факторы.

В факторную структуру ЭЭГ вошли: показатели биоэлектрической активности головного мозга (альфа-, тета- и дельта-ритмы). Результаты факторного анализа позволяют сделать следующее заключение: у детей, как до занятия снорклингом и дайвингом, так и после занятия, в начале и в конце курса обучения особенностью биоэлектрической активности головного мозга является наличие на ЭЭГ медленноволновой активности.

В факторную структуру РЭГ вошли: ДИК, ДИА, Авен/Аарт, ПВО, ЧСС, САД и ДАД. Результаты факторного анализа показателей биоэлектрической активности головного мозга, центральной и церебральной гемодинамики как до, так и после снорклинга и дайвинга, в начале и в конце курса обучения позволяют сделать следующие заключение: у группы снорклинга и юных дайверов функциональное состояние ЦНС в первую очередь определяется уровнем функциональной активности коры головного мозга, тонусом и эластичностью сосудистой стенки, а затем – ЧСС, САД и ДАД. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности проведения на практике оценки функционального состояния биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей, основанной на показателях ЭЭГ и РЭГ.

Данные факторного анализа позволили выявить показатели биоэлектрической активности и кровоснабжения головного мозга, которые могут быть использованы в качестве критериев оценки адаптационно-компенсаторных реакций организма ребенка к подводным погружениям с аквалангом, а также для контроля за состоянием здоровья юных дайверов и детей, занимающихся снорклингом.

Исходя из результатов эксперимента, нами были определены границы

нормы для показателей центральной и церебральной гемодинамики, биоэлектрической активности головного мозга до и после сноркелинга и дайвинга. Полученный при исследовании материал лег в основу алгоритма оценки функционального состояния центральной нервной системы и мозговой гемодинамики у детей 12-ти лет при занятиях сноркелингом и дайвингом. Отклонения показателей от физиологической нормы исключали возможность осуществления погружения под воду с аквалангом. Разработанный нами алгоритм оценки функционального состояния позволяет контролировать процесс обучения детей дайвингу и минимизирует несчастные случаи при подводных погружениях с аквалангом [Поддубный С.К. с соавт., 2011].

Результаты проведенного нами исследования свидетельствуют о необходимости учета возрастных критериев биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга в норме при занятиях дайвингом, анализ ЭЭГ и РЭГ в клинике при постановке диагноза. Успешное использование методов ЭЭГ и РЭГ для диагностики функционального состояния центральной нервной системы и мозгового кровообращения у детей при занятиях дайвингом должно опираться на знания возрастных особенностей биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга.

*Адаптация при дайвинге.* Проблема адаптации человека к постоянно изменяющимся факторам внешней среды является сложной и многоуровневой [Агаджанян Н.А. с соавт., 2002]. Процесс адаптации происходит на основе многократной реализации срочных механизмов и характеризуется тем, что в результате функциональных перестроек организм приобретает новое качество. Такая адаптация позволяет организму эффективно функционировать в новых, экстремальных условиях, какими являются факторы водной среды для детей, занимающихся дайвингом. Важно отметить, что успешная адаптация к факторам водной и газовой сред – это возникновение новых устойчивых временных связей в коре головного мозга, изменение тонуса вегетативной нервной системы, структурные перестройки органов, вызванных процессом обучения дайвингу [Ушаков С.С., 2005; Андрусенко А.Н., 2010; Зверев Д.П., 2011]. По нашему мнению

формирование срочных адаптационных изменений вследствие воздействия на организм ребенка факторов водной и газовой сред, может представлено в виде блок-схемы (рис. 30).

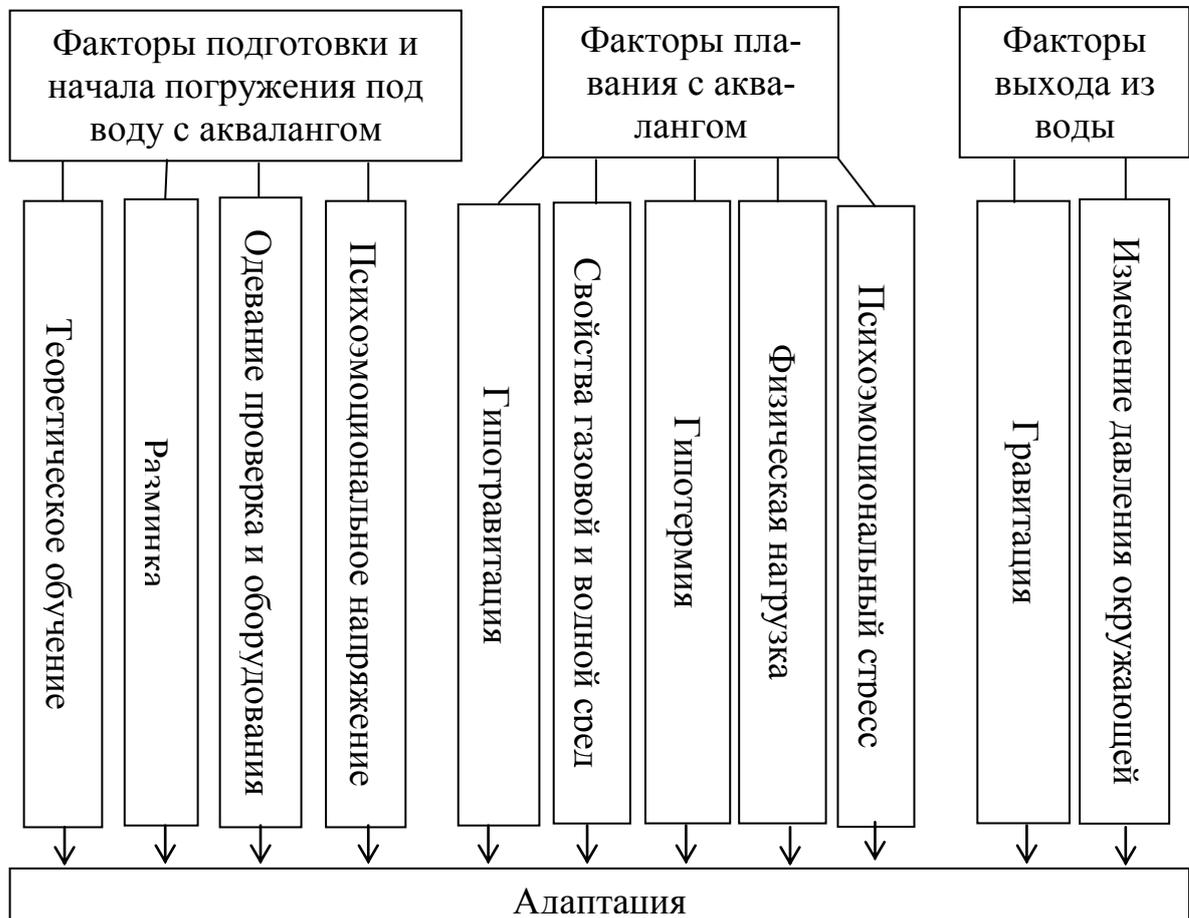


Рисунок 30 – Факторы, влияющие на формирование адаптации у детей к дайвингу.

Исследования показали, что адаптация детей к занятиям снорклингом и дайвингом оказывает существенное влияние на ЦНС, церебральную и центральную гемодинамику. При этом компенсаторные реакции при снорклинге и подводных погружениях с аквалангом направлены в основном на изменение мощности ритмов ЭЭГ. В это время происходит увеличение мощности альфа-ритма с локализацией его максимума в центральных и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга, снижение мощности тета-ритма в центральных и затылочных областях у мальчиков и девочек, дельта-ритма во всех областях коры обоих полушарий головного мозга (рис. 31).

Учитывая, что кора больших полушарий головного мозга и лимбическая

система являются высшими звеньями ЦНС, организующих ответные реакции биоэлектрической активности головного мозга на психоэмоциональное воздействие, можно предположить, что занятия детей дайвингом положительно влияют на ЦНС. На адаптацию к занятиям дайвингом указывает также снижение ЧСС и величины ПД, увеличение САД и ДАД.



Рисунок 31 – Формирование адаптации у детей 12-ти лет при обучении их дайвингу.

Таким образом, при отсутствии медицинских противопоказаний к подводным погружениям с аквалангом у юных дайверов при соблюдении правил техники безопасности во время дайвинга, а также при осуществлении погружения на небольшую глубину (до 4,5 м), при плавании с аквалангом 30 минут отклонений от физиологической нормы в биоэлектрической активности и гемодинамике головного мозга обнаружено не было. Это позволяет предположить, что выявленные нами изменения биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей при подводных погружениях с аквалангом носят в большинстве своем функциональный характер.

Высокие адаптационные возможности организма детей 12-ти лет проявлялись в отсутствии постдекомпрессионных изменений в ЦНС и кровообращении головного мозга. Полученные данные доказывают возможность дальнейших

занятий детей дайвингом при условии строго медицинского контроля и соблюдении правил безопасности подводных погружений с аквалангом.

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности проведения комплексной оценки биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у юных дайверов, основанной на оценке электроэнцефалографических и реоэнцефалографических показателей. Методики, которые были использованы в настоящем исследовании для оценки функционального состояния центральной нервной системы и мозговой гемодинамики, на сегодняшний день являются не только высокоинформативными и неинвазивными, доступными по цене, но и не занимают много времени для их проведения. Это позволяет рекомендовать их для внедрения в систему медицинского обеспечения у юных дайверов при подводных погружениях с аквалангом.

Представленные в работе данные позволяют судить о том, что многократные погружения под воду с аквалангом при использовании обучающей программы (Children's diving standards, CMAS, 2003) не вызывают патологических изменений в центральной нервной системе и кровоснабжении головного мозга.

## Выводы

1. В течение курса обучения сноркелингу у детей 12-ти лет на ЭЭГ отмечается увеличение мощности альфа-ритма и снижение медленноволновой активности. Изменения центральной гемодинамики характеризуются снижением ЧСС и ПД, увеличением САД и ДАД, а церебральной гемодинамики – снижением кровенаполнения сосудов головного мозга в бассейнах внутренних сонных артерий.

2. При обучении детей дайвингу отмечается увеличение спектральной мощности альфа-ритма, снижение мощности тета- и дельта-ритмов. Церебральная гемодинамика в начале курса обучения характеризуется снижением кровенаполнения сосудов головного мозга у мальчиков в бассейнах внутренних сонных артерий, а у девочек – в бассейнах внутренних сонных и вертебрально-базилярных артерий обоих полушарий головного мозга. В конце курса обучения у всех детей отмечается снижение кровенаполнения сосудов головного мозга в бассейне внутренних сонных артерий. Эти изменения сопровождаются снижением ЧСС и ПД, увеличением САД и ДАД.

3. Сравнительный анализ показателей биоэлектрической активности головного мозга, центральной и церебральной гемодинамики у детей групп сноркелинга и дайвинга выявил общие закономерности изменений. Так, при обучении детей сноркелингу и дайвингу сопровождается увеличением мощности альфа-ритма, снижением медленноволновой активности коры головного мозга. У мальчиков мощность альфа-ритма групп сноркелинга и дайвинга ниже в затылочных областях обоих полушарий головного мозга, чем у девочек, а мощность дельта-ритма у мальчиков групп сноркелинга и дайвинга выше, чем у девочек тех же групп. Изменения центральной и церебральной гемодинамики характеризуются уменьшением ЧСС и ПД, увеличением САД и ДАД, снижением кровенаполнения сосудов головного мозга у мальчиков в бассейнах внутренних сонных артерий головного мозга в начале и конце курса обучения детей сноркелингу и дайвингу.

4. Установлены существенные различия показателей ЭЭГ у детей, занимающихся дайвингом и у детей из контрольной группы. Так, у юных дайверов мощность альфа- и дельта-ритмов выше как до, так и после подводных погружений. В начале курса обучения отмечается снижение кровенаполнения сосудов головного мозга у детей, занимающихся сноркелингом в бассейнах внутренних сонных артерий, тогда как у мальчиков группы дайвинга в бассейнах внутренних сонных артерий, а у девочек в бассейнах внутренних сонных и вертебрально-базилярных артерий. В конце курса обучения происходит снижение кровенаполнения сосудов головного мозга у девочек, занимающихся дайвингом в бассейнах внутренних сонных артерий, в то время как у девочек из группы сноркелинга таких изменений не происходит. Отмечено, что до занятий ЧСС ниже, как в начале, так и в конце курса обучения у детей, занимающихся сноркелингом в сравнении с юными дайверами.

### Практические рекомендации

1. Для сохранения здоровья юных дайверов и повышения безопасности проведения обучения детей дайвингу предлагается реализовать следующие научно-обоснованные в диссертации рекомендации: оценивать индивидуальные особенности биоэлектрической активности и церебральной гемодинамики у детей на подводные погружения с аквалангом с учетом пола и возраста; глубина погружения не должна превышать 4,5 м; длительность занятия без использования гидрокостюма не должна быть более 30 мин; исключить повторные в течении суток подводные спуски.

2. При медицинском обеспечении юных дайверов для оценки функционального состояния организма необходимо использовать простые и надежные методы ЭЭГ и РЭГ до и после дайвинга.

3. Начальными проявлениями мозговой дисфункции во время занятий дайвингом могут служить: снижение мощности альфа-ритма, появление превышающей нормативы медленноволновой активности во всех, либо в одной области коры головного мозга, снижение объемного пульсового кровенаполнения сосудов головного мозга. Дети с патологическими изменениями в биоэлектрической активности и нарушениями в кровообращении головного мозга до занятий дайвингом не допускаются. При появлении неврологических симптомов, возникающих в результате воздействия факторов водной и газовой сред, подводное плавание с аквалангом необходимо немедленно прекратить.

4. Результаты многомерной статистики выявили высокоинформативные параметры: гемодинамические (ЧСС, САД, ДАД, ПД), электроэнцефалографические (альфа-, тета- и дельта-ритмы) и реоэнцефалографические (РИ, ДИК, ДИА, Аарт/Авен). Выделенные параметры необходимо учитывать при обучении детей дайвингу, чтобы минимизировать неблагоприятное влияние гипербарической среды на ЦНС и гемодинамику головного мозга юных дайверов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А. Резервы организма и экстремальный туризм / Н.А. Агаджанян, А.Н. Кислицын. – М.: Просветитель, 2002. – 304 с.
2. Агаджанян Н.А. Физиология человека / Н.А. Агаджанян, Л.З. Тель, В.И. Циркин, С.А. Чесновкова. – М.: Медицинская книга, 2009. – 526 с.
3. Аикин В.А. Влияние дайвинга на показатели вариабельности сердечного ритма у детей 12 лет / В.А. Аикин, С.К. Поддубный, М.А. Огородников // Теория и практика физической культуры. – 2010. – № 7. – С. 7–10.
4. Аикин В.А. Особенности баланса вегетативной нервной системы у подростков при занятиях рекреационным дайвингом / В.А. Аикин, С.К. Поддубный, М.А. Огородников // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2011. – № 10 (80) – С. 7–11.
5. Алиева Т.А. Возрастные изменения электроэнцефалограммы и вызванных потенциалов у детей / Т.А. Алиева, В.Б. Павленко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2010. – Т. 23, № 3. – С. 3–14.
6. Андреева И.Г. Возрастные изменения кровоснабжения головного мозга у детей и подростков 11-17 лет / И.Г. Андреева, Е.Г. Мишина // Экология человека. – № 3. – 2005. – С. 34–37.
7. Андрусенко А.Н. Функциональное состояние курсантов высших военно-морских учебных заведений при проведении спасательной подготовки: дис. ... к.м.н. / А.Н. Андрусенко. – СПб, 2010. – 240 с.
8. Арешидзе Н.В. Формирование биоэлектрической активности головного мозга, вегетативного гомеостаза, морфотипа и психологических свойств личности в различные периоды онтогенеза человека: автореф. ... к.б.н. / Н.В. Арешидзе. – Ставрополь, 2004. – 164 с.
9. Базанова О.М. Вариабельность и восприимчивость индивидуальной частоты альфа-ритма ЭЭГ в зависимости от экспериментальных условий / О.М. Базанова // Журнал высшей нервной деятельности. – 2011. – Т. 61, № 3. – С.

102–111.

10. Батуева Ю.В. Особенности нервно-психического развития, церебральной гемодинамики и микроциркуляции у детей 5–9 лет с синдромом дефицита внимания: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Ю.В. Батуева. – Иваново : ИГМА Росздрава, 2008. – 20 с.

11. Батуева Ю.В. Возрастные и индивидуально-типологические особенности микроциркуляции и состояние ее регуляции у детей с последствиями перинатального поражения центральной нервной системы 5–9 лет, в сравнении со здоровыми сверстниками / Ю.В. Батуева, Е.Н. Дьяконова, Л.В. Лобанова // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – № 3. – С. 15–17.

12. Безобразова В.Н. Влияние неблагоприятных экологических факторов на развитие кровообращения головного мозга / В.Н. Безобразова // «Новые исследования»: Альманах. – М., 2002. – № 1. – С. 37–41.

13. Безобразова В.Н. Функциональное состояние кровообращения головного мозга и конечностей у детей 5–17 лет на разных этапах онтогенеза / В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина // «Новые исследования»: Альманах. – М., 2003. – № 1 (4). – С. 200–207.

14. Безобразова В.Н. Развитие системы кровообращения у детей / В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина, Г.В. Кмить, Л.В. Рублева, А.Н. Шарапов // Российский физиологический журнал им. И.Н. Сеченова. – 2004. – Т. 90, № 8. – С. 354.

15. Бехтерева Н.П. Динамика когерентности ЭЭГ при выполнении заданий на невербальную (образную) креативность / Н.П. Бехтерева, Ж.В. Нагорнова // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 5. – С. 5–13.

16. Благинин А.А. Надежность профессиональной деятельности операторов сложных эргатических систем / А.А. Благинин. – СПб. : ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2006. – 144 с.

17. Благосклонова М.К. Детская клиническая электроэнцефалография (руководство для врачей) / М.К. Благосклонова, Л.А. Новикова. – М.: Медицина, 1994 – 205 с.

18. Благосколонова Н.К. Электрическая активность мозга детей при эпилепсии / Н.К. Благосколонова. – М.: Медицина, 2000. – 238 с.
19. Васильева Р.М. Кинетика восстановления показателей гемодинамики после выполнения физических нагрузок максимальной и субмаксимальной мощности у детей школьного возраста / Р.М. Васильева // Новые исследования: альманах. – М. : Вердана, 2009. – № 1 (18). – С. 118–133.
20. Гирманов Р.Ф., Гирманова Ж.В., Еремина Е.Н., Мальцева Е.А., Богданов Р.Р. Диагностика заболеваний нервной системы / Под ред. Р.Ф. Гирманова. – М.: РУНД, 2003. – 302 с.
21. Гнездецкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга) / В.В. Гнездецкий. – М.: МЕДпресс-информ, 2004. – 626 с.
22. Гольдяпин В.В. Косоугольная факторная модель артериальной гипертензии первой стадии / В.В. Гольдяпин, В.А. Шовин // Вестник Омского университета. – № 4. – 2010. – С. 120–128.
23. Гуляр С.А. Современные концепции адаптации организма человека к гипербарии и его реадаптация после декомпрессии / С.А. Гуляр, В.Н. Ильин // Физиол. журн. Киев. – 1990. – Т. 36, № 4. – С. 105–114.
24. Гуляр С.А. Гипербарическая гипоксия и пути ее коррекции / С.А. Гуляр // Спортивная медицина. – 2008. – № 1. – С. 26–35.
25. Дадаева Х.Х. Возрастные особенности распределения индекса и амплитуды биопотенциалов электроэнцефалограммы у детей и подростков в условиях нормоксии и гипоксии / Х.Х. Дадаева // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 10. – С. 40–45.
26. Дмитрук А.И. Медицина глубоководных погружений / А.И. Дмитрук. – СПб: СПб ГИПТ, 2004. – 292 с.
27. Долгих Г.Б. Цереброваскулярные дистонии у детей / Г.Б. Долгих. – Казань: Медлитература, 2007. – 256 с.
28. Железкова А.А. Возрастные особенности линейной и объемной скорости кровотока во внутренних сонных артериях / А.А. Железкова, Ю.Ю. Ско-

робогатов, О.В. Филатова // Известия Алтайского государственного университета. – 2010. – № 3 (2). – С. 29–34.

29. Животова В.А. Сравнительный анализ реоэнцефалографических показателей детей в норме и при минимальных мозговых дисфункциях: дис. ... канд. биол. наук / В.А. Животова. – СПб., 2011. – 162 с.

30. Залата О.А. Особенности паттерна текущей ЭЭГ у здоровых детей и детей с нарушением психического развития / О.А. Залата, С.А. Зиненко, А.Г. Трибрат, Е.В. Евстафьева, Л.Д. Хрипунова // Таврический медико-биологический вестник. – 2012. – Т. 15, № 3, Ч. 2 (59). – С. 100–104.

31. Зверев Д.П. Состояние функций организма человека при многократных гипербарических воздействиях: дис. ... канд. мед. наук / Д.П. Зверев. – СПб., 2011. – 206 с.

32. Зенков Л.Р. Функциональная диагностика нервных болезней: руководство для врачей / Л.Р. Зенков, М.А. Ронкин. – М.: МЕДпресс-информ, 2011. – 488 с.

33. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей / Л.Р. Зенков. – 5-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2012. – 356 с.

34. Иберла К. Факторный анализ / Иберла К., Перевод с немецкого Ивановой В.М. – М.: «Статистика», 1980. – 397 с.

35. Иванов А.Б. Биоэлектрическая активность, кровенаполнение и снабжение кислородом коры головного мозга детей и подростков при гипоксии: дис. ... д.б.н. / А.Б. Иванов. – Нальчик, 2002. – 260 с.

36. Иванов Л.Б. Лекции по клинической реографии / Л.Б. Иванов, В.А. Макаров. – М.: МБН, 2000 – 319 с.

37. Игнатосян А.Г. Особенности регуляторных механизмов локального кровотока при гипотермии у подростков с разными типами вегетативной регуляции / А.Г. Игнатосян // Медицинская наука Армении. – 2008. – № 4. – С. 117–126.

38. Игнатосян А.Г. Влияние холодового стресса на периферическое кро-

вообращение у подростков с разным типом вегетативной регуляции / А.Г. Игнатосян, В.М. Курицина // Вопросы современной науки и практики Университет им. В.И. Вернадского (Тамбов). – 2008. – № 4 (14). – С. 27–33.

39. Исупов И.Б. Системный анализ церебрального кровообращения / И.Б. Исупов. – Волгоград: Перемена, 2001. – 138 с.

40. Исупов И.Б. Типологические реакции церебрального кровообращения спортсменов в условиях дозированных физических нагрузках / И.Б. Исупов, Н.Г. Панина, А.А. Занкович, А.А. Матохина // Вестник Волгоградского государственного университета. – 2008. – № 2. – С. 163–165.

41. Каторгин Г.И. Церебральная гемодинамика у детей в норме и с задержкой умственного развития: дис. ... к.б.н. / Г.И. Каторгин. – Владимир, ВГУ, 2005. – 130 с.

42. Кожушко Н.Ю. Возрастные особенности формирования биоэлектрической активности мозга у детей с отдаленными последствиями перинатального поражения ЦНС. Сообщение I. Спонтанная активность / Н.Ю. Кожушко // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 1. – С. 5–14.

43. Козырева Т.В. Центральные и периферические терморцепторы. Сравнительный анализ влияния длительной адаптации организма к холоду и норадреналину / Т.В. Козырева // Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2005. – Т. 91, № 12. – С. 1492–1503.

44. Королева Н.В. Ведущие показатели зрелости биоэлектрической активности головного мозга у детей в возрасте от 1 до 7 лет / Н.В. Королева, С.А. Небера, И.Н. Гутник // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 6. – С. 57–63.

45. Королева Н.В. Электроэнцефалографический атлас эпилепсий и эпилептических синдромов у детей / Н.В. Королева, С.И. Колесников, С.В. Воробьев. – М.: Литтерра, 2011. – 256 с.

46. Кошельков Д.А. Функциональное взаимодействие корковых зон в процессе выработки стратегии когнитивной деятельности. Анализ когерентности тета-ритма ЭЭГ / Д.А. Кошельков, Р.И. Мачинская // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 6. – С. 55–60.

47. Кривец Е.В. Срочные реакции мозгового кровообращения на задержку дыхания у спортсменов, занимающихся синхронным плаванием / Е.В. Кривец // Физическое воспитание студентов. – 2001. – № 1. – С. 3–6.
48. Кроливец Н.А. Влияние интервальной гипоксической тренировки на реоэнцефалографические показатели у младших школьников / Н.А. Кроливец, О.С. Глазачев // J. Neuroxia Medical. – 1995. – № 2. – С. 15–17.
49. Кропотов Ю.Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / Пер. с англ. под ред. В.А. Пономарева. – Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2010. – 512 с.
50. Кулешов В.И. Оценка влияния гипербарической среды на функциональное состояние методом компьютерной стабیلлографии: Метод, рекомендации / И.В. Кулешов, И.И. Жильцова. – СПб.: ВМедА, 2001. – 16 с.
51. Куриков С.С. Основы дайвинга / С.С. Куриков // Водолазные спуски до 60 метров и их медицинское обеспечение / Под ред. В.В. Смолина, Г.М. Соколова, Б.Н. Павлова. – М.: Слово, 2003. – С. 485–496.
52. Кустубаева А.М. Возрастная динамика ритмов электрической активности мозга. Уровень тревожности и ЭЭГ-индексы / А.М. Кустубаева // Экспериментальная психология. – 2012. – Т. 5, № 3. – С. 5–20.
53. Ларькина Е.Г. Характеристика тета- и альфа-диапазонов спектра ЭЭГ подростков 15-17 лет / Е.Г. Ларькина, А.В. Киренская // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 6. – С. 26–31.
54. Левина Л.И. Подростковая медицина / Л.И. Левина, А.М. Куликова. – СПб., 2006. – 544 с.
55. Макаров Л.М. Нормативные параметры суточной ЭКГ у детей от 0 до 15 лет / Л.М. Макаров [и др.] // Вестн. аритмологии. – 2000. – № 18. – С. 28–29.
56. Матин Б.В. Различия в гемодинамическом обеспечении подвижности нервных процессов у старших школьников / Б.В. Матин // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского (биология). – 2008. – № 6. – С. 108–112.
57. Мачинская Р.И. Формирование функциональной организации коры

больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга / Р.И. Мачинская, Л.С. Соколова, Е.В. Крупская // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 2. – С. 5–15.

58. Медицинская реабилитация / Под ред. В.М. Боголюбова. – Кн. 1. – М., 2010. – С. 25–27.

59. Мельникова Т.С. Дневная динамика альфа-ритма на ЭЭГ при эндогенных депрессиях / Т.С. Мельникова, В.Н. Краснов, И.А. Лапин // Неврология и психиатрия имени С.С. Корсакова. – 2011. – № 8. – С. 31–35.

60. Мирошников Е.Г. Состояние сердечно-сосудистой системы водолазов в зависимости от подводного стажа и интенсивности подводных работ / Е.Г. Мирошников // Экологические, гуманитарные и спортивные аспекты подводной деятельности. Материалы науч.-практ. конф. Томск. – 2002. – С. 108–113.

61. Мирошников Е.Г. Сердечно-сосудистая система водолазов / Е.Г. Мирошников // Вестник ДВО РАН. – 2005. – № 1. – С. 83–90.

62. Митрофанова А.В. Роль сердечно-сосудистых реакций в кислородосберегающем эффекте при имитации ныряния у человека: дис. ... к.б.н. / А.В. Митрофанова. – СПб, 2011. – 159 с.

63. Мишина Е.Г. Центральное и мозговое кровообращение у мальчиков 10–17-ти лет в процессе возрастного развития: дис. ... канд. биол. наук / Е.Г. Мишина. – Архангельск, 2005. – 146 с.

64. Москаленко Ю.Е. Функциональное единство внутречерепных сосудистой, ликворной систем и биомеханических свойств черепа в механизме циркуляторного обеспечения деятельности головного мозга / Ю.Е. Москаленко // Механизмы функционирования висцеральных систем: VII Всероссийская конференция с международным участием. Тезисы докладов. – СПб. : Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, 2009. – С. 298–299.

65. Мотавкин П.А. Иннервация мозга / П.А. Мотавкин, В.М. Черток // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2008. – № 3. – С. 12–23.

66. Мясников А.А. Профилактика декомпрессионной болезни / А.А. Мясников // Водолазное дело. 2001. – № 3. – С. 11-17.

67. Мясников А.А. Проблема декомпрессионной болезни у аквалангистов-любителей / А.А. Мясников // Проблемы обитаемости в гермообъектах: Матер. Рос. конф. – М. : Слово, 2001. – С. 133-136.
68. Мясников А.А. Отсроченное лечение декомпрессионной болезни гипербарическим кислородом / А.А. Мясников, В.И. Чернов, Ал.Ал. Мясников, Д.П. Зверев // Тезисы докладов 5-й Всеармейской науч.-практ. конф. «Баротерапия в комплексном лечении реабилитации раненых, больных и пораженных». – СПб.: ВМедА, 2003. – С. 133–136.
69. Нессирио Б.А. Физиологические основы декомпрессии водолазов-глубоководников / Б.А. Нессирио. – СПб.: ООО «Золотой век», 2002. – 448 с.
70. Низамов Ф.Х. Морфофункциональные закономерности психофизиологического созревания отделов головного мозга в онтогенезе: монография / Ф.Х. Низамов. – М.: Изд-во СГУ, 2006. – 84 с.
71. Новикова Л.А. Возрастные особенности электрической активности мозга детей и подростков / Л.А. Новикова // Журн. высш. нерв. деят. – 1961. – Т. 11, вып. 1. – С. 60–70.
72. Новикова Л.А. Детская клиническая электроэнцефалография / Л.А. Новикова. – М.: Медицина, 1994. – С. 29–54.
73. Новикова С.И. Взаимосвязь спектральной амплитуды тета- и альфа-диапазонов ЭЭГ с оценками когнитивных способностей в дошкольном возрасте / С.И. Новикова, Е.В. Малаховская Н.П. Пушина, М.М. Цетлии, А.И. Филатов, И.Н. Посикера, Т.А. Строганова // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 4. – С. 20–27.
74. Пансевич Е.А. Половые особенности пространственно временной организации воздействия биопотенциалов мозга у взрослых и детей: автореф. ... к.б.н. / Е.А. Пансевич. – СПб, 2009. – 28 с.
75. Парайц Э. Неврологические и нейрохирургические исследования в грудном и детском возрасте / Э. Парайц, И. Сенаши. – Будапешт, изд-во Академии Наук Венгрии, 1980. – 302 с.
76. Петрова Г.С. Влияние физических и дыхательных упражнений на моз-

говую гемодинамику и сопровождающих ее патологий у студентов / Г.С. Петрова // Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. – 2012. – № 1 (2). – С. 200–209.

77. Поддубный С.К. Дайвер-Анализер / С.К. Поддубный, В.А. Аикин, М.А. Огородников, Ю.А. Елохова // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – 2011. – № 6 (25). – С. 1.

78. Полунина А.Г. Изменение спектральных показателей ЭЭГ у здоровых при повторном обследовании с двухнедельным интервалом / А.Г. Полунина, Н.П. Лефтерова, А.В. Бегачев // Неврология и психиатрия. – 2011. – № 2. – С. 64–71.

79. Пономарева А.И. Основные направления возрастной изменчивости артериального круга большого мозга человека. Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков / А.И. Пономарева, В.Г. Вахов, Ф.Х. Низманов // Тез. Третьей всесоюзной конференции «Физиология развития человека». – М. : Б.И., 1985. – С. 272–273.

80. Пономарева Т.А. Срочная адаптация системы кровообращения детей младшего школьного возраста к работе на компьютере: дис. ...канд. биол. наук / Т.А. Пономарева. – М., 2005. – 177 с.

81. Прокопьев Н.Я. Физиологические особенности роста и развития детей и подростков / Н.Я. Прокопьев, С.В. Соловьев, А.А. Важенин. – Сургут: РИИЦ «Нефть Приобья», 2002. – 152 с.

82. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О.Ю. Реброва. – М. : МедиаСфера, 2002. – 312 с.

83. Рожков В.П. Формирование взаимодействия между волновыми компонентами основных ритмов ЭЭГ у детей школьного возраста / В.П. Рожков, С.И. Сороко // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 6. – С. 5–19.

84. Ронкин М.А. Реография в клинической практике / М.А. Ронкин, Л.Б. Иванов. – М. : МБН, 1997. – 403 с.

85. Росин Ю.А. Доплерография сосудов головного мозга у детей / Ю.А.

Росин. – СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2006. – 120 с.

86. Русанов В.Б. Церебральная гемодинамика и функциональное состояние сосудов головного мозга школьников 16-17 лет: дис. ... к.б.н. / В.Б. Русанов. – Владимир, 2001. – 117 с.

87. Русанов В.Б. Возрастные особенности гемодинамики старших школьников в условиях естественной деятельности / В.Б. Русанов, В.В. Суворов // Новые исследования. – 2002. – № 1. – С. 112–130.

88. Сазонова О.Б. Мониторинг спонтанной биоэлектрической активности мозга в нейроанестезиологии и нейрохирургии / О.Б. Сазонова // Российский журнал анестезиологии и интенсивной терапии. – 1999. – № 1. – С. 63–71.

89. Сапов И.А. О патогенезе головных болей у подводников и водолазов / И.А. Сапов, В.В. Довгуша // Воен.-мед. журн. – 1978. – № 5. – С. 61–65.

90. Саркисов Д.С. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций. – М.: Медицина, 1987. – 446 с.

91. Семенова Л.К. Структурно-функциональная организация центральной нервной системы подростков / Л.К. Семенова, Д.А. Фарбер, В.В. Алферова // Физиология подростка. – М.: Педагогика, 1988. – С.6–35.

92. Семенова Н.Ю. Возрастные особенности показателей спектральной мощности основных ритмов электроэнцефалограммы у детей / Н.Ю. Семенова // Медицинский научный и учебно-методический журнал. – 2006. – № 31. – С. 220–237.

93. Сергеева Е.Г. Возрастные особенности функционального развития мозга у школьников, проживающих в условиях Европейского Севера: дис. ... канд. биол. наук / Е.Г. Сергеева. – СПб., 2009. – 168 с.

94. Следков А.Ю. Особенности функционирования организма человека в гипербарической среде / А.Ю. Следков, В.В. Довгуша. – СПб., 2003. – 152 с.

95. Смолин В.В. Водолазные спуски и их медицинское обеспечение / В.В. Смолин, Г.М. Соколов, Б.Н. Павлов. – М.: Слово, 2001. – 696 с.

96. Смолин В.В. Влияние на организм водной и гипербарической газовой сред / В.В. Смолин, Г.М. Соколов, Б.Н. Павлов, Н. Шереметова // Divetek. –

2006. – № 6 (20). – С. 34–37.

97. Сороко С.И. Внутрисистемные и межсистемные перестройки физиологических параметров при острой экспериментальной гипоксии / С.И. Сороко, Э.А. Бурых // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 2. – С. 58–66.

98. Спиридонова М.Д. Особенности спектров мощности ЭЭГ при переживании чувства страха / М.Д. Спиридонова // Молодой ученый. – 2013. – №8. – С. 130–132.

99. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга / Д.А. Фарбер, Л.К. Семенова, В.В. Алферова и др. – Л.: Наука, 1990. – 198 с.

100. Судаков К.В. Нормальная физиология / К.В. Судаков. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2006. – 920 с.

101. Теплов С.И. О роли нейрогенного механизма в регуляции мозгового кровообращения / С.И. Теплов, А.П. Пуговкин // Физиологический журнал СССР им. И.П. Сеченова. – Т. 75, № 11. – 1989. – С. 1501–1508.

102. Терещенко Е.П. Нормативные значения спектральных характеристик ЭЭГ здоровых испытуемых от 7 до 89 лет / Е.П. Терещенко, В.А. Пономарев, А. Мюллер, Ю.Д. Кропотов // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 1. – С. 5–17.

103. Тихенко В.В. Влияние глубоководных погружений на мозговой кровоток водолазов / В.В. Тихенко, В.И. Советов // Юбилейная науч.-практ. конф. 15 ЦНИЛ ВМФ: Сб. материалов. СПб., 2001. – С. 47–48.

104. Ткаченко Б.И. Нормальная физиологии человека / Б.И. Ткаченко. – 2-е изд. – М.: Медицина, 2005. – 928 с.

105. Тупицин И.О. Возрастная динамика и адаптивные изменения сердечно-сосудистой системы школьников / И.О. Тупицин. – Науч.-исслед. ин-т физиологии детей и подростков; Акад. пед. наук СССР. – 1985. – 265 с.

106. Тупицин И.О. Характеристика сердечно-сосудистой системы / И.О. Тупицин, М.Г. Князева // Физиология подростка. – 1988. – 136 с.

107. Тупицын И.О. Индивидуальные особенности развития системы кровообращения школьников / И.О. Тупицын, В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина и др. – М.: ИВФ РАО, 1995. – 64 с.

108. Тупицын И.О. Развитие системы кровообращения / И.О. Тупицын, И.Г. Андреева, В.Н. Безобразова и др. под ред. М.М. Безрукова, Д.А. Фарбер // Физиология развития человека: теоретические и прикладные аспекты – М.: Издательство НПО «От А до Я», 2000. – С. 148–166.

109. Тупицын И.О. Вегетативная регуляция и состояние сердечно-сосудистой системы / И.О. Тупицын, И.Г. Андреева, А.Н. Шарапов // Физиология развития человека: Матер. междунар. конф., посвященной 55-летию ИВФ РАО. – М.: Издательство НПО «От А до Я», 2000. – С. 427–428.

110. Ушаков И.Б. Методологические подходы к диагностике и оптимизации функционального состояния специалистов операторского профиля / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, Л.А. Гридин и др. – М.: ОАО Изд-во «Медицина», 2004. – 136 с.

111. Ушаков С.С. Медицинские аспекты современного любительского плавания в России / С.С. Ушаков, А.А. Мясников, В.И. Чернов, А.Ю. Шитов // Матер. междунар. науч.-практ. конф.: Развитие подводной деятельности в СССР и России. – М., 2004. – С. 28-29.

112. Ушаков С.С. Состояние нервной системы при воздействии повышенного давления водной и газовой среды: дис. ... канд. мед. наук / С.С. Ушаков. – СПб, 2005. – 166 с.

113. Фарбер Д.А. Электроэнцефалограмма детей и подростков / Д.А. Фарбер, В.В. Алферова. – М.: Педагогика, 1972. – 216 с.

114. Фарбер Д.А. Гетерогенность и возрастная динамика  $\alpha$ -ритма электроэнцефалограммы / Д.А. Фарбер, В.Ю. Вильдавский // Физиология человека. – 1996. – Т. 22, № 5. – С. 5–12.

115. Фарбер Д.А. Методологические аспекты изучения физиологии развития ребенка / Д.А. Фарбер, М.М. Безруких // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 5. – С.8–16.

116. Хаматова Р.М. Типологические особенности кровообращения у детей 8–16-ти лет: дис. ... к.б.н. / Р.М. Хаматова. – Казань, 2000. – 147 с.

117. Чернов В.И. Функциональное состояние организма при гипербариче-

ской оксигенации, дозированной по парциальному давлению кислорода: дис. ... канд. мед. наук / В.И. Чернов. – СПб, 2004. – 185 с.

118. Чумаков А.В. Состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем у лиц, длительно пребывающих под повышенным давлением на предельных глубинах: дис. ... канд. мед. наук / А.В. Чумаков. – СПб, 2007. – 301 с.

119. Чуян Е.Н. Оптимизация психофизиологического состояния спортсменов в межсоревновательный период / Е.Н. Чуян, М.Ю. Раваева, Е.А. Бирюкова, А.А. Коваленко, Т.В. Заячникова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2008. – Т. 21 (60), № 1. – С. 141–153.

120. Шеффе Г. Дисперсионный анализ / Г. Шеффе. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 512 с.

121. Шидловская Ю.А. Сравнительная характеристика показателей аудиометрии и реоэнцефалографии у больных с начальными и выраженными проявлениями вертебро-базилярной недостаточности / Ю.А. Шидловская // Российская оториноларингология. – 2010. – № 1 (44). – С. 148–152.

122. Шитов А.Ю. Физиологическое обоснование рационального питьевого режима для профилактики декомпрессионной болезни при спусках на средние глубины: дис. ... канд. мед. наук / А.Ю. Шитов. – СПб, 2007. – 219 с.

123. Шлык Н.И. Об особенностях медленноволновой структуры вариабельности ритма сердца у школьников с разной исходной активностью регуляторных систем организма / Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова // Науч. тр. 1-го съезда физиологов СНГ / под ред. Р.И. Сепиашвили. – М. : Медицина–Здоровье, 2005. – Т. 1. – 149 с.

124. Шток В.Н. Дополнительные подходы к классификации типа и степени нарушения тонуса краниocereбральных сосудов / В.Н. Шток, М.А. Ронкин, В.Л. Анзимиров // Неврология. – 1996. – № 1. – С. 79–82.

125. Цыган В.Н. Соотношение понятий предболезнь, здоровье, адаптация, болезнь / В.Н. Цыган, Е.Г. Мокеева, В.В. Сорокин и др. // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. – 2006. – № 1. – С. 311.

126. Цыган В.Н. Электроэнцефалография / В.Н. Цыган, М.М. Богословский, А.В. Миролубов; под ред. М.М. Дьяконова. – СПб.: Наука, 2008. – 192 с.
127. Юнкеров В.И. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований / В.И. Юнкеров, С.Г. Григорьев. – СПб.: ВМедА, 2002. – 266 с.
128. Юрьев А.Ю. Динамика неспецифических адаптационных реакций и действий на организм факторов повышенного давления / А.Ю. Юрьев, А.Ю. Шитов, И.А. Панченкова, М.Ю. Ярославцев // Вестник Российской военной медицинской академии. – 2012. – № 3. – С. 141–145.
129. Ярулин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография / Х.Х. Ярулин. – СПб.: Медицина, 1983. – 271 с.
130. Aaron M. Understanding Adolescent Brain Development and Its Implications for the Clinician / M. Aaron, Ph.D. White // *Adolesc Med.* – 2009. – V. 20. – P. 73–90.
131. Babiloni C. Free copper and resting temporal EEG rhythms correlate across healthy, mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease subjects / C. Babiloni, R. Squitti, C. Del Percio, E. Cassetta et al. // *Clin. Neurophysiol.* – 2007. – V. 118, № 6. – P. 1244–1260.
132. Bennett P.B., Rostain J.C. High Pressure Nervous Syndrome. In Bennett and Elliott's *Physiology and Medicine of Diving*. Brubakk, A.O. and T.S. Neuman, eds. Elsevier Science: Edinburgh, London, New York, Oxford, Philadelphia, St. Louis, Sydney, Toronto. – 2003. – P. 323–358.
133. Bennett M.H. Recompression and Adjunctive Therapy for Decompression Illness / M.H. Bennett, M.D. Fanzca, J.P. Lehm et al. // *Anesthesia & analgesia.* – 2010. – V. 111, № 3. – P. 757–762.
134. Bjørnstad J. Neurologic decompression sickness in sports divers / J. Bjørnstad, H. Nyland, H. Skeidsvoll, L. Aanderud, S. Eidsvik // *Tidsskr Nor Lægeforen.* – 2002. – 122. – P. 1649–1651.
135. Bode H. Pediatric applications of transcranial Doppler sonography / H. Bode. – New York: Springer, 1988. – 280 p.

136. Bodo M. Studies in Rheoencephalography (REG) / M. Bodo // *J Electr Bioimp.* – 2010. – V. 1. – P. 10–14.
137. Children's diving standards (Version 2008/01 ) (CMAS). – 2003. – 21 p.
138. Chenot J.-F. Die Tauchtauglichkeitsuntersuchung für Sporttaucher / J.-F. Chenot, A. Simmenroth-Nayda // *Zeitschrift für Allgemeinmedizin.* – 2007. – № 10. – P. 417–426.
139. Dat T.H. Electrocticographic signal classification based on time-frequency decomposition and nonparametric statistical modeling / T.H. Dat, L. Shue, C. Guan // *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* – 2006. – V. 1. – P. 2292–2295.
140. Day C. Diving-related injuries in children <20 years old treated in emergency departments in the United States: 1990-2006 / C. Day, U. Stolz, T.J. Mehan // *Pediatrics.* – 2008. – № 122 (2) – P. 388–394.
141. Davidson R.J. Regional brain function, emotion and disorders of emotion / R.J. Davidson, H. Abercrombie, J.B. Nitschke, K. Putnam // *Curr. Opin. Neurobiol.* – 1999. – V. 9. – P. 228–234.
142. Drew K.L. Hypoxia tolerance in mammalian heterotherms / K.L. Drew, M.B. Harris, J.C. La Manna, M.A. Smith, X.W. Zhu, Y.L. Ma // *J. Exp. Biol.* – 2004. – V. 207. – P. 3155–3162.
143. Duška G. Djelovanje ronjenja sa stlačenim zrakom na pojavljivanje mjehurića inertnog plina u rekreacijskih ronilaca i osoba s kroničnom ozljedom kralješničke moždine: Doktorska disertacija / G. Duška. – Split, 2010. – 85 p.
144. Edmonds C. Children and diving: a review of SPUMS articles / C. Edmonds // *South Pacific Underwater Medicine Society.* – 2003. – V. 33, № 4. – P. 206–211.
145. Eeg-Olofsson O. The development of the electroencephalogram in normal children and adolescents from the age of I through 21 years / O. Eeg-Olofsson // *Acta paediat. scand.-Suppl.* – 1970. – V. 208. – P. 1–47.
146. Eftedal O.S. The relationship between venous gas bubbles and adverse effects of decompression after air dives / O.S. Eftedal, S. Lydersen, A.O. Brubakk // *Undersea Hyperb Med.* – 2007. – V. 34, № 2. – P. 99–105.

147. Electroencephalography – Handbooks, manuals, etc. / I. Tatum, O. William. – Demos Medical Publishing, 2008. – 276 p.
148. Fereshtehnejad S.-M. The long-term effects of hypobaric and hyperbaric conditions on brain hemodynamic: A transcranial Doppler ultrasonography of blood flow velocity of middle cerebral and basilar arteries in pilots and divers / S.-M. Fereshtehnejad, M. Mehrpour, S. Mohammad, H. Mahmoodi, P. Bassir, B. Dormanesh, M.R. Motamed // *Perspectives in Medicine*. – 2012. – № 1. – P. 316–320.
149. Flouris A.D. Heart rate variability responses to a psychologically challenging scuba dive / A.D. Flouris, J.M. Scott // *J. Sports Med. Phys. Fitness*. – 2009. – № 49 (4). – P. 382–386.
150. Foster G.E. The human diving response, its function, and its control / G.E. Foster, A.W. Sheel // *Scand J Med Sci Sports*. – 2005. – V. 15. – P. 3–12.
151. Francis T.J.R. Pathophysiology of decompression sickness / T.J.R. Francis, S.J. Mitchell, A.O. Brubakk, T.S. Neuman In: *Bennett and Elliott's Physiology and Medicine of Diving*. – Saunders, Philadelphia, 2003. – P. 530–557.
152. Gabrielsen A. Arterial pulse pressure and vasopressin release during graded water immersion in humans / A. Gabrielsen et. al. // *Am. J. Physiol. Regulatory Integrative Comp. Physiol.* – 2000. – V. 278. – P. 1583–1588.
153. Gempp E. Brain MRI Signal Abnormalities and Right-to-Left Shunting in Asymptomatic Military Divers / E. Gempp, F. Sbardella, E. Stephant, P. Constantin, S. De Maistre, P. Louge, Je.-E. Blatteau // *Aviat Space Environ Med*. – 2010. – V. 81. – P. 1008–1012.
154. Giesbrecht T. Dissociation, resting EEG, and subjective sleep experiences in undergraduates / T. Giesbrecht, E.M. Jongen, F.T. Smulders, H. Merckelbach // *J. Nerv. Ment. Dis.* – 2006. – V. 194. № 5. – P. 362–368.
155. Goldman R.I. Simultaneous EEG and fMRI of the alpha rhythm / R.I. Goldman, J.M. Stern, J. Engel, M.S. Cohen // *NeuroReport*. – 2002. – №13. – P. 2487–2492.
156. Goreman D. The pathology of air embolism of the brain in divers / D.

Goreman // SPUMS Journal. – 1991. – V. 21, № 1. – P. 22–25.

157. Greig P. The predictive power of initial fitness-to-dive procedures for occupational divers in New Zealand / P. Greig, D. Gorman, A. Drewry, G. Gamble // SPUMS J. – 2003. – № 33. – P. 182–187.

158. Growth and development / eds. W.E. Nelson et al // Nelson textbook of pediatrics. – Philadelphia, 1996. – P. 50–52.

159. Grønning M. Electroencephalography and magnetic resonance imaging in neurological decompression sickness / M. Grønning, J. Risberg, H. Skeidsvoll, G. Moen, L. Aanderud, K. Troland, E. Sundal, E. Thorsen // Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc. – 2005. – V. 32, № 6. – P. 397–402.

160. Guijarro E. Extraction of the Intracranial Component from the Rheoencephalographic Signal: A New Approach / E. Guijarro, A. Navarre, J. Perez, J. Sanc // Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. – 2006. – V. 1, № 1. – P. 6064–6067.

161. Hirayanagi K. Autonomic nervous activity and stress hormones induced by hyperbaric saturation diving / K. Hirayanagi, K. Nakabayashi, K. Okonogi, H. Ohiwa // Undersea Hyperb. Med. – 2003. – V. 30, № 1. – P. 47–55.

162. Huang Y.Z. Consensus: New methodologies for brain stimulation / Y.Z. Huang, M. Sommer, G. Thickbroom, M. Hamada, A. Pascual-Leonne, W. Paulus, J. Classen, A.V. Peterchev, A. Zangen, Y. Ugawa // Brain Stimulation. – 2009. – V. 2, № 1. – P. 2–13.

163. James T., Francis R., Mitchell S.J. Manifestations of decompression disorders. In: Brubakk A.O., Neuman T.S., eds. Bennett and Elliot 's Physiology and medicine of diving. London: WB Saunders, 2003. – P. 578–599.

164. Jensen O. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling / O. Jensen, P. Goel, N. Kopell, M. Pohja, R. Hari, B. Ermentrout // NeuroImage. – 2005. – V. 26. – P. 347–355.

165. Johnson M. Facilitation of saccade toward a covertly attended location in early infancy / M. Jonson, M. Posner, M. Rothbart // Psychol. Sei. – 1994. – V. 5, № 2. – P. 90.

166. Kinney J.A.S. Visual evoked responses and EEG's of 16 divers / J.A.S.

Kinney, C.L. Kay, S.M. Luria // *Undersen Biomedical Research*. – 1977. – V. 4, № 1. – P. 55–66.

167. Kinoshita T. Coldwater face immersion per se elicits cardiac parasympathetic activity / T. Kinoshita, S. Nagata, R. Baba et al. // *Circ J*. – 2006. – № 70 (6). – P. 773–776.

168. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W. Klimesch // *Brain Research Reviews*. – 1999. – V. 29. – P. 169–195.

169. Knauth M. Cohort study of multiple brain lesions in sport divers: role of a patent foramen ovale / M. Knauth, S. Ries, S. Pohimann, T. Kerby, M. Forsting, M. Daffertshofer, M. Hennerici, K. Sartora // *BMJ*. – 1997. – V. 314. – P. 701–705.

170. Kraus M. Diving and cardiology / M. Kraus, Jü. Wendling // *Cardiovascular Medicine*. – 2012. – V. 15, № 1. – P. 14–17.

171. Kristina T.C. Top-down control of MEG alpha-band activity in children performing Categorical N-Back Task / T.C. Kristina, P.A. Seppo, J.B. Edward, A.K. Audra, S.H. Matti // *Neuropsychologia*. – 2010. – V. 48, №12. – P. 3573–3579.

172. Lang M.A. *The Future of Diving: 100 Years of Haldane and Beyond* / M.A. Lang, Alf.O. Brubakk. – Washington, DC : Smithsonian Institution Scholarly Press, 2009. – 286 p.

173. Lemaitre F. Circulating Venous Bubbles in Children After Diving / F. Lemaitre, D. Carturan, C. Tourny-Chollet, B. Gardette // *Pediatric Exercise Science*. – 2009. – V. 21. – P. 77–85.

174. Leon-Carrion J. A QEEG index of level of functional dependence for people sustaining acquired brain injury: the Seville Independence Index (SINDI) / J. Leon-Carrion, J.F. Martin-Rodriguez, J. Damas-Lopez, J.M. Martin, M.R. Dominguez-Morales // *Brain Inj*. – 2008. – V. 22, № 1. – P. 61–74.

175. Leroy A. Mu and alpha EEG rhythms during the arrest reaction in microgravity / A. Leroy, C. De Saedeleer, A. Bengoetxea, A. Cebolla, F. Leurs, B. Dan, A. Berthoz, J. McIntyre, G. Cheron // *Z-Tec Publishing, Bremen Microgravity sci. technol.* – 2007. – V. 19, № 2. – P. 45–50.

176. Levett D.Z.H. Bubble trouble: a review of diving physiology and disease / D.Z.H. Levett, I.L. Millar // *Postgrad Med.* – 2008. – V. 84. – P. 571–578.

177. Middleton J. Levels of brain wave activity (8-13 Hz) in persons with spinal cord injury / J. Middleton, A. Craig // *Spinal Cord.* – 2004. – V. 42, № 2. – P. 73–79.

178. Møllerløkken A. Reduction of vascular bubbles: methods to prevent the adverse effects of decompression: *Philosophia Doctor i medisinsk teknologi* / A. Møllerløkken. – Norwegian University of Science and Technology, 2008. – 69 p.

179. Møllerløkken A. Venous gas embolism as a predictive tool for improving CNS decompression safety / A. Møllerløkken, S.E. Gaustad, M.B. Havnes, C.R. Gutvik, A. Hjelde, U. Wislø, A.O. Brubakk // *Eur J. Appl Physiol.* – 2012. – V. 112, № 2. – P. 401–405.

180. Muth C.-M. Tauchen mit Kindern aus tauchmedizinischer Sicht / C.-M. Muth, K. Tetzlaff // *Caisson.* – 2007. – № 4. – P. 34–36.

181. Murrison A.W. The contribution of neurophysiologic techniques to the investigation of diving-related illness / A.W. Murrison // *Undersea and Hyperbaric Med.* – 1993. – V. 20, № 4. – P. 347–373.

182. Murrison A.W. Electroencephalographic study of divers with histories of neurological decompression illness / A.W. Murrison, E. Glasspool, R.J. Pethybridge, T.J.R. Francis, E.M. Sedgwick // *Occupational and Environmental Medicine.* – 1995. – V. 52, № 5. – P. 451–453.

183. Nelson M.D. Reductions in cerebral blood flow during passive heat stress in humans: partitioning the mechanisms / M.D. Nelson, M.J. Haykowsky, M.K. Stickland, L.A. Altamirano-Diaz, Ch.K. Willie, K.J. Smith, St.R. Petersen, Ph.N. Ainslie // *J Physiol.* – V. 589, № 16. – 2011. – P. 4053–4064.

184. Newton H.B. Neurological Decompression Illness and Hematocrit: Analysis of a consecutive series of 200 recreational scuba divers / H.B. Newton, J. Burkart, D. Pearl, W. Padilla // *Neurological DCI and Hematocrit.* – 2008. – V. 35, № 2. – P. 99–106.

185. Nishi R.Y., Brubakk A.C., Eftedal O.S. Bubble detection // Bennett and

Elliot's physiology and medicine of diving. – 5th edition. – Great Britain, by MPG Books Ltd, Boodmin, Cornwall, 2003. – P. 501–530.

186. Nithiya A.S. Analysis of Attention Factors and EEG Brain Waves of Attention Deficit and Hyperactivity Disorder (ADHD) – A Case Study Report / A.S. Nithiya, K. Saraladevi // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2013. – V. 3, № 3. – P. 1–10.

187. Nunez P.L. Neocortical dynamics and human EEG rhythms / P.L. Nunez. – Oxford University Press, 1995. – 250 p.

188. Nunez P. Spatial-temporal structures of human alpha rhythms: theory, microcurrent sources, multiscale measurements, and global binding of networks / P. Nunez, B. Wingeier, R. Silberstein // Hum. Brain Mapp. – 2001. – V. 13, № 3. – P. 125–164.

189. Panchard M.A. Empfehlungen für die Beurteilung der Tauchtauglichkeit beim Kind / M.A. Panchard, O. Baenziger, H. Fuchs, H. Haldi, H. Oswald // Paediatrica. – 2006. – № 17. – P. 15–19.

190. Peng T. Signal processing methods for the analysis of cerebral blood flow and metabolism / T. Peng, L. College. – Trinity, 2008. – 168 p.

191. Perez J.J. Quantification of intracranial contribution to rheoencephalography by a numerical model of the head / J.J. Perez, E. Guijarro, J.A. Barcia // Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology. – 2000. – V. 111, № 7. – P. 1306–1314.

192. Perez J.J. Spatiotemporal pattern of the extracranial component of the rheoencephalographic signal / J.J. Perez, E. Guijarro, J. Sancho // Physiological Measurement. – 2005. – V. 26, № 6. – P. 925–938.

193. Petersen I. The development of the EEG in normal children from the age of 1 through 15 years: non-paroxysmal activity / I. Petersen, O. Eeg-Olofsson // Neuropadiatrie. – 1971. – № 3. – P. 277–304.

194. Petri N.M. Death of a scuba diver caused by vomiting and panic: a case report / N.M. Petri, H. Stipancevic, D. Sutlovic, M.D. Gojanovic // Caisson. – 2012. – № 1. – P. 7–17.

195. Pollock N. Aerobic fitness and underwater diving / N. Pollock // *Diving Hyperb Med.* – 2007. – V. 37, № 3. – P. 118–124.
196. Pollock N.W. Aerobic fitness and underwater diving / N.W. Pollock // *Diving Hyperb. Med.* – 2007. – № 37 (3). – P. 118–124.
197. Richardson D. Children and diving: the recreational-diving training perspective / D. Richardson // *Spums.* – 2003. – V. 33, № 2. – P. 83–90.
198. Robinson K. Diving Medicine / K. Robinson, M. Byers // *J R Army Med Corps.* – 2005. – V. 151. – P. 256–263.
199. Rothenberger A. Brain oscillations forever – neurophysiology in future research of child psychiatric problems / A. Rothenberger // *Journal of Child Psychology and Psychiatry.* – V. 50, № 1-2. – 2009. – P. 79–86.
200. Ruchsow M. Electrophysiological evidence for reduced inhibitory control in depressed patients in partial remission: a Go/Nogo study / M. Ruchsow, G. Groen, M. Kiefer, P. Beschoner, L. Hermle, D. Ebert, M. Falkenstein // *Int. J. Psychophysiol.* – 2008. – V. 68, № 3. – P. 209–218.
201. Rüegger M. Berufliches Tauchen und Arbeiten im Überdruck / M. Rüegger, D. Schwarb. – Luzern: Suva, Abt. Arbeitsmedizin, 2012. – 98 p.
202. Sames C. Utility of regular medical examinations of occupational divers / C. Sames, D. Gorman, S.J. Mitchell, G. Gamble // *Caisson.* – 2004. – V. 25, № 4. – P. 19–24.
203. Sames C. Utility of regular medical examinations of occupational divers / C. Sames, D. Gorman, S.J. Mitchell, G. Gamble // *Diving and Hyperbaric Medicine.* – 2009. – V. 40, № 1. – P. 763–766.
204. Schipke J.D. Effect of immersion, submersion, and scuba diving on heart rate variability / J.D. Schipke, M. Pelzer // *Br. J. Sports Med.* – 2001. – № 35. – P. 174–180.
205. Schipke J.D. Tauchunfälle des VDST: 2007 – 2010 / J.D. Schipke // *CAISSON.* – 2011. – № 4. – P. 10–12.
206. Schmidt C. Cerebral blood supply and cerebral oxidative metabolism / C. Schmidt // In: *Sympos. «Oxygen in animal organism».* London, Pergamon Press. –

1964. – V. 31. – P. 433–436.

207. Schwerzmann M. Recreational scuba diving, patent foramen ovale and their associated risks / M. Schwerzmann, Ch. Seiler // SWISS MED WKLY. – 2001. – V. 131, № 6. – P. 365–374.

208. Spicker M. Eine neue Bodycomposition und hyperbare SAT – blo-wup Screening Methode beim Gerätetauchen diplomarbeit cand. med. / M. Spicker. – Graz, 2011. – p. 108.

209. Staff R.T. Decompression illness in sports divers detected with technetium-99 m-HMPAO SPECT and texture analysis / R.T. Staff, H.G. Gemmell, et al. // J. Nucl. Med. – 1996. – V. 37, № 7. – P. 1154–1158.

210. Stroganova T.A. Abnormal EEG lateralization in boys with autism / T.A. Stroganova, G. Nygren, M.M. Tsetlin, I.N. Posikera, C. Gillberg, M. Elam, E.V. Orekhova. – Clin. Neurophysiol. – 2007. – V. 118, № 8. – P. 1842–1854.

211. Taher A.A. A pilot survey of alcohol consumption among dive professionals in Sharm el-Sheikh / A. Taher, M. Blacking, J. Higham // Caisson. – 2008. – V. 23, № 1. – P. 17–20.

212. Taylor C.L. Objective neuropsychological test performance of professional divers reporting a subjective complaint of forgetfulness or loss of concentration / C.L. Taylor, J.I. Macdiarmid, J.A. Ross, L.M. Osman, S.J. Watt, W. Adie, J.R. Crawford, A. Lawson // Scand J Work Environ Health. – 2006. – V. 32, № 4. – P. 310–317.

213. Tetzlaff K. Checkliste Tauchtauglichkeit / K. Tetzlaff, Ch. Klingmann, C.-M. Muth, T. Piepho, W. Welslau. – Stuttgart: Gentner Verlag, 2008. – 224 p.

214. Thatcher R.W. Human cerebral hemispheres develop at different rates and ages / R.W. Thatcher, R.A. Walker, S. Guidice // Science. – 1987. – V. 236. – P. 1110–1113.

215. Todnem K. Neurologic decompression sickness / K. Todnem, S. Eidsvik, J. Hjelle // Tidsskr Nor Laegeforen. – 1991. – № 111 (17). – P. 2091–2094.

216. Todnem K. Electroencephalography, evoked potentials and MRI brain scans in saturation divers: an epidemiological study / K. Todnem, H. Skeidsvoll, R.

Svihus, et al. // *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* – 1991. – № 79 (4). – P. 322–329.

217. Tong S. *Quantitative EEG Analysis Methods and Clinical Applications* / S. Tong, N.V. Thakor. – London : Artech House, 2009. – 421 p.

218. Tongran L. The relationship between EEG band power, cognitive processing and intelligence in school-age children / L. Tongran, S. Jiannong, Z. Daheng, J. Yang // *Psychology Science Quarterly.* – V. 50, № 2. – 2008. – P. 259–268.

219. Trevett A. The psychological impact of accidents on recreational divers: a prospective study / A. Trevett, D. Peck, R. Forbes // *Caisson.* – 2010. – V. 25, № 4. – P. 16–20.

220. Vavilala M.S. Gender Differences in Cerebral Blood Flow Velocity and Autoregulation between the Anterior Circulations in Healthy Children / M.S. Vavilala, M.S. Kincaid, L.S. Muangman, P. Suz, I. Rozet, M.A. Lam // *Pediatric Research.* – V. 58, № 3. – 2005. – P. 574–578.

221. Vecchio F. Functional cortico-muscular coupling during upright standing in athletes and nonathletes: a coherence electroencephalographic-electromyographic study / F. Vecchio, C. Del Percio, N. Marzano, et al. // *Behav Neurosci.* – 2008. – V. 122, № 4. – P. 917–927.

222. Wilmshust P. Cardiovascular problems in diver / P. Wilmshust // *Heart.* – 1998. – V. 80, № 6. – P. 537–538.

223. Winesett S. Which Electroencephalogram Patterns Are Commonly Misread as Epileptiform? / S. Winesett, S.R. Benbadis // *Touch briefings.* – 2008. – № 2. – P. 101–104.

224. Winkler B. Unfälle und Zwischenfälle bei Kindertauchveranstaltungen / B. Winkler, K. Tetzlaff, C.-M. Muth // *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.* – V. 62, № 2. – 2011. – P. 42–46.

225. Yamauchi K. Sympathetic nervous and hemodynamic responses to lower body negative pressure in hyperbaria in men / K. Yamauchi et. al. // *Am. J. Physiol. Reque. Integr. Comp. Physiol.* – 2002. – V. 282, № 1. – P. 38–45.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1





РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
**№ 2014620819**

**Показатели электроэнцефалографии (ЭЭГ) детей и подростков, занимающихся дайвингом**

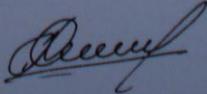
Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта» (RU)*

Авторы: *Поддубный Сергей Константинович (RU), Елохова Юлия Алексеевна (RU), Аикин Владимир Анатольевич (RU), Огородников Максим Анатольевич (RU)*

Заявка № **2014620197**  
Дата поступления **27 февраля 2014 г.**  
Дата государственной регистрации  
в Реестре баз данных **04 июня 2014 г.**



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности



Б.П. Симонов

## **НАВЫКИ НЕОБХОДИМЫЕ ЮНЫМ ДАЙВЕРАМ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ ПОД ВОДОЙ С АКВАЛАНГОМ**

Процесс обучения дайвингу разбит на несколько этапов.

### **Первый этап – обучение плаванию с маской и трубкой (снорклинг):**

- подбор оборудования (маски, трубки и ласт);
- обучить входу в воду;
- освоить технику плавания в ластах и маске по поверхности воды с дыханием через трубку;
- дыхание через трубку и очистка трубки резким выдохом;
- выравниванию давления в ушах (продувание) при нырянии под воду с маской и трубкой;
- освоить элементы ныряния на задержке дыхания в глубину на 2 м и в длину до 30 м;
- освоить элементы ныряния на задержке дыхания в глубину на 4,5 м;
- ознакомиться на теоретических занятиях с основами дайвинга
- объяснить основные правила безопасности;
- проведение ознакомительного погружения на короткое время вместе с инструктором.

### **Второй этап – обучение сборке комплекта снаряжения для подводного погружения:**

- прикрепить компенсатор плавучести к баллону;
- закрепить регулятор;
- включить подачу воздуха и проверить все ли функционирует;
- закрепить шланги для придания снаряжению обтекаемую форму.

### **Третий этап – подводное плавание с аквалангом:**

- на теоретических занятиях объяснить основные правила безопасности, сигналы общения под водой, действия перед погружением, действия во время погружения, действия во время экстремальных ситуаций, принципы партнерства;
- надевание маски и ласт;
- надевание грузового пояса;
- надевание акваланга;
- взаимопроверка снаряжения перед погружением;
- вход в воду с аквалангом;
- спуск (погружение) на глубину;
- различные техники плавания под водой;
- переход с трубки на регулятор и обратно;
- выравниванию давления в ушах (продувание) при плавании с аквалангом на глубине.

### **Четвертый этап – обучение необходимым навыкам при занятиях дайвингом:**

- снятие и надевание маски под водой;

- быстрый поиск регулятора под водой;
- очистка маски от воды на глубине;
- контроль запаса воздуха;
- упражнение «закончился воздух»;
- упражнения «нейтральная плавучесть», «контроль плавучести – зависание»;
- упражнение «дыхание вдвоем из одного регулятора»;
- всплытие и выход из воды;
- разборка снаряжения и уход за ним.

Сертификат «Bubblemaker», который выдается ребенку, прошедшему курс обучения дайвингу.



СОГЛАСОВАНО  
 Проректор по НИР  
 СибГУФК, д.п.н.,  
 проф. В.А. Айкин  
 «14» июня 2013 г.



УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по учебной работе  
 СибГУФК, к.м.н., проф.  
 С.Г. Куртев  
 «14» июня 2013 г.



### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт о том, что аспирантом кафедры «Анатомии, физиологии спортивной медицины и гигиены» Сибирского государственного университета физической культуры и спорта Елоховой Ю.А. в 2012-2013 уч. году внедрены в учебный процесс кафедры Анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены сведения об особенностях биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга детей 12 лет, занимающихся дайвингом в условиях бассейна. Данная разработка выполнена в соответствии с темой исследования «Особенности биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей, занимающихся дайвингом», утвержденной на совете по координации НИР СибГУФК 24.01.2013 г.

В результате внедрения новых теоретических сведений об изменениях в биоэлектрической активности и кровоснабжении головного мозга детей 12 лет в процессе занятий дайвингом у студентов специализации «Физическая культура и спорт», как будущих специалистов в области физической культуры и спорта повысился уровень знаний о влиянии дайвинга на центральную нервную систему и гемодинамику головного мозга детей. Сведения внедрены в лекционный курс «Физиология».

Автор-разработчик  
 Елохова Ю.А.  
 «13» июня 2013 г.



От организации заказчика  
 ответственный за внедрение  
 Зав. кафедрой АФСМиГ  
 СибГУФК, д.м.н., профессор  
 Ляпин В.А.  
 «13» июня 2013 г.



СОГЛАСОВАНО

Проректор по НИР

СибГУФК, д.п.н.,

проф. В.А. Аикин

«14» июня 2013 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

СибГУФК, к.м.н. проф.

С.Г. Куртев

«14» июня 2013 г.

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт о том, что аспирантом кафедры «Анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены» Сибирского государственного университета физической культуры и спорта Елоховой Ю.А. в 2012-2013 уч. году внедрены в учебный процесс кафедры ТиМ плавания сведения об особенностях биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга детей 12 лет, занимающихся дайвингом в условиях бассейна. Данная разработка выполнена в соответствии с темой исследования «Особенности биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей, занимающихся дайвингом», утвержденной на совете по координации НИР СибГУФК 24.01.2013 г.

В результате внедрения новых теоретических сведений об изменениях в биоэлектрической активности и кровоснабжении головного мозга детей 12 лет в процессе занятий дайвингом у студентов специальности плавания, как будущих специалистов в области оздоровительного плавания повысился уровень знаний о влиянии дайвинга на центральную нервную систему и гемодинамику головного мозга детей. Сведения внедрены в лекционный курс о средствах оздоровительного плавания.

Автор-разработчик

Елохова Ю.А.

«13» июня 2013 г.

От организации заказчика

ответственный за внедрение

Зав. кафедрой ТиМ плавания

СибГУФК, к.п.н., доцент

Бакшеев М.Д.

«13» июня 2013 г.

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Сибирский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России)

**Этический комитет**

634050, г.Томск, Московский тракт 2г, стр.18 телефон № 52-96-19  
*Этический комитет ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России действует в соответствии с нормами ИСН ГСР*

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**Регистрационный номер:** 3435/1

**Дата регистрации:** 23 сентября 2013 г.

**Дата проведения заседания:** 28 октября 2013 г.

**Название протокола:** «Особенности биоэлектрической активности и кровенаполнения мозга детей 12 лет, занимающихся дайвингом».

**Место проведения:** Лаборатория кафедры плавания, спортивно-оздоровительный комплекс «Альбатрос», г. Омск.

**Главный исследователь:** Елохова Юлия Алексеевна.

**Рецензент:** Н.Г. Жукова - д-р мед. наук, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии СибГМУ.

**Присутствовали:** Жукова Н.Г., Байков А.Н., Карзилов А.И., Куликов Е.С., Ваизова О.Е., Комкова Т.Б., Лаптева Е.В., Алябьев Ф.В., Терентьева А.А., Мартынова И.Ю.

**Представленные документы:**

1. Заявка на проведение этической экспертизы.
2. Аннотация НИР.
3. Протокол НИР.
4. Информационный листок для испытуемого.
5. Информированное согласие для испытуемого.
6. Справка о выполненном объеме НИР.
7. Регистрационная карта.

**Решение:**

Документация представлена полностью, замечаний нет. Работа соответствует требованиям этической экспертизы.

**Председатель:**  
д-р. мед. наук, профессор

**Секретарь:**



Е.Б. Букреева

И.Ю. Мартынова  
Дата: 28.10.2013г.



Министерство спорта Российской Федерации  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное  
 учреждение высшего профессионального образования  
**«Уральский государственный университет  
 физической культуры»  
 (УралГУФК)**

454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, д. 1  
 Тел./факс (351) 237-05-76

Е-mail: [uralgufk@mail.ru](mailto:uralgufk@mail.ru)

ОКПО 02926701, ОГРН 1027402926484  
 ИНН/КПП 7451002420/745101001

от 25.11.2013 № 01-1150



Утверждаю  
 И.о. ректора, д.п.н., профессор

Е.Ф.Орехов

2013 г.

#### АКТ

внедрения в учебный процесс кафедры физиологии УралГУФК Министерства спорта Российской Федерации результатов диссертационной работы Елоховой Юлии Алексеевны на тему: «Особенности биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей, занимающихся дайвингом», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.03.01 – «Физиология»

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: председателя – заведующего кафедрой физиологии д.м.н., профессора Петрушкиной Н.П. и членов комиссии: д.б.н. Латышина Я.В., к.б.н., доцента Суриной-Марышевой Е.Ф. удостоверяем, что результаты диссертационной работы Елоховой Ю.А. внедрены в учебный процесс кафедры физиологии в разделе «Физиология». Внедрены новые данные, касающиеся особенностей биоэлектрической активности и гемодинамики головного мозга у детей 12 лет при занятиях дайвингом, которые позволяют повысить уровень знаний о влиянии подводных погружений с аквалангом на центральную нервную систему и мозговое кровообращение детей.

Председатель:

Заведующий кафедрой физиологии  
 д.м.н., профессор

Н.П.Петрушкина

Члены комиссии:

1. д.б.н.
2. к.б.н., доцент

Я.В.Латышин  
 Е.Ф.Сурина-Марышева

Для представления  
в диссертационный совет

**АКТ О ВНЕДРЕНИИ**  
**результатов научных исследований**

Настоящим удостоверяется, что практические рекомендации, содержащиеся в научных статьях Елоховой Юлии Алексеевны (Аикин В.А., Елохова Ю.А., Поддубный С.К. Особенности альфа-ритма головного мозга у подростков занимающихся дайвингом. Омский научный вестник, 2012, №2(114), С. 92–96; Аикин В.А., Елохова Ю.А., Поддубный С.К., Чернышева Ж.А. Особенности кровоснабжения головного мозга у детей при обучении их дайвингу. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта, 2013, № 9 (103), С. 7–11) используются в деятельности Ханты-Мансийской городской общественной организации дайвинг клуб «Косатка» в период с 2013 года по настоящее время.

Инструктор 2 звезды CMAS-КПДР



О.В. Ленц



«Утверждаю»  
 Ректор СибГУФК   
 В.И. Михалев  
 « 18 » мар. 2014 г.

#### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт в том, что аспирантом Сибирского государственного университета физической культуры и спорта Ю.А. Елоховой в 2013-2014 годах разработаны и в 2014 году внедрены в процесс обучения детей подводному плаванию с аквалангом на базе дайвинг центра СибГУФК (г. Омск) методические рекомендации по обучению детей snorkелингу и дайвингу. Методические рекомендации разработаны в соответствии с направлением 01.02.00 «Методология и технология оздоровления различных социально-демографических групп» Сводного плана НИОКР Министерства спорта Российской Федерации на 2010-2014 гг. и включают следующие научно-обоснованные рекомендации: оценивать индивидуальные особенности центральной и церебральной гемодинамики у детей на подводные погружения с аквалангом с учетом пола и возраста при погружении на глубину не более 4,5 м; длительность занятия без использования гидрокостюма не должна быть более 30 мин; исключить повторные в течение суток подводные спуски.

Методические рекомендации позволяют повысить уровень знания инструкторов и предупредить травмы у занимающихся детей в процессе обучения дайвингу.

Автор-разработчик:  
 Аспирант кафедры АФСМиГ  
 СибГУФК  
 Ю.А. Елохова

Ст. организации заказчика:  
 ответственный за внедрение  
 инструктор СМАС-КПДР  
 В.А. Аикин

