Министерство образования и науки Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Факультет физической культуры
Кафедра спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК
Руководитель ООП
д-р мед.наук, профессор,
_____ Л.В. Капилевич
«14» июня 2019

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ И КОГНИТИВНОЙ АКТИВНОСТИ У СТУДЕНТОВ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

По основной образовательной программе подготовки магистров
Направление подготовки - 49.04.01 – Физическая культура
Овчинникова Наталия Андреевна

Научный руководитель
д-р мед. наук, профессор
_____ Л.В. Капилевич
14.06.2019
Автор работы
студентка группы №231713
_____ Н.А. Овчинникова

Томск – 2019

Содержание

ВВЕДЕНИЕ....3
ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ....6
1.1 Физические нагрузки и когнитивные функции....6
1.2 Физиология двигательной активности....8
1.3 Реоэнцефалография....12
1.4 Методы исследования функционального состояния нервной системы....19
1.5 Функциональная активность головного мозга на фоне физических нагрузок 23
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ....27
2.1 Объект и материалы исследования....27
2.2 Методы исследования....27
2.2.1 Порядок проведения исследования....27
2.2.2 Когнитивный тест....31
2.2.3 Тест с физической нагрузкой....31
2.2.4 Оценка морфофункциональных показателей....31
2.2.5 Оценка когнитивных нагрузок....32
2.2.6 Электроэнцефалография....32
2.2.7 Методы математической статистики....34
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ....35
3.1 Влияние физических нагрузок на когнитивные функции у студентов с ограниченными возможностями здоровья....35
3.2 Показатели биоэлектрической активности головного мозга у студентов с ограниченными возможностями здоровья при сочетании когнитивных и физических нагрузок....36
3.3 Характеристики мозгового кровообращения у студентов с ограниченными возможностями здоровья при сочетании когнитивных и физических нагрузок....44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ....48
ВЫВОДЫ....49
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ....50
Приложение 1....57
Приложение 2....61
Приложение 3....63

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Для изучения физиологических механизмов регуляции двигательной активности у людей с ограниченными возможностями наиболее перспективными являются показатели, характеризующие функциональное состояние центральной нервной системы [5, 13]. На воздействие экстремальных физических и психических факторов в организме формируются однотипные (неспецифические) физиологические реакции. Это способствует повышению умственной и физической работоспособности [28].

Выполнение физических упражнений связано с поступлением в центральную нервную систему сигналов о состоянии мышц, степени их сокращения или расслабления, положении тела и его частей в пространстве, поддержании позы. Вследствие этого изменяется функциональное состояние коры больших полушарий и подкорковых центров, происходит активизация процессов возбуждения и торможения, увеличивается сила и подвижность нервных процессов [8, 22], формируются новые внутри- и межсистемные связи [4].

Анализ отечественных и зарубежных источников показал, что в настоящее время в литературе имеются противоречивые данные о влиянии физической нагрузки на функциональное состояние различных органов и систем. Многие исследователи полагают, что двигательная активность оказывает стимулирующий эффект на функциональное состояние организма, способствуя увеличению адаптационных резервов и повышая устойчивость к стрессорным воздействиям [11].

Известны данные влияния физических нагрузок различного характера и умственной деятельности на изменение мозгового кровотока. Также показано, что регулярные динамические нагрузки оказывают функциональные изменения на состояние сосудов головного мозга. Однако до сих пор существует только общее представление о влиянии когнитивной деятельности на реактивность мозговых сосудов [4]. В связи с этим, представляет интерес исследование особенностей гемодинамики головного мозга при сочетании физической и когнитивной нагрузки у студентов, в частности, с ограниченными возможностями здоровья.

Объект исследования – студенты с ограниченными возможностями здоровья.

Предмет исследования – процесс адаптации студентов с ограниченными возможностями здоровья к условиям инклюзивного обучения в вузе.

Цель - изучить характер взаимодействия физической и когнитивной активности у студентов с ограниченными возможностями здоровья.

Задачи:

1. Исследовать влияние физических нагрузок на когнитивные функции у студентов с ограниченными возможностями здоровья.
2. Исследовать показатели биоэлектрической активности головного мозга у студентов с ограниченными возможностями здоровья при сочетании когнитивных и физических нагрузок.
3. Исследовать характеристики мозгового кровообращения у студентов с ограниченными возможностями здоровья при сочетании когнитивных и физических нагрузок.

Практическая значимость. Результаты, полученные в исследовании, могут применяться в методиках ЛФК в целях повышения уровня физической активности, улучшения самочувствия и самореализации при занятиях физкультурой для студентов с ОВЗ.

Структура диссертации. Данная магистерская диссертация состоит из трех глав, заключения и выводов. Содержит 22 рисунка, 4 таблицы, 3 приложения

ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

1.1 Физические нагрузки и когнитивные функции

Существуют предположения о взаимосвязи физической активности и когнитивной деятельности [11], однако выявление механизмов, лежащих в основе данной взаимосвязи, остается дискуссионной проблемой.

Регулярные занятия физическими упражнениями играют важную роль в сохранении когнитивных функций, так как современные исследования выявили, что регулярная физическая активность снижает риск цереброваскулярных заболеваний (например, инсульта) [64]. Хотя механизмы, оказывающие вазопротекторные эффекты физических упражнений, в значительной степени неизвестны, но с большой долей вероятности можно утверждать, что физические упражнения могут оказывать положительное влияние на мозговое кровообращение. Физические упражнения улучшают функцию эндотелия [18] и способствуют снижению артериальной ригидности сонной артерии [20]. Физические упражнения стимулируют ангиогенез и сосудистую функцию во многих областях мозга, включая кору [28]. Выполнение простых трудовых двигательных действий пожилыми людьми вызывает увеличение кровотока средней, передней и задней мозговых артерий [29].

Многочисленные исследования показали, наличие связи между уровнем физической активности, размерами гиппокампа и когнитивными функциями. Исследования Erickson K.I. и Kramer A.F. выявили прямую корреляцию между повышенным уровнем двигательной активности, улучшением когнитивных процессов и размерами гиппокампа, поддерживая идею, о том, что физическая деятельность приводит к анатомическим и физиологическим изменениям в головном мозге [19].

Исследования пациентов с шизофренией показали прямые корреляции между повышением уровня физической активности, увеличением объема гиппокампа, и усилением пространственной памяти [44]. Также исследования на здоровых людях показали, что высокий уровень физической активности связан с увеличением объема гиппокампа, улучшением мозгового кровотока и пространственной памяти, а также снижением числа погибших нейронов [44]. Большинство исследований проводится с участием взрослых, однако существуют данные о положительном влиянии физической активности на успеваемость школьников [11]. Аэробные упражнения способствуют увеличению скорости обработки информации у детей [25] и более высокой производительности работы мозга [13].

Reynolds D.C соавт. выявили, что 6 месяцев тренировок с использованием упражнений на координацию и совершенствование вестибулярного аппарата у детей с дислексией привели к уменьшению проблем при чтении. У студентов после выполнения таких упражнений зафиксировано улучшение словесной оперативной памяти и уменьшение невнимательности [59]. Исследование Verschuren O. и др. показали, что 8 месяцев тренировок (2 раза в неделю по 45 мин) значительно улучшает познавательную деятельность у людей с церебральным параличом в возрасте 7-20 лет. Кроме того, эффект повышения производительности мозга сохранялся в течение 4 месяцев после прекращения тренировок [76]. У грызунов с инсультом 2 недели повышенной активности (0,8 км в день), предшествующих мозговому инсульту, привели к повышению выживаемости нейронов в нескольких областях мозга [68].

Многочисленными исследованиями доказано положительное влияние физических упражнений на когнитивные функции у людей различных возрастов. Guiney H. с соавт. предполагают, что физическая активность улучшает регуляцию мозгового кровотока, что в свою очередь улучшает контроль над когнитивной деятельностью у взрослых людей, не имеющих сосудистых патологий. Именно скорость кровотока является решающим фактором, влияющим на когнитивные процессы [35]. У взрослых людей аэробные упражнения вызывают увеличение объема мозга в лобной области, повышение внимания и улучшение памяти [27]. Исследования показывают, что упражнения на выносливость защищают от ухудшения когнитивных функций с возрастом [44]. Физические упражнения способствуют повышению внимания и производительности при решении познавательных задач [29]. В экспериментальной модели инсульта у крыс, беговые упражнения способствуют ветвлению дендритов нейронов [58].

Определенный уровень физической активности является жизненно важными для поддержания состояния капилляров [64], мозгового кровотока, для доставки питательных веществ. Colcombe S.J. с соавт. выявили при помощи магнитно-резонансной томографии, что увеличение уровня физической активности обратно коррелирует со снижением объема серого и белого вещества у пожилых людей, особенно в теменной, лобной и височной областях коры головного мозга [39].

В настоящее время существуют несколько гипотез, объясняющих, как физические упражнения могут повлиять на функции мозга. Упражнение увеличивает насыщение крови кислородом [44] и стимулирует ангиогенез [43] в областях мозга, активированных при выполнении задачи. Kramer A.F. и др. обнаружили, что аэробные упражнения увеличивают скорость потребления кислорода у пожилых людей, что было связано с уменьшением времени реакции и повышением производительности мозга [44]. Вторая гипотеза предполагает, что физические упражнения способствуют повышению уровня

нейротрансмиттеров мозга, таких как серотонин и норадреналин, тем самым облегчая обработку информации [50]. Третье, и, вероятно, наиболее хорошо изученная гипотеза, заключается в том, что при физических нагрузках активируются нейротрофины, которые поддерживают работу нейронов, увеличивают их выживаемость, стимулируют дифференцировку в развивающемся головном мозге, облегчают синаптическую передачу [63].

Таким образом, по результатам многочисленных исследований выявлено положительное влияние физической активности на работу мозга. В то же время молекулярные механизмы, которые лежат в основе связи физической активности и когнитивных функций, во многом еще не выяснены.

1.2 Физиология двигательной активности

Двигательная активность (ДА) – это естественная потребность человека в движении, которая включает в себя сумму всех движений, выполняемых человеком в процессе жизнедеятельности. В результате удовлетворения потребности человека в движении происходит его всестороннее развитие, а также взаимодействие с внешней средой [16].

В основе двигательной деятельности лежат процессы координации движений, которые осуществляются в результате сложного взаимодействия различных отделов центральной нервной системы (ЦНС), в том числе с включением высших форм деятельности головного мозга. Это взаимодействие реализуется на основе как врожденных, так и выработанных связей, с участием многих рецепторных систем. Сущностью координации движений является такая пространственная и временная организация процессов возбуждения в мышечном аппарате, которая обеспечивает выполнение двигательной задачи [21].

В практической деятельности человек вступает во взаимодействие с предметами внешнего мира (например, с различными инструментами, перемещаемыми грузами и т.д.), и ему приходится преодолевать силы тяжести, трения, инерции и упругости, возникающие в процессе этого взаимодействия. Эти не мышечные силы вмешиваются в процесс движения и делают необходимым непрерывное согласование деятельности мышечного аппарата. Также необходимо учитывать изменение моментов мышечных сил по ходу движения и нейтрализовать действие непредвиденных помех, которые могут возникать во внешней среде [13].

В каждом движении используются лишь некоторые из степеней свободы, но ЦНС должна постоянно контролировать (или ограничивать) все остальные для обеспечения устойчивости. Координация новых, непривычных движений имеет характерные черты, отличающие ее от координации тех же движений, но после обучения [32]. Таким образом,

обилие степеней свободы в опорно-двигательном аппарате, влияние сил тяжести и инерции осложняют выполнение любой двигательной задачи, что сказывается на результате движения. Так, на первых этапах обучения двигательный аппарат справляется с этими трудностями, нейтрализуя помехи путем развития дополнительных мышечных напряжений. Мышечный аппарат жестко фиксирует суставы, которые не участвуют в движении, и активно тормозит инерцию быстрых движений. Такой путь преодоления помех энергетически невыгоден и утомителен, так как использование обратных связей еще несовершенно. При этом коррекционные посылки, возникающие на их основе, несоразмерны и вызывают необходимость новых коррекций [11].

По мере обучения вырабатывается такая структура двигательного акта, при которой не мышечные силы включаются в его динамику и становятся составной частью движения. При этом излишние мышечные напряжения устраняются, а движение становится более помехоустойчивым, плавным, точным и непринужденным, что приводит к экономизации мышечной деятельности. Постепенно навык становится устойчивым. Хорошо отработанный навык переходит в автоматизм, т.е. осуществляется включением в деятельность минимального количества нервных элементов и эффекторов. Такие автоматизированные навыки являются наиболее экономными. В процессе этого обучения обратные связи используются не только для коррекции движения по его ходу, но и для коррекции программы следующего движения на основе ошибок предыдущего.

Таким образом, в управлении движениями можно выделить два основных механизма. С одной стороны, при осуществлении любого движения в ЦНС на основе врожденных связей и связей, выработанных в процессе предыдущего двигательного опыта, формируется некоторая пространственно-временная структура возбуждения мышц, соответствующая данной двигательной задаче и исходному положению двигательного аппарата (программа действия). С другой стороны, важнейшим компонентом управления движениями является внесение по его ходу коррекций в первоначальную структуру мышечного возбуждения (коррекция на основе обратных связей). Относительная роль программ и обратных связей в разных движениях может быть неодинаковой. Так, быстрые движения осуществляются преимущественно на основе программы, медленные, особенно точные – с использованием обратных связей. При обучении новым движениям по мере выработки навыка роль программы возрастает [21]. А как следствие выполнение какой-либо двигательной деятельности человека связано с четким представлением о цели, задачах и ожидаемом результате этого действия, которое необходимо достигнуть.

Теория функциональных систем, предложенная П.К. Анохиным (1975)[4], позволяет найти объяснения механизмов саморегуляции физиологических процессов и структуры поведенческих реакций организма. В соответствии с этой теорией любой

целенаправленной деятельности предшествует принятие решения путем «афферентного синтеза» (анализ и синтез афферентной информации). Афферентная информация имеет четыре источника:

биологическая мотивация или инстинктивные потребности (пищевые, половые, оборонительные и пр.);

- обстановочная афферентация (условия окружающей среды);
- пусковая афферентация (непосредственный стимул для реакции);
- память (информация, возникающая в результате жизненного опыта).

Афферентный синтез заканчивается формированием программы действия, которая состоит из следующих элементов:

- эфферентная программа действия (определенная последовательность набора нервных команд, поступающих на исполнительные органы-эффекторы (например, скелетные мышцы, железы и другие внутренние органы));
- акцептор результата действия (нейронная модель предполагаемого результата, к которому должно привести данное действие).

Осуществление программы действия приводит к результату, который оценивается организмом с помощью обратной афферентации (обратной связи). Это звено замыкает сложную разомкнутую рефлекторную дугу в кольцо. Информация о реально полученном результате сравнивается с прогнозом, закодированным в акцепторе результата действия. В случае если полученный результат соответствует ожидаемому, данная «функциональная система» прекращает свое существование, так как цель, стоявшая перед организмом, достигнута [2, 32]. Таким образом, «функциональная система» представляет собой временное объединение различных элементов нервной системы (от рецепторов до органов-эффекторов), возникшее для выполнения конкретной задачи (рисунок 1).

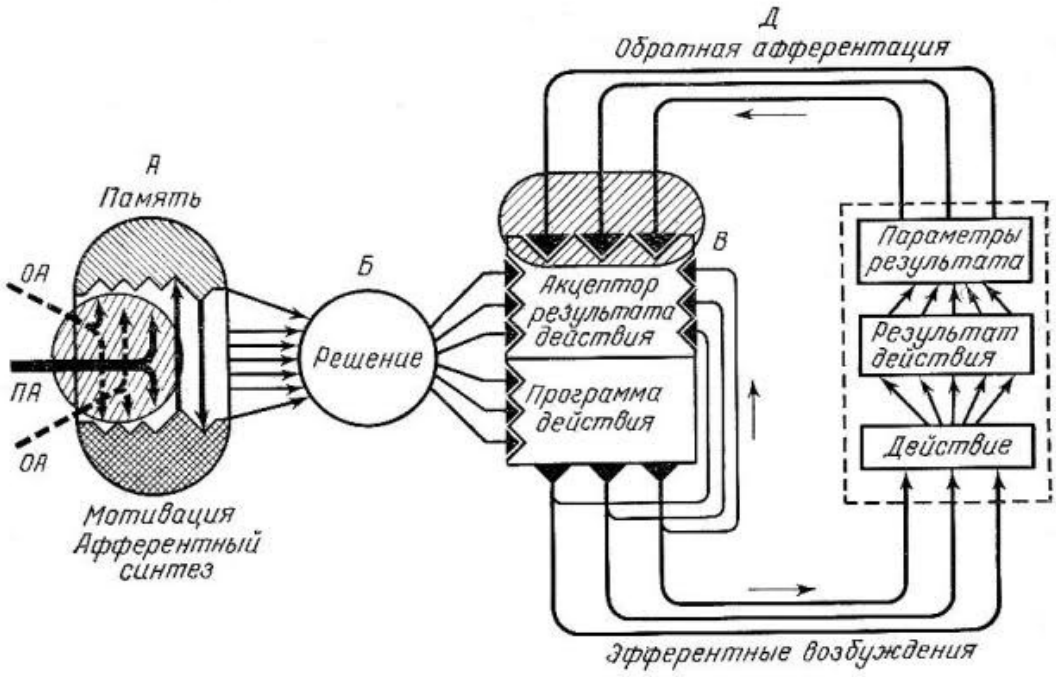


Рисунок 1 – Общая архитектура функциональной системы [7]
Примечание – ОА – обстановочная афферентация; ПА – пусковая афферентация.

Еще И.П. Павлов отмечал, что двигательная деятельность приносит человеку «мышечную радость». Во время движений ЦНС перерабатывает большой объем информации, связанный с проприоцептивной афферентацией от мышц, а функциональное состояние всех отделов ЦНС повышается [39]. Происходит активизация деятельности гипоталамо-гипофизарной системы за счет корковых посылок и рефлекторных влияний с периферии. Повышается жизненный тонус организма за счет увеличения его функциональных резервов. Возрастают устойчивость к стрессорным факторам, физическая и психическая работоспособность. Повышается частота усвоения ритма раздражений, усиливается выраженность альфа-ритма в состоянии покоя. Благодаря ДА снижается тревожность, подавляется чувство страха, боли и голода [41].

В результате всего вышеизложенного важно отметить, что для оценки функционального состояния человека требуется интегральная оценка многих функций организма. По мнению ряда авторов, электрическая активность мозга является нейрофизиологической результирующей процессов адаптации и дезадаптации [10, 47], которая при выполнении физических нагрузок может изменять свою функциональную активность [41].

1.3 Реоэнцефалография

Реоэнцефалография (РЭГ) — метод исследования кровенаполнения артерий и вен головы и шеи, который позволяет оценить тонус и полноценность кровотока в разных

отделах артериального русла и исследовать состояние венозного оттока из полости черепа [7]. Основан на измерении и записи пульсовых колебаний полного электрического сопротивления (импеданса) головного мозга при пропускании через него тока высокой частоты, слабого по силе и напряжению [19].

Он имеет ряд преимуществ: неинвазивный, простой, безопасный, безвредный, необременительный для больного, может использоваться многократно для длительной регистрации состояния сосудов головного мозга в покое и при различных функциональных и фармакологических пробах [7].

Данные реоэнцефалографии представляют собой кривую (реоэнцефалограмму), которая является суммарным отражением пульсовых изменений артериального и венозного кровенаполнения головного мозга, то есть выражением разницы пульсового объема артериальной крови, притекающей в головной мозг, и объема венозной крови, оттекающей из него. [19]

Одно из достоинств метода – возможность раздельного изучения гемодинамики в системе сонной и позвоночной артерий. Для этого традиционно используются 2 отведения – фронто-мастоидальное (FM) и окципито-мастоидальное (OM). Анализ реографических кривых проводится в 2-х направлениях:

- оценка качественных характеристик – трактовка формы кривой;
- оценка количественных характеристик – цифровая обработка [7].

При визуальном анализе формы кривой определяют крайние точки: начало, вершину, конец волны. Участок кривой от начала до вершины – восходящая (анакротическая часть), участок от вершины до конца волны – нисходящая (катакротическая часть). В норме восходящая часть более крутая, нисходящая – пологая. На нисходящей части в норме определяется инцизура, дикротический зубец и одна дополнительная волна [14].

Форма реографической кривой изменяется в зависимости от тонуса крупных и средних артерий, резистивности микроциркуляторного русла, состояния венозного оттока. Повышение артериального тонуса сопровождается замедлением подъёма анакротической части, гипотонус – ускорением. При гиперрезистивности микроциркуляции дополнительная волна нисходящей части и дикротический зубец смещаются к вершине, при понижении тонуса – они смещены вниз. Ангиодистония сопровождается характерной деформацией катакротического участка по типу «петушиного гребня». При патологии венозной системы на реографической кривой появляются так называемые дополнительные пресистолические венозные волны [14].

Реактивность сосудов мозга можно оценивать по функциональной пробе с нитроглицерином (1/4 таблетки), гипервентиляцией и др. Можно также проводить функциональные пробы с другими вазоактивными препаратами для оценки эластичности

сосудов, эффективности терапии. При исследовании состояния вертебробазилярного бассейна большое значение имеет функциональная проба Матисса – регистрация изменений кровенаполнения, тонуса артерий, артериол, состояния венозного оттока в ответ на повороты, наклоны головы [14].

Для определения состояния гемодинамики в системе позвоночно-основной артерии могут применяться не только ОМ (окципито-мастоидальное), но и окципито-париетальное (ОР) отведения [14].

Для изучения перераспределения крови между внутренней и наружной сонными артериями, имеющего особенно большое значение при поражении магистральных сосудов головы, одновременно с фронто-мастоидальным (FM) отведением, записываются реограммы с виска с расположением одного электрода спереди от слухового прохода, другого – у наружного края надбровной дуги.

Неоднозначные изменения регионарных и полушарных РЭГ под влиянием функциональных и фармакологических проб убедительно показывают правомерность синхронной записи РЭГ сразу с нескольких областей мозга без риска взаимовлияния реографических каналов друг на друга и одного отведения на другое [14].

Таким образом, выявленные с помощью РЭГ изменения мозгового кровообращения расширяют возможность познания патогенеза ряда, сосудистых заболеваний, позволяют проводить под ее контролем целенаправленную терапию вазоактивными препаратами, расширяют диагностические возможности [14].

Цифровой анализ РЭГ-волны включает в себя количественную оценку ряда показателей, характеризующих, в основном, упругость, тонус и эластичность сосудов.

1. Определение величины пульсового кровенаполнения мозга в изучаемом участке сосудистого русла (в каротидном и вертебробазилярном бассейнах). Максимальное расстояние от основания РЭГ-волны до ее вершины называется амплитудой волны. Существует прямая зависимость между уровнем пульсового кровенаполнения (ПК) и величиной амплитуды РЭГ-волны. Для оценки величины ПК вычисляется реографический индекс (РИ). Реографический индекс – это отношение величины амплитуды РЭГ-волны к величине стандартного калибровочного сигнала. Обычно используется калибровочный сигнал 0,1 Ом; можно задавать и другие его значения - 0,05; 0,2; 0,5 Ом. Реографический индекс оценивают в относительных единицах или долях Ом. Величина его зависит от возраста и в среднем, для взрослых здоровых людей равна 0,12 - 0,16 Ом во фронто-мастоидальном отведении и 0,06 – 0,09 Ом в окципито-мастоидальном отведении. Снижение показателя свидетельствует о гиповолемии, а увеличение – о гиперволемии [3].
2. Определение времени анакроты (а). Это время отражает период полного раскрытия сосуда и зависит от тонуса сосудистой стенки. Определяется от начала РЭГ-

волны до основания перпендикуляра, опущенного из вершины. У взрослых людей величина равна 0,1 сек. У детей с эластичной податливой стенкой показатель меньше. С возрастом сосудистая стенка становится более ригидной и требуется больше времени на полное раскрытие сосуда. Этот показатель увеличивается до 0,2 сек. [3].

3. МУ – тонус крупных и средних артерий выражается модулем упругости. Этот показатель определяется как отношение длительности анакроты к длительности всей волны: a/T x 100% - где a - длительность анакроты, T - длительность сердечного цикла (показатель QR на ЭКГ). Показатель в норме равен 16% - 18%. При повышении тонуса он увеличивается, но имеет в норме возрастные градации [3].

4. Время распространения РЭГ-волны. Это время от зубца Q синхронно записанной ЭКГ до начала очередной РЭГ-волны. Показатель характеризует тонус сосудов на отрезке от сердца до исследуемого участка мозга. В норме показатель равен 0,183 сек. слева и 0,192 сек. справа. При повышении тонуса время распространения волны уменьшается, иногда до 0,1 сек., при понижении - несколько увеличивается. Время анакроты может изменяться также под действием частоты сердечных сокращений – при учащении оно укорачивается, при урежении – удлиняется. Поэтому для определения эластичности стенки артерий большее значение имеет модуль упругости [3].

5. Определение тонуса артериол. Для определения тонуса артериол вычисляется дикротический индекс (ДКИ). Он зависит от периферического сосудистого сопротивления и рассчитывается как отношение величины амплитуды РЭГ-волны на уровне инцизуры к максимальной амплитуде волны: H2/ H1 x100%, где H2 - амплитуда дикроты, H1 - амплитуда волны. Его значение в норме 40-70%. Значение ДКИ меньше 40% расценивается как снижение периферического сосудистого сопротивления - гипорезистивность мелких сосудов. Повышение дикротического индекса более 70% характеризует повышение периферического сосудистого сопротивления или гиперрезистивность сосудов микроциркуляторного русла [3].

6. Определение тонуса венул. Для определения тонуса венул вычисляется диастолический индекс (ДСИ) – отношение величины амплитуды на уровне дикротического зубца к максимальной амплитуде РЭГ-волны. ДСИ = H3 /H1 x 100%, где H3 – амплитуда на уровне дикротического зубца (перпендикуляр от второго положительного зубца первой производной), H1 – амплитуда РЭГ-волны. Этот показатель отражает состояние оттока крови из артерий в венулы и характеризует тонус вен, в норме он равен 75%. Повышение его свидетельствует о затруднении венозного оттока, уменьшение показателя – о венозном застое [3].

7. Определение коэффициента межполушарной асимметрии (КА), КА=А-а х 100%. Для вычисления КА из большей величины амплитуды отнимается меньшая величина, делится на меньшую величину амплитуды и умножается на 100% [3].

8. Vср [Ом/с] – средняя скорость наполнения сосудов – отношение максимальной амплитуды к времени максимального наполнения. Используется для оценки эластико-тонических свойств сосудов. Снижение показателя свидетельствует о гипертонусе, повышение – о гипотонусе [3].

9. Vб [Ом/с] – средняя скорость быстрого наполнения – отношение амплитуды на уровне максимальной крутизны анакроты (от точки А до точки k) к времени быстрого наполнения альфа1 (α1). Используется для оценки тонуса сосудов распределения. Снижение показателя свидетельствует о гипертонусе, повышение – о гипотонусе [3].

10. Vм [Ом/с] – скорость медленного наполнения – отношение амплитуды от точки «k» до точки «m» к времени медленного наполнения. Используется для оценки тонуса сосудов сопротивления. Снижение показателя свидетельствует о гипертонусе, повышение – о гипотонусе [3].

11. Бетта (β) [с] – длительность нисходящей части реограммы – интервал от точки «m» до конца рео-волны. Используют для определения времени длительности рео-волны. Зависит от частоты сердечных сокращений. Увеличение показателя свидетельствует о наличии венозного застоя [3].

12. Vв [Ом/с] – средняя скорость систолического нарастания венозной компоненты – время от начала венозной компоненты до ее максимального систолического значения [20].

13. ВО [%] – венозный отток – характеризует величину оттока крови к сердцу в исследуемой области. Чем показатель ВО выше, тем выше отток. В значительной степени определяется тонусом венозного русла исследуемой области [3].

14. Альфа [с] – время максимального систолического наполнения сосудов – интервал от начала подъема рео-волн до максимума во время систолы. Используют для оценки состояния сосудистой стенки. Зависит от степени эластичности сосудистой стенки. Не зависит от частоты сердечных сокращений [3]. Удлинение или укорочение свидетельствуют о наличие изменений тонических свойств сосудов. Удлинение – повышение тонуса, укорочение – понижение тонуса [3].

15. Альфа1 (α1) [с] – время быстрого наполнения – интервал от начала рео-волн до точки «k». Используют для оценки состояния тонуса сосудов распределения. Зависит от ударного объема и эластичности стенок сосудов. Характеризует состояние тонуса сосудов распределения. Удлинение свидетельствует о повышении тонуса, укорочение – о понижении тонуса [3].

16. Альфа2 (α2) [с] – время медленного наполнения – интервал от точки «k» до точки «m». Рассчитывается как разница альфа – альфа1. Используют для оценки состояния

тонуса сосудов сопротивления. Зависит от состояния тонуса мелких артериальных сосудов, процессов вазоконстрикции. Характеризует состояние тонуса сосудов сопротивления. Удлинение – повышение тонуса, укорочение – понижение тонуса [3].

17. АЧП [1/с] – амплитудно-частотный показатель – отношение РИ к длительности сердечного цикла R-R. АЧП характеризует величину объемного кровотока в исследуемой области в единицу времени. Увеличение АЧП свидетельствует об увеличении объемного кровотока, снижение – о снижении [14].

Описание реоэнцефалограмм

На основании визуальной и количественной оценки реоэнцефалограмм можно выделить следующие типы РЭГ:

- Нормальный тип – реоэнцефалограмма имеет четко очерченные структурные элементы, а количественные показатели находятся в пределах возрастной нормы;
- Ангиодистонический тип (рис. 2) – на РЭГ волне могут появляться следующие признаки: а) полидикротия, б) неравномерность амплитуд реографических волн, не связанная с нарушением ритма;

Рисунок 2 – Вид кривой при ангиодистоническом типе РЭГ

- Гипертонический тип (рис. 3) – на РЭГ регистрируется нормо- или гиперволемия в сочетании с гиперрезистивностью сосудов микроциркуляторного русла, что проявляется смещением на РЭГ-волне дикротического зубца в сторону вершины в виде петушиного гребня;

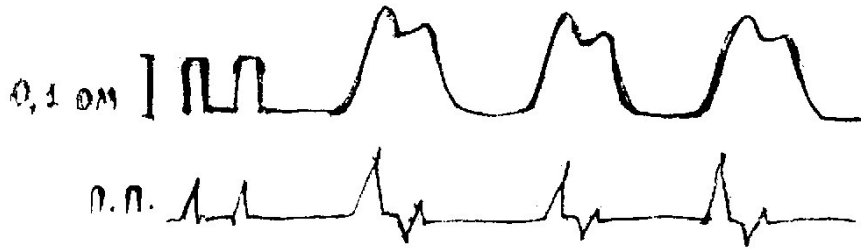


Рисунок 3 – Вид кривой при гипертоническом типе РЭГ

- Атеросклеротический тип (рис. 4) – реоэнцефалограмма имеет волны со сглаженными структурными элементами, нахождение которых возможно только с применением первой производной; волна принимает форму синусоиды, при этом отмечается снижение эластичности сосудов крупного калибра в сочетании с гиповолемией;

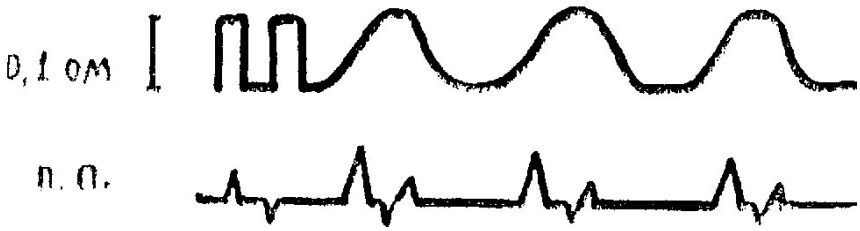


Рисунок 4 – Вид кривой при атеросклеротическом типе РЭГ

- Смешанный тип (рис. 5) – на РЭГ отмечается снижение кровенаполнения сосудов, головного мозга, повышается тонус в сосудах микроциркуляторного русла, что проявляется гиперрезистивностью, вследствие чего РЭГ-волна приобретает форму платообразную или седловидную;

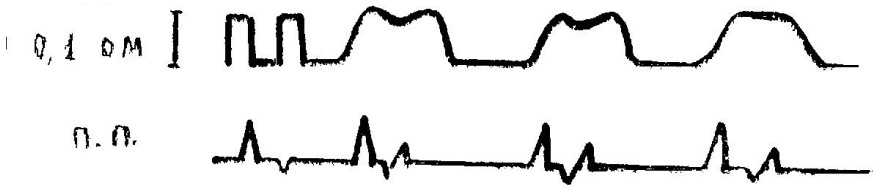


Рисунок 5 – Вид кривой при смешанном типе РЭГ

- Застойный тип (рис. 6) – при записи реоэнцефалограммы появляется дополнительная пресистолическая венозная волна, а все остальные количественные показатели могут быть в пределах возрастной нормы.

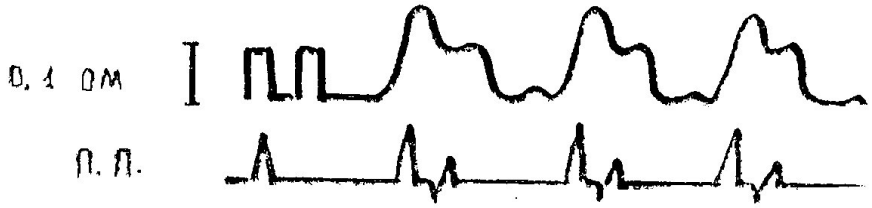


Рисунок 6 – Вид кривой при застойном типе РЭГ

Также при визуальной и количественной оценке реоэнцефалограмм выделяют такие типы РЭГ:

По показателю пульсового кровенаполнения выделяются следующие 3 типа:

а) гиповолемический (РИ <0,12 ом – в каротидном бассейне, <0,06 ом - в вертебробазилярном);

б) нормоволемический (РН - 0,12-0,15 ом – в каротидном бассейне, 0,06-0,09 ом - в вертебробазилярном)

в) гиперволемический (РИ>0,15 ом – в каротидном бассейне, >0,09 ом - в вертебробазилярном)

При наличии межполушарной асимметрии пульсового кровенаполнения в заключении отражается коэффициент межполушарной асимметрии.

По показателю тонуса микроциркуляторного русла различают три состояния:

а) гиперрезистивный тип (ДКИ> 70%);

б) норморезистивный тип (ДКИ = 40-70%);

в) гипорезистивный тип (ДКИ <40%).

При оценке состояния венозного оттока отмечают:

а. легкое затруднение венозного оттока, когда имеется прогиб катакроты в сторону от изолинии после дикротического зубца, а также увеличение ДСИ>75%;

б. умеренно выраженный венозный застой, когда выявляется дополнительная венозная волна в отдельных РЭГ - волнах;

в. выраженный венозный застой, при наличии дополнительной пресистолической волны в каждой РЭГ – волне

По реактивности сосудов головного мозга (определяют по ответной реакции на прием нитроглицерина или по другим фармакологическим пробам) выделяют (рис. 7):

а. удовлетворительную реакцию.
б. сниженную реакцию
в. отсутствие реакции.

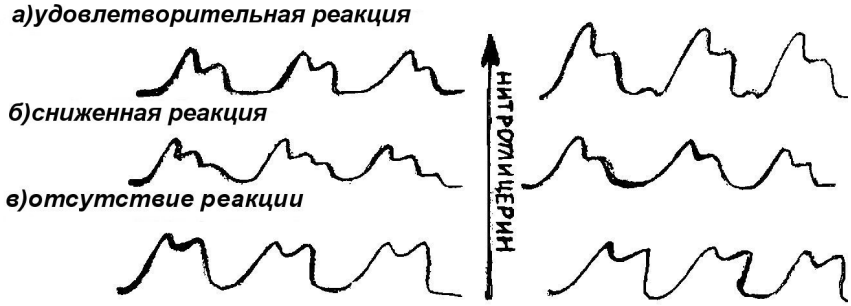


Рисунок 7 – Тип кривой реоэнцефалограммы по реактивности сосудов головного мозга

Подготовка к исследованию: за сутки до проведения РЭГ пациенту необходимо прекратить прием всех лекарственных препаратов, которые влияют на кровообращение. Следует воздержаться от курения как минимум в течение 2-х часов перед проведением обследования [7].

Проведение исследования: во время проведения реоэнцефалографии пациент может находиться в положении лежа на спине или сидя. На обезжиренную кожу головы пациента накладывают электроды, смазанные контактным гелем или пастой. Места наложения электродов зависят от отведения, в котором записывается РЭГ. Для того, чтобы сопоставить кровенаполнение сосудов с сердечным выбросом, одновременно с РЭГ производят запись ЭКГ во 2-ом отведении [7].

Противопоказания, последствия и осложнения: противопоказаний нет. Проведение функциональных проб требует особой осторожности у пациентов с эпилепсией, гипертонией, стенокардией, психическими отклонениями, поскольку может спровоцировать приступ [7].

1.4 Методы исследования функционального состояния нервной системы

В настоящее время имеются данные о том, что регулярные занятия физическими упражнениями вызывают перестройку всех функциональных систем организма. Вследствие чего они могут оказывать как благоприятное влияние на функционирование различных органов и систем организма [11], так и иметь отрицательный эффект [4, 15, 16, 28, 35]. У людей, занимающимися различными видами ДА, для изучения физиологических механизмов регуляции организма, наиболее интересными являются показатели, характеризующие функциональное состояние ЦНС, так как ведущая роль в перестройке организма под влиянием двигательной активности принадлежит ЦНС, а именно высшему ее отделу – коре больших полушарий [12].

Функциональное состояние ЦНС – это общий уровень активности нервной системы в определенный момент времени, от которого зависят границы возможностей ее жизнедеятельности. Функциональное состояние проявляется в виде так называемого уровня бодрствования организма, который, в свою очередь, определяет интенсивность (активность, скорость, «насыщенность») поведения человека. Наиболее эффективная деятельность организма наблюдается при так называемом оптимальном функциональном состоянии, соответствующему не слишком низкому и не слишком высокому уровню активации ЦНС (например, активный уровень бодрствования) [17].

На сегодняшний день одним из перспективных методов изучения функционального состояния головного мозга у людей с различным уровнем ДА, индивидуальными

особенностями формирования двигательных навыков, психологических и когнитивных функций – является неинвазивный и безопасный метод *электроэнцефалография* [18] Электрическим явлениям в коре больших полушарий головного мозга свойственна постоянная электрическая активность, являющаяся результатом генерации синаптических потенциалов и импульсных разрядов в отдельных нейронах. Генерация в коре электрических колебаний была обнаружена Р. Катонном в Англии и А. Данилевским в России (1875) [18]. Возможность регистрации биопотенциалов непосредственно от поверхности головы животных была показана В. Правдич-Неминским (1925) [13]. Г. Бергер (1929) зарегистрировал электрическую активность с поверхности головы человека – электроэнцефалограмму (ЭЭГ) [29].

ЭЭГ отражает суммарную электрическую активность многих миллионов нейронов, представленной преимущественно потенциалами дендритов и тел нервных клеток: возбудительными и тормозными постсинаптическими потенциалами и частично потенциалами действия аксонов и тел нейронов [6, 30].

Метод электроэнцефалографии позволяет оценить качественные и количественные параметры основных ритмов ЭЭГ, получаемых при регистрации (рис. 8):

- альфа-диапазон (α);
- бета-диапазон (β);
- тета-диапазон (θ).

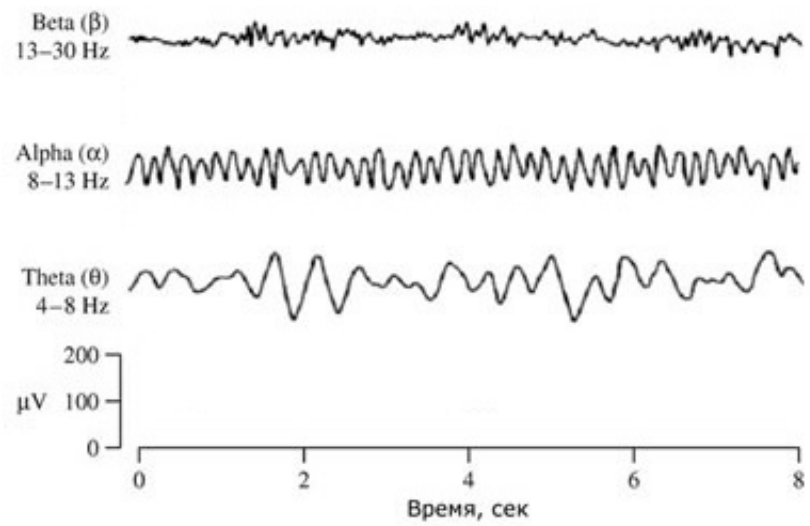


Рисунок 8 – Основные ритмы, регистрируемые при проведении электроэнцефалографии

Примечание – Beta – бета-диапазон; Alpha – альфа-диапазон; Theta – тета-диапазон; Hz – Гц, μV – мкВ.

Однако выраженность этих диапазонов будет зависеть от активности разных областей и структур головного мозга. Например, быстрые волны (бета-, альфа-) генерируются в более поверхностных структурах головного мозга, а более медленные (тета-, дельта-) – в глубоких. При этом характер их взаимодействия может изменяться в различных ситуациях (например, в условиях экзаменационного стресса или в ходе спортивной деятельности [22, 34]). Известно, что кора принимает участие в модуляции всех корковых ритмов. Так, уменьшение мощности альфа- (альфа-1, альфа-2 и альфа-3) и тета-ритмов свидетельствует о неспецифическом росте активации ЦНС, а уменьшение мощности бета-ритма – о торможении ЦНС. Исследование ритмических составляющих ЭЭГ и их пространственно-временных отношений позволяет производить анализ центральных механизмов функциональных взаимодействий, которые складываются на системном уровне в процессе выполнения физических упражнений [23].

Альфа-ритм – это ритмические синусоидальные колебания, модулированные веретенообразно, частотой 8-13 Гц и амплитудой до 100 мкВ (рисунок 3) [34]. Этот ритм ассоциируется с уменьшенной активацией головного мозга и является доминирующим ритмом покоя у бодрствующего человека, поэтому он лучше выражен при закрытых глазах обследуемого. Из-за особой пространственной организации альфа-ритм всегда привлекал внимание исследователей. В настоящее время альфа-ритм разделяют на поддиапазоны:

- альфа-1 (7,7-8,9 Гц) – низкочастотный ритм выражен в теменно-затылочных отделах головного мозга, подавляется при открывании глаз, связан с интегративной деятельностью головного мозга [29];
- альфа-2 (9,3-10,5 Гц) – среднечастотный ритм представлен в затылочных областях и подавляется при зрительной стимуляции;
- альфа-3 (10,9-12,5 Гц) – высокочастотный ритм связан с интегративной деятельностью головного мозга [29].

Кроме классического альфа-ритма выделяют височный альфа-подобный *тау-ритм*, который десинхронизуется при слуховой стимуляции и не реагирует на открывание глаз. В настоящее время исследуется его участие в анализе звуковой и речевой информации.

Мю-ритм (7-11 Гц) представляет собой аркообразные волны, регистрируемые в состоянии бодрствования в районе центральной борозды головного мозга. Десинхронизация этого ритма отмечается при планировании и выполнении движений. Предполагается, что функциональный смысл мю-ритм» заключается в передаче информации от аудиальной и визуальной коры в соматосенсорную для планирования и выполнения действия. В отличие от альфа-ритма он активируется во время психической нагрузки и напряжения.

Лобная альфа-активность обозначается, как *каппа-ритм* (8-12 Гц). В настоящее время нет единого мнения относительно мозгового происхождения данного ритма, а критерии, позволяющие разделить, каппа- и альфа-ритм, неизвестны. Отмечено, что фронтальная каппа-активность по функциональным, нейрохимическим и иным показателям является независимой активностью в альфа-полосе.

Бета-ритм – это ритм ЭЭГ с частотой 14-40 Гц и амплитудой до 25 мкВ. Выделяют низкочастотную (бета-1, 13-25 Гц) и высокочастотную (бета-2, 25-40 Гц) компоненты ритма. Бета-активность наблюдается в лобных отделах головного мозга (область центральных и лобных извилин) и на стыках веретен альфа-ритма [30]. Ритм симметричен по амплитуде справа и слева, имеет апериодичную и асинхронную форму. При десинхронизации преобладает высокочастотная компонента ритма (бета-2).

Тета-ритм – это ритм ЭЭГ с частотой 4-8 Гц, амплитудой 20-60 мкВ и периодом колебаний – 150-250 мс (рисунок 3). В состоянии бодрствования тета-ритм представлен в виде отдельных колебаний или небольших групп волн. Данный ритм определяется как ритм напряжения или стресс-ритм. Несмотря на недостаточность сведений о функциональном значении тета-ритма, есть основания связывать его с процессами снижения торможения. Стоит отметить, особую связь ритма с процессом запоминания, так как одной из структур его генерирующих, является гиппокамп, участвующий в процессе формирования следов долговременной памяти. В гиппокампе тета-ритм имеет максимальную амплитуду и выраженность.

Дельта-ритм представляет собой самые медленные волны мозговой активности с частотой колебания от 0,5 до 3,5 Гц и амплитудой 50-500 мкВ [18]. Период этих колебаний составляет от 250 мс до двух секунд [18]. Дельта-диапазон отражает физиологическое снижение уровня активации головного мозга, характерного для засыпающего человека.

Таким образом, на ЭЭГ здорового человека присутствуют альфа-, бета-, дельта- и тета-ритмы, которые отражают определенные виды активности основных отделов коры головного мозга и имеют различные характеристики [30]. Определяются эти характеристики ЭЭГ с помощью визуальной оценки и с применением методов математической обработки. Так для детальной расшифровки и анализа ЭЭГ имеет значение фильтрация и подавление помех и артефактов, а на ЭЭГ выявляется пароксизмальная активность, наличие острых волн, пиков и спайк-волн. Выявляется основной, преобладающий ритм биоэлектрической активности (у большинства здоровых взрослых людей и подростков – это альфа-ритм). Изучается симметричность электрических потенциалов нервных клеток, регистрируемых с левого и правого полушарий головного мозга. Анализируются имеющиеся на ЭЭГ патологические ритмы,

например (дельта-ритм у взрослых в состоянии бодрствования), проверяется регулярность биоэлектрической активности, амплитуда ритмов. Формируется заключение ЭЭГ.

Таким образом, по данным разных авторов спортивная деятельность, состояния тревожности, напряженности и стресса, безусловно, находят свое отражение в изменении спектральных характеристик основных ритмов ЭЭГ [29].

1.5 Функциональная активность головного мозга на фоне физических нагрузок

Анализ литературных данных свидетельствует о специфичности отражения различных эмоций в мощности альфа-ритма:

- подавление при «страхе» и «горе»;
- возрастание при «радости» и «гневе».

В некоторых исследованиях показано, что на ранних этапах эмоциональной реакции более выраженная альфа-десинхронихзация обнаружена при восприятии негативной информации по сравнению с нейтральной, негативная информация легче привлекает внимание и запоминается. М.Д. Спиридонова (2013) в своих исследованиях обнаружила, что альфа-ритм подавляется при эмоциональных переживаниях, а его смена на тета-ритм отражает развитие стрессовой реакции. С.Е. Скорикова и Е.И. Щебланова (1988), показали, что при развитии у человека отрицательных эмоций доля тета-частот заметно снижается. М.П. Иванова (1980) в своих исследованиях связывает более выраженные дельта- и тета-волны в фоновой ритмике ЭЭГ у спортсменов высокого класса, продолжающих активно выступать на соревнованиях с постепенным накоплением утомления и развитием перетренированности. Исследования, проведенные Г.Г. Князевым (2009), показали, что в ситуации моделирования тревоги спектральная мощность альфа-ритма увеличивалась у высокотревожных испытуемых в большей степени, чем у низкотревожных. Такое увеличение было связано с альфа-2 компонентом, отражающим процессы неспецифического внимания.

По мнению М.С. Головина (2016), головной мозг человека способен следовать навязываемым ритмам, что отражается в изменении функционального состояния организма. В подтверждение этому ученые приводят экспериментальные данные о том, что после однократного сеанса аудиовизуальной стимуляции снижается мощность тета-ритма, сила реакции десинхронизации альфа-ритма ослабевает, реакции активации альфа-2 ритма увеличивается. В то время как после 20-22 сеансов аудиовизуальной стимуляции мощности тета-ритма и альфа-1 поддиапазона увеличиваются, а в ответ на пробу с открыванием глаз супрессия мощности альфа-ритма усиливается [8].

Состояние спокойного бодрствования отличается от активного бодрствования более низким уровнем активации (в т.ч. структур ЦНС). При этом с ростом уровня активации ЦНС происходит повышение частоты и снижение амплитуды и регулярности волн ЭЭГ [1]. В исследованиях Т.В. Поповой (2006) показано, что для спортсменов характерна более выраженная альфа-активность и более высокая амплитуда высокочастотного и низкочастотного бета-ритма в покое, тогда как у не занимающихся спортом – более выражены тета-волны [28]. Однако Л.П. Черапкина (2011) указывает на недостаточную относительную мощность биоэлектрической активности мозга в альфа-диапазоне у спортсменов, объясняя это усилением мозговой активности [34].

Состояние активного бодрствования. Изменение уровня бодрствования протекает, как правило, на фоне перестройки ритмической активности мозга, затрагивающей практически все частотные характеристики ритмов ЭЭГ. В своих работах И.А. Шестова и Н.А. Фонсова (1989), изучая показатели ЭЭГ в динамике бодрствования пришли к выводу, что сдвигу функционального состояния головного мозга в сторону возбуждения соответствует не только амплитудные характеристики альфа-активности, но и повышение частоты доминирующих колебаний альфа-ритма. Аналогичные результаты были зафиксированы и в работе Д.Б. Линдсней (1960), который доказал прямую взаимосвязь активации с возрастанием частоты альфа-колебаний.

Некоторые авторы трактуют усиление в условиях когнитивных нагрузок медленно волновой активности в ЭЭГ лобных областей как отражение развития в них некоего лимитирующего процесса, устраняющего эндогенные и экзогенные факторы, не имеющие прямого отношения к реализуемой деятельности. Однако существуют и противоположные мнения о том, что в состоянии активного бодрствования (в условиях интеллектуальной деятельности, при выполнении корректурной пробы, зрительном слежении, в процессе решения вербальных и невербальных тестовых заданий) происходит снижение амплитуды и мощности альфа-частот. Исследование направленности внимания, а именно внешнего (к сенсорным стимулам) и внутреннего (к процессу обработки информации, например, при счете в уме или воображении), показало, что внимание к сенсорным характеристикам стимула сопровождается снижением альфа-мощности, внимание к внутренним репрезентациям отражается в повышении альфа-мощности.

Несмотря на то, что вопрос об изменении бета-ритма при повышении уровня бодрствования является наиболее сложным и наименее изученным, G. Dolce, H. Waldeier (1974) пришли к выводу о том, что повышение уровня активации мозга при решении арифметических задач, при чтении текста и просто при открывании глаз связано с ростом мощности бета-частот.

По результатам наблюдений многих авторов имеют место изменения в спектре ЭЭГ при переходе от состояния покоя к активному бодрствованию, которые приводят к увеличению мощности тета-диапазона. Так, В.Н. Кирой (1990) изучая изменения спектральных характеристик ритмов ЭЭГ, связанному с интеллектуальной деятельностью, выявил, что в этих условиях относительная мощность тета-частот преимущественно возрастает. Ряд авторов рассматривают медленную активность тета-диапазона ЭЭГ как показатель нервно-эмоционального напряжения, называя его ритмом напряжения [31].

Учеными доказано, что управляющая деятельность мозга является важнейшим аспектом формирования и реализации целенаправленных двигательных действий. Изучению изменений функционального состояния ЦНС и нервно-мышечного аппарата при выполнении циклических и ациклических упражнений в настоящее время посвящено немалое количество работ. Напряженная мышечная деятельность сопровождается развитием гипоксии, которое отражается на адаптационных механизмах организма спортсмена. Н.Г Балиоз (2013) исследуя психофизиологические механизмы адаптации, выявили, что перестройка паттернов дыхания в результате тренировки моделируют чувствительность мозговых структур к гипоксии. При этом авторы отмечают выраженную отрицательную корреляционную связь между выносливостью и мощностью альфа-ритма. Показано, что физические нагрузки совершенствует функционирование головного мозга и нервно-мышечного аппарата, благодаря чему человек способен совершенствовать физические качества, улучшать координацию движений, осваивать сложные двигательные навыки и совершенствовать технику выполнения упражнения.

ДА приводит к улучшению двигательной координации и когнитивных способностей, так как в процессе обучения физическими упражнениями на уровне ЦНС происходит образование сложных нервно-мышечных актов, при которых в коре головного мозга осуществляется формирование новых временных связей. Благодаря обучению значительно повышается выживаемость новых нейрональных связей, которые ежедневно возникают в гиппокампе. Гиппокамп, особенно чувствителен к физическим нагрузкам, участвуя в обучении и памяти, а физические упражнения тормозят его старение. ДА способствует улучшению состояния при многих нейродегенеративных заболеваниях за счет активации множества молекулярных механизмов.

Изучение механизмов функционирования головного мозга представляют собой актуальное направление. Так, например, проблема связи психофизиологических и когнитивных особенностей, функционального состояния коры головного мозга и подкорковых структур с особенностями уровня ДА человека на сегодняшний день остается недостаточно изученной.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект и материалы исследования

В наблюдении участвовали студенты Томского государственного университета в возрасте от 18 до 23 лет. Были сформированы две группы. Контрольная группа состояла из студентов с низким уровнем двигательной активности, они посещали занятия по физической культуре два раза в неделю. В экспериментальной группе участвовали студенты с ограниченными возможностями здоровья (миопия высокой степени). В каждой группе было по 10 человек.

Исследование было проведено на базе лаборатории функциональной диагностики факультета физической культуры Томского государственного университета.

Описание объектов исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Объекты исследования

Критерии	**Основная группа**	**Контрольная группа**
Количество	10	10
Пол	Юноши и девушки	Юноши и девушки
Юноши	5	5
Девушки	5	5
Возраст	18-23	18-23
Состояние здоровья	ОВЗ, миопия	Условно здоровые

Цель исследования была разъяснена участникам. Всеми участниками было подписано информированное согласие на участие в исследовании.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Порядок проведения исследования

Реографическое исследование головного мозга (РЭГ) осуществлялось с помощью аппаратно-программного комплекса «Валента» (ООО «Компания Нео», Россия) во фронто-мастоидальном (FM) и окципито-мастоидальном (OM) отведениях, которые характеризуют каротидный и вертебробазилярный бассейны соответственно. Частота зондирующего тока для РЭГ 100 кГц.

Перед исследованием проводилось измерение артериального давления, ЧСС. Полученные данные необходимы для ввода в программу «Валента» при создании индивидуальной карточки пациента.

Для снятия РЭГ использовались электроды круглой формы. Для фиксации электродов использовалась резиновая лента с прорезями. Кожа в местах наложения электродов протиралась спиртом. Для лучшего контакта и уменьшения сопротивления

предварительно смазывали кожу электродным гелем «Униагель» (Гельтек-Медика, Россия).

При наложении электродов использовалась биполярная схема. При биполярной схеме на пациента накладывают по одному электроду для ограничения исследуемого сегмента. В данной схеме используется 2-х электродный принцип измерения сопротивления при пропускании через исследуемые сегменты тока высокой частоты. В этой схеме электроды несут проводящую и измерительную функции [6].

Расположение электродов на пациенте:

- На лобном бугре – на расстоянии 1,5 см от средней линии лба до центра электрода (диаметр электрода 15 мм). Полученная точка носит название фронтальной – (F)
- За ухом – на сосцевидном отростке, определяя мастоидальную точку (M). Таким образом, мы получаем фронто-мастоидальное отведение (FM). Эта точка становится общей для обоих отведений.
- Ниже затылочного бугра, влево и вправо по выйной линии – окципитальная точка (O). Образуется окципито-мастоидальное отведение (OM). Места расположения электродов в ленте определяются индивидуально для каждого пациента из-за разных размеров лобной и затылочной областей [3]. Положение пациента во время исследования – полусидя, с применением удобного кресла. Схема наложения электродов представлена на рисунке 9.

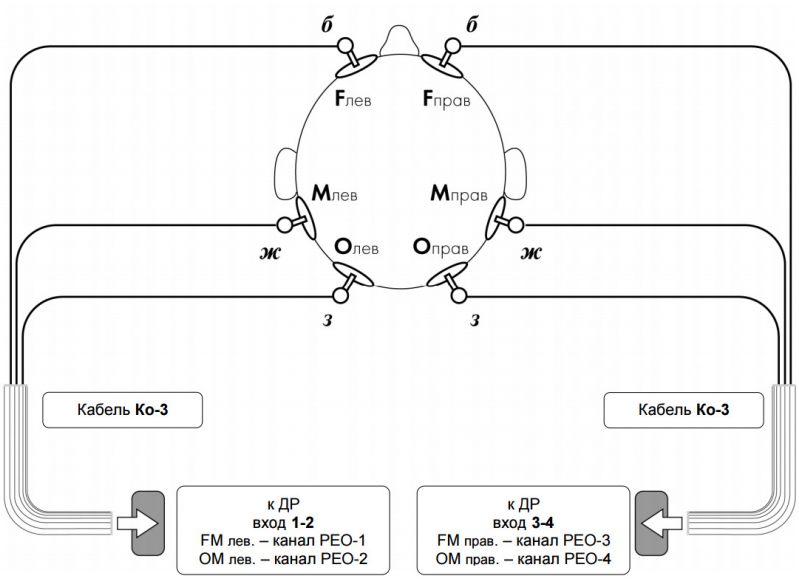


Рисунок 9 – Схема наложения электродов при регистрации РЭГ [6]

Сократительный процесс, протекающий в ходе сердечного цикла, находит отражение в ритмических колебаниях стенок крупных артерий и вен. Одновременно с записью РЭГ производилась регистрация ЭКГ во II стандартном отведении. Вид окна при регистрации РЭГ представлен на рисунке 10. Качественная и количественная оценка реограмм сводится к измерению и описанию амплитудных и временных отрезков кривой,

которые отражают состояние тонуса сосудов, их эластичность, величину ударного объема. Кроме того, вычисляются специальные реографические показатели [10].

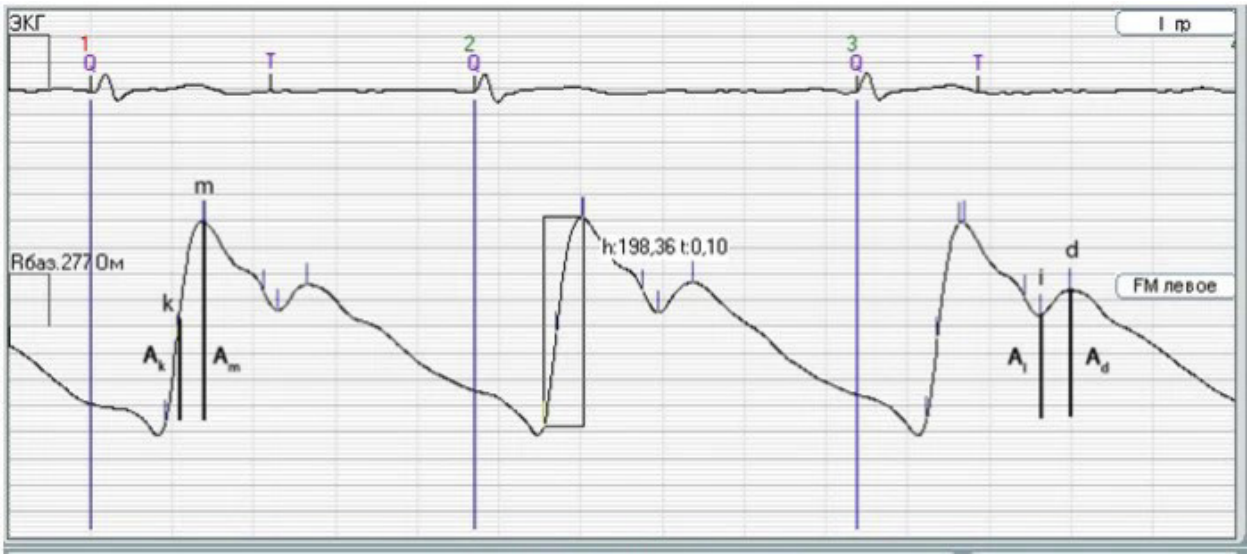


Рисунок 10 – Вид окна записи реоэнцефалограммы

Для оценки свойств сосудов и показателей гемодинамики были использованы показатели, представленные далее.

Амплитудные показатели: измеряют амплитуды перпендикуляров, опущенных из точек «k», «m», «i», «d» (рисунок 11). Величины амплитуд, в основном необходимы для расчетов показателей реограммы. Единица измерения – Ом (мОм) [3].

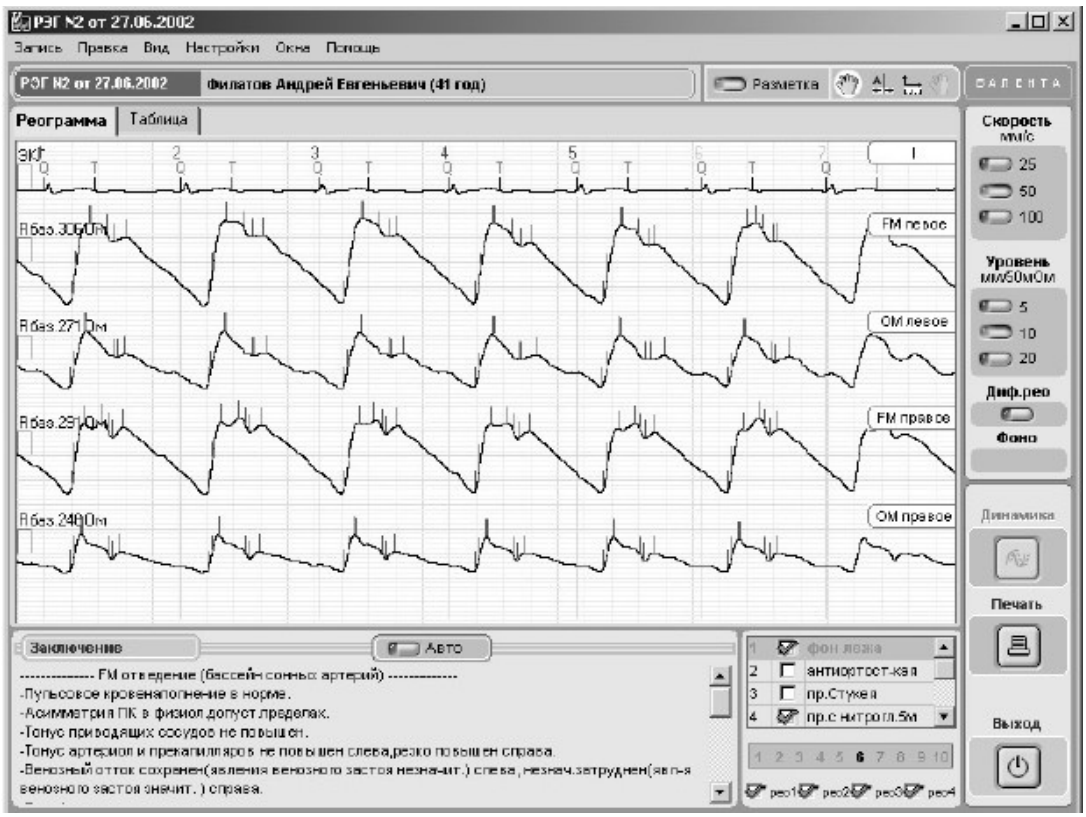


Рисунок 11 – Измерения амплитуд [3]

РИ [б/р] – реографический индекс, отношение систолической волны к стандартному калибровочному сигналу (0,1 Ом = 10 мм), выражается в относительных единицах. Этот показатель характеризует величину и скорость притока крови в исследуемой зоне. Амплитуда кривой измеряется от изолинии до высшей точки волны. РИ отражает максимальную величину избыточного объема крови в артериальной части сосудистого русла исследуемой области [14].

Увеличение показателя РИ свидетельствует об увеличении притока крови к органу. Достаточно эффективно показатель отражает величину раскрытия сосудистого русла. Сравнение показателей фоновых реограмм с показателями после применения функциональных проб позволяет судить о кровоснабжении тканей: увеличение свидетельствует об усилении кровенаполнения, уменьшение – об ухудшении кровенаполнения. В случае, если возрастает сопротивление оттока, то тот же пульсовой объем обеспечит большие величины РИ. Наоборот, снижение сопротивления оттоку при фиксированном пульсовом объеме может привести к уменьшению РИ. Открытие и закрытие артериовенозных анастомозов (шунтов) при постоянной величине пульсового объема вызовет изменения РИ как в сторону уменьшения (при открытии), так и в сторону увеличения (при закрытии) [21].

МУ [%] – модуль упругости – отношение длительности восходящей части волны к длительности всей волны. Используется для оценки эластико-тонических свойств сосудов (эластичность – увеличение показателя) [3].

ВО [%] – венозный отток – характеризует величину оттока крови к сердцу в исследуемой области. Чем показатель ВО выше, тем выше отток. В значительной степени определяется тонусом венозного русла исследуемой области [3].

ДКИ – дикротический индекс – отношение амплитуды на уровне инцизуры («i») к амплитуде систолической волны («m»). Используется для оценки состояния тонуса на уровне мелких сосудов (артериол). Увеличение показателя свидетельствует о повышении периферического сосудистого сопротивления [3].

ДСИ – диастолический индекс – отношение величины амплитуды на уровне дикротического зубца («d») к амплитуде систолической волны («m»). Характеризует тонус венул. Используют для оценки состояния оттока. При затруднении венозного оттока показатель ДСИ увеличивается [3].

2.2.2 Когнитивный тест

В качестве когнитивной нагрузки был предложен математический тест со счетом до и после физической нагрузки. Тест со счетом включал в себя вычитание одного и того же двухзначного числа из четырехзначного (например: 1578-17=1561, 1561-17=?). Оценивалось количество правильных вычислений за 1 мин.

2.2.3 Тест с физической нагрузкой

В качестве нагрузки была использована методика стандартного теста PWC170 на велоэргометре. Тест выполнялся без предварительной разминки. Он включает в себя двухступенчатую нагрузку с различной мощностью. Первый этап – педалирование на велоэргометре (Kettler ergometer, Германия) в течение 5 минут с мощностью, которая подбиралась по таблицам в соответствии с весом испытуемого. За 30 с до окончания нагрузки производилось измерение ЧСС при помощи пульсометра (Garmin forerunner 210, США). Второй этап – пассивный отдых в течение 3-х минут. Третий этап – педалирование на велоэргометре в течение 5 минут с мощностью, которая подбиралась по таблицам в зависимости от ЧСС в конце первой нагрузки. За 15 с до окончания нагрузки производилось измерение ЧСС при помощи пульсометра.

2.2.4 Оценка морфофункциональных показателей

Оценка морфофункциональных показателей проводилась согласно протоколу исследования (Таблица 2). Было проведение исследование как росто-весовых показателей испытуемых, так и функциональных (в частности, было проведено измерение ЧСС и АД). Измерения проводились согласно стандартизированным методикам.

Таблица 2 - Протокол оценки морфофункциональных показателей

Дата исследования «__» _____ 20__ г.
Ф.И.О. _____ _____ Пол ____
Дата рождения «__» _____ ____ г. Полных лет ____

№ п/п	Антропометрические показатели	Полученные данные
1	Масса тела (МТ)	
2	Длина тела (ДТ)	
Функциональные показатели		
1	ЧСС	
2	ДАД	
3	САД	

2.2.5 Оценка когнитивных нагрузок

Тест «Цифры в фигурах» проводился с целью определения объема и распределения внимания у испытуемых. Предварительно тест предлагали выполнить всем испытуемым 3-4 раза для устранения фактора научения.

Каждому испытуемому в течение секунды показывали карточку с изображением трех различных геометрических фигур, на каждой из которых были написаны разные числа (испытуемые запоминали и фигуры, и числа). После того, как убирали карточку, необходимо было ответить, на каких фигурах какие числа были написаны, сложить эти числа и назвать сумму. При повторном проведении теста после кратковременной физической нагрузки, исследуемым показывали другие карточки, на которых были изображены новые геометрические фигуры и числа. Правильно выполненное упражнение оценивалось в 1 балл, неправильное – 0 баллов. На основании полученных результатов делался вывод о проявлении таких свойств внимания, как его объем и распределение.

2.2.6 Электроэнцефалография

Электроэнцефалография является методом изучения функционального состояния коры головного мозга:

– оценка центральных механизмов функциональных взаимодействий, которые складываются на системном уровне;

– оценка качественных и количественных параметров основных ритмов ЭЭГ (альфа-, бета- и тета-ритм).

Выраженность этих ритмов будет зависеть от активности разных областей и структур головного мозга, что делает понятным изменения ЭЭГ у людей с различным уровнем ДА, индивидуальными особенностями формирования двигательных навыков, психологическими и когнитивными особенностями.

Электроэнцефалографическое обследование выполнялось на программно-аппаратном комплексе «Нейрон-спектр 4/П» (Нейрософт, Россия) в системе отведений «10-20» (рис. 12) по 8 каналам (лобные (*FM*), область центральной борозды (*C*), височные (*T*), затылочные (*O*) электроды).

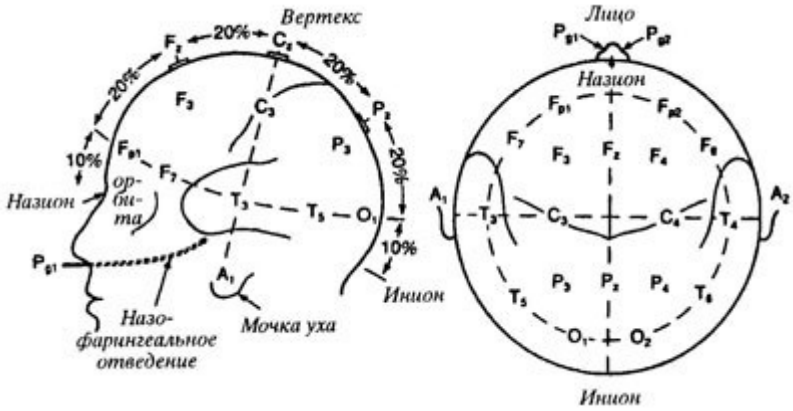


Рисунок 12 – Схема наложения электродов «10-20»

Наложение электродов осуществлялось с помощью специальной шапочки для проведения ЭЭГ (монтаж монополярный, референтные электроды – ушные (*A*)). Четные отведения – слева, нечетные – справа с соблюдением симметричности и равенства межэлектродных расстояний. С целью снижения межэлектродного сопротивления контактные площадки электродов покрывали электродной пастой. Для контроля качества наложения электродов ориентировались на значения подэлектродного импеданса (рис. 13), которые не должны превышать 15 кОм. Запись ЭЭГ велась при условии стационарности поступающего сигнала.

Процедура исследования включала запись ЭЭГ при проведении фоновой записи (в состоянии относительного покоя) – 180 с;

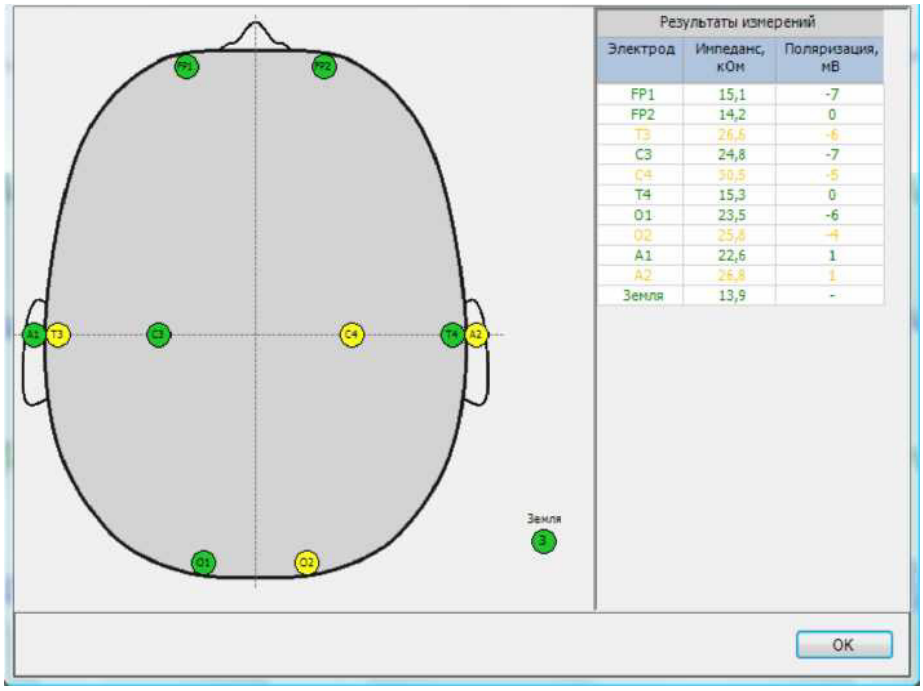


Рисунок 13 – Схема наложения активных и референтных электродов со значениями подэлектродного импеданса

2.2.7 Методы математической статистики

Статистическая обработка данных проводилась при помощи программы STATISTICA 8.0. Оценка на нормальность распределения признаков в группах производилась при помощи критерия Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilks test). Сравнительный анализ независимых выборок проводился при помощи критерия Манна-Уитни (Mann-Whitney test) и зависимых при помощи критерия Вилкоксона (Wilcoxon test). За статистически значимое различие принимали $p < 0{,}05$, $p < 0{,}001$, $p < 0{,}02$. Данные представлены в виде медианы (Me), 25-й и 75-й процентили (Q25, Q75). Для выявления связи между исследуемыми показателями проводили корреляционный анализ при помощи непараметрического критерия Спирмена. Различия считались достоверными при уровне значимости $p < 0{,}05$.

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Влияние физических нагрузок на когнитивные функции у студентов с ограниченными возможностями здоровья

Всем испытуемым в качестве когнитивной нагрузки был предложен математический тест со счетом до и после физической нагрузки. Тест со счетом включал в себя вычитание одного и того же двухзначного числа из четырехзначного (например: 1578-17=1561, 1561-17=?). Оценивалось количество вычислений за 1 мин. До выполнения физической нагрузки в основной группе в среднем количество вычислений за 1 минуту составило 9,5, при этом данный показатель статистически достоверно ниже, чем после физической нагрузки ($p < 0,05$), где было зафиксировано в среднем 13,6 вычислений, что на 43% выше показателя до нагрузки в группе студентов с ОВЗ.

В контрольной группе количество вычислений после физической нагрузки увеличилось на 20%.

В целом можно отметить, что во всех группах после физической нагрузки произошло статистически достоверное увеличение количества вычислений в сравнении с показателем до нагрузки (рис. 14).

Рисунок 14 – Результаты математического теста;

*- достоверность различий до математического теста и после ($p \leq 0,05$)

3.2 Показатели биоэлектрической активности головного мозга у студентов с ограниченными возможностями здоровья при сочетании когнитивных и физических нагрузок

В ходе электроэнцефалографического исследования была проведена оценка следующих параметров:

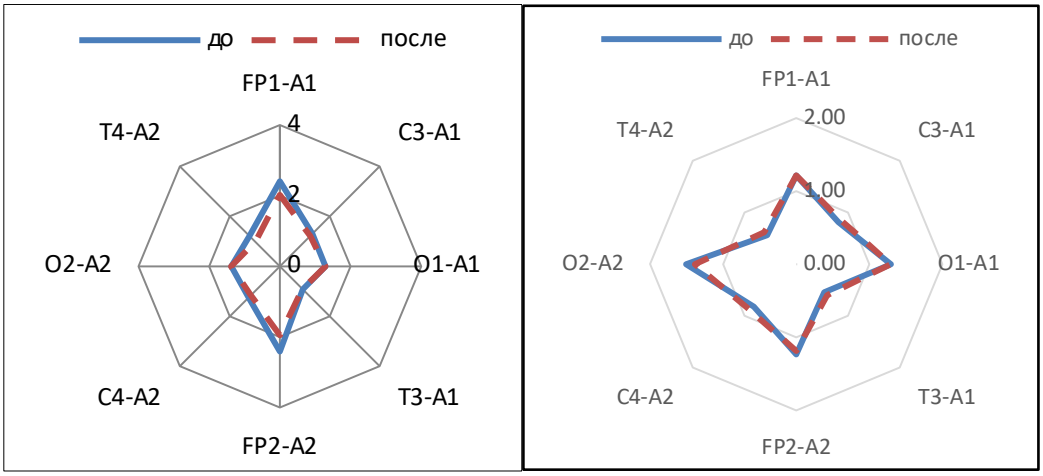
- средняя амплитуда спектра;
- средняя мощность спектра.

Эти показатели оценивались для альфа-, бета-и тета-диапазонов в лобных (FP), центральных (C), височных (T) и затылочных (O) областях коры головного мозга. (Приложение 1)

При проведении когнитивного теста до и после физической нагрузки на ЭЭГ, обследуемых над правым и левым полушарием во всех отведениях коры головного мозга зарегистрирован среднечастотный альфа-2 ритм (9,3 – 10,5 Гц). Так же при анализе ЭЭГ при выполнении когнитивного теста до и после физической нагрузки зарегистрированы тета-диапазон (4-8 Гц), низкочастотный бета-ритм (13-25 Гц) и высокочастотный бета-ритм (25-40 Гц) в обоих полушариях головного мозга.

Средняя амплитуда спектра активности альфа-2 диапазона. Показатели средней амплитуды спектра альфа-2 диапазона во всех наблюдаемых группах при выполнении когнитивного теста до и после физической нагрузки представлены в Приложении 1. Характеристика средней амплитуды спектра альфа-2 активности на фоне физической и когнитивной нагрузки представлена на рисунке 15. При выполнении когнитивного теста до физической нагрузки в контрольной группе зарегистрировано доминирование альфа-2 активности в лобных отведениях. Наблюдается функциональная асимметрия ритма с незначительным превышением средней амплитуды спектра в левом полушарии в лобном отделе во всех наблюдаемых группах. В затылочном отделе зарегистрировано незначительное превышение средней амплитуды спектра в правом полушарии коры в группе контроля. В экспериментальной группе же зарегистрировано значительное превышение средней амплитуды спектра в обоих полушариях. В области центральных извилин в обеих группах повышение незначительное, как и в височном отделе.

При выполнении когнитивного теста после физической нагрузки альфа-2 активность незначительно снижается в группе контроля, в группе студентов с отклонениями в состоянии здоровья альфа-2 активность сохраняется во всех отделах головного мозга. Доминирование альфа-2 активности зарегистрировано в лобных отведениях в группе контроля, и в затылочных отведениях в экспериментальной группе.



А Б

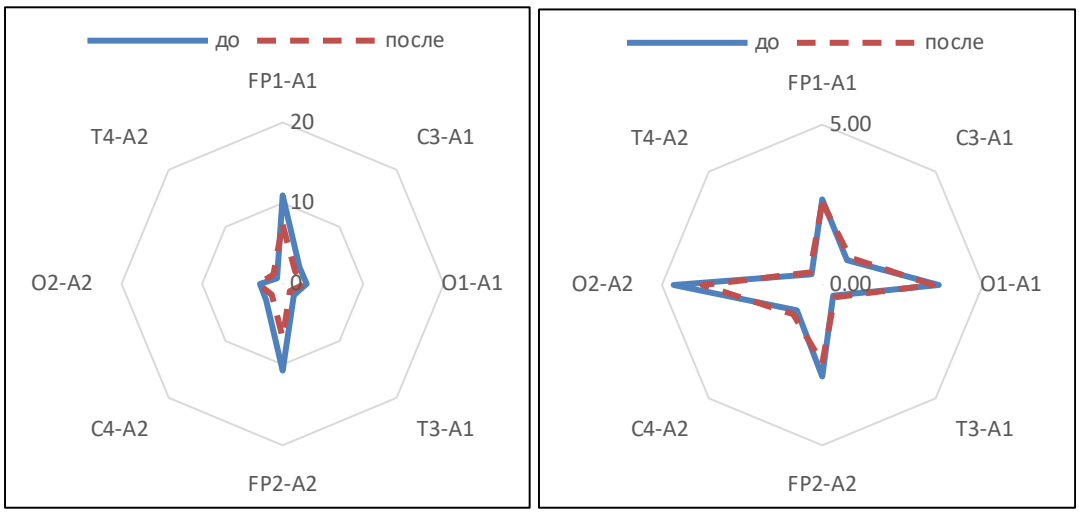
Рисунок 15 - Средние характеристики амплитуды альфа-2 активности на фоне физической и когнитивной нагрузки

А – Контрольная группа, Б – Экспериментальная группа

*- достоверность изменений после нагрузки ($p \leq 0,05$)

Средняя мощность спектра альфа-2 диапазона. Показатели средней мощности спектра альфа-2 диапазона во всех наблюдаемых группах при выполнении когнитивного теста до и после физической нагрузки представлены в Приложении 1. Характеристика средней мощности спектра альфа-2 активности на фоне физической и когнитивной нагрузки представлена на рисунке 16. При выполнении когнитивного теста до физической нагрузки большая средняя мощность спектра альфа-2 активности в контрольной группе концентрируется в лобных отделах, в затылочном отделе значительно меньше. В экспериментальной группе большая средняя мощность зарегистрирована в затылочном отделе, и немного меньше в лобных долях головного мозга.

При выполнении когнитивного теста после физической нагрузки в лобном отделе и затылочном средняя мощность спектра альфа-2 активности снижается в группе контроля. В экспериментальной группе средняя мощность альфа-2 активности затылочного отдела в правом полушарии меньше, в остальных отделах сохраняется. Доминирование средней мощности спектра альфа-2 активности зарегистрировано в лобных отведениях и затылочных во всех наблюдаемых группах.



А Б

Рисунок 16 - Средние характеристики мощности альфа-2 активности на фоне физической и когнитивной нагрузки

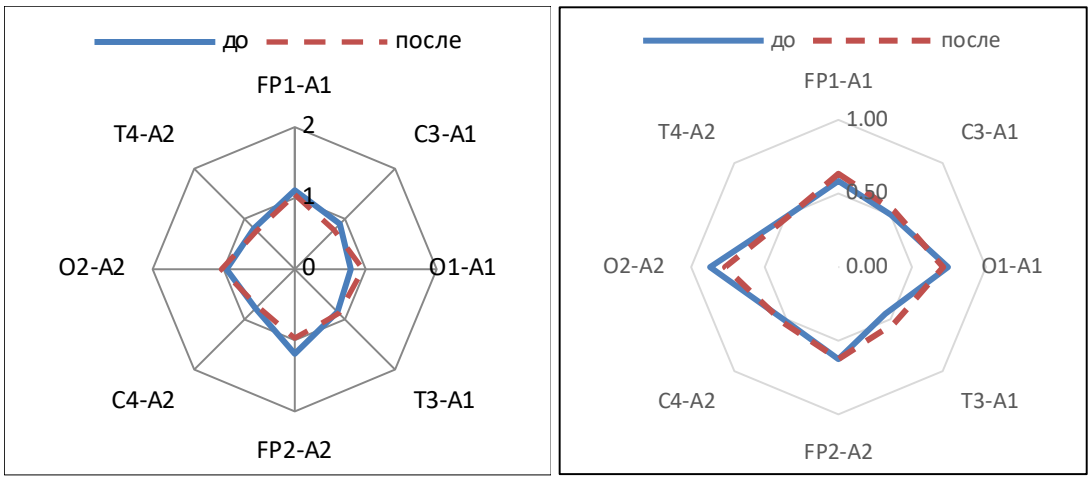
А – Контрольная группа, Б – Экспериментальная группа

*- достоверность изменений после нагрузки ($p \leq 0,05$)

Средняя амплитуда спектра активности низкочастотной компоненты бета-диапазона. Показатели средней амплитуды спектра низкочастотной компоненты бета-диапазона во всех наблюдаемых группах при выполнении когнитивного теста до и после физической нагрузки представлены в Приложении 1. Характеристика средней амплитуды спектра низкочастотной компоненты бета-диапазона на фоне физической и когнитивной нагрузки представлена на рисунке 17.

При выполнении когнитивного теста до физической нагрузки в группе контроля зарегистрировано доминирование ритма в лобных отведениях и затылочном отведении в правом полушарии. В остальных отведениях ритм превышен равномерно. В экспериментальной группе зарегистрировано доминирование ритма в затылочном отделе, преимущественно справа, также наблюдалось незначительное увеличение амплитуды в лобных отведениях, преимущественно справа.

При выполнении когнитивного теста после физической нагрузки низкочастотная бета активность усиливается в затылочном и височном отделе, снижается в лобном отделе (справа) и центральном (слева) в группе здоровых студентов. В экспериментальной группе показатели низкочастотной бета активности сохраняются, незначительно увеличивается средняя амплитуда в височной доле слева.



А Б

Рисунок 17 - Средние характеристики амплитуды бета активности на фоне физической и когнитивной нагрузки

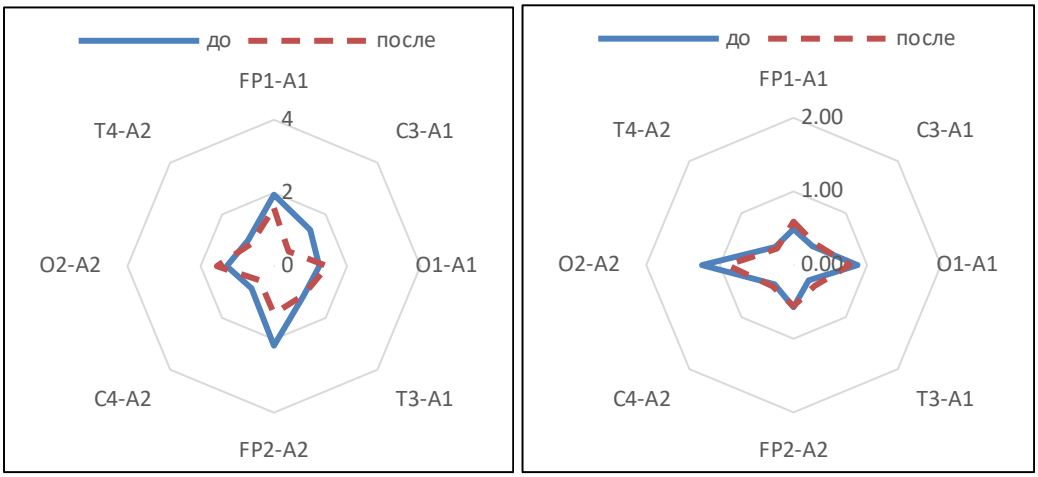
А – Контрольная группа, Б – Экспериментальная группа

*- достоверность изменений после нагрузки ($p \leq 0,05$)

Средняя мощность спектра активности низкочастотной компоненты бета-диапазона. Показатели средней мощности спектра низкочастотной компоненты бета-диапазона во всех наблюдаемых группах при выполнении когнитивного теста до и после физической нагрузки представлены в Приложении 1 и на рисунке 18.

Во время выполнения когнитивного теста до физической нагрузки в лобном отделе наблюдается значительное превышение средней мощности спектра в правом полушарии в контрольной группе. В затылочном отделе средняя мощность спектра ритма больше в правом полушарии в экспериментальной группе, в контрольной группе превышение мощности незначительное.

При выполнении когнитивного теста после физической нагрузки в лобном отделе средняя мощность спектра низкочастотного бета-ритма уменьшается в группе контроля и сохраняется в экспериментальной группе. В затылочном отделе средняя мощность уменьшается во всех группах. В височном отделе средняя мощность спектра низкочастотного бета-ритма увеличивается в обеих группах.



А Б

Рисунок 18 - Средние характеристики мощности бета активности на фоне физической и когнитивной нагрузки

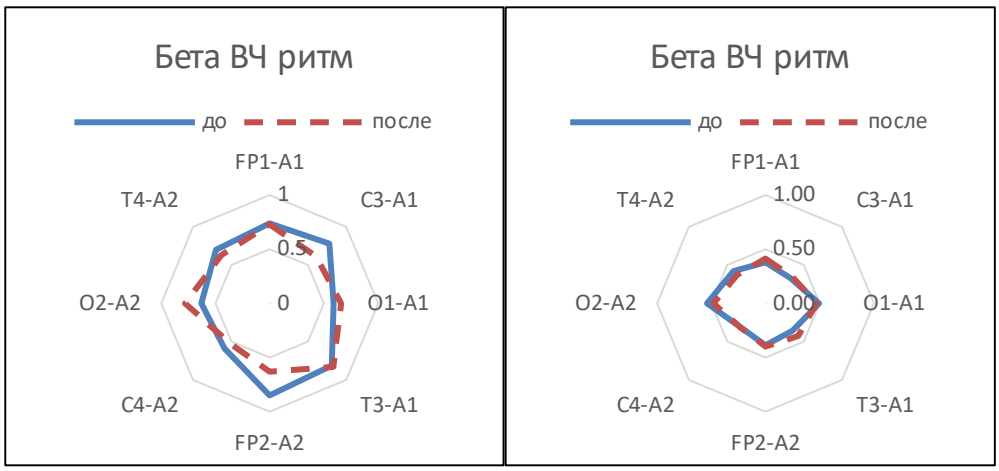
А – Контрольная группа, Б – Экспериментальная группа

*- достоверность изменений после нагрузки ($p \leq 0,05$)

Средняя амплитуда спектра активности высокочастотной компоненты бета-диапазона. Показатели средней амплитуды во всех наблюдаемых группах при выполнении когнитивного теста до и после физической нагрузки представлены в Приложении 1.

При выполнении когнитивного теста до физической нагрузки во всех исследуемых группах доминирование ритма зарегистрировано во всех отделах головного мозга, преимущественно справа (рис. 19).

При выполнении когнитивного теста после физической нагрузки высокочастотная бета активность усиливается в затылочном отделе в контрольной группе и в височном в обеих группах. В области центральных извилин активность ритма снижается в обеих группах. В затылочном отделе средняя амплитуда спектра диапазона снижается в экспериментальной группе.



А Б

Рисунок 19 - Средние характеристики амплитуды бета активности на фоне физической и когнитивной нагрузки

А – Контрольная группа, Б – Экспериментальная группа

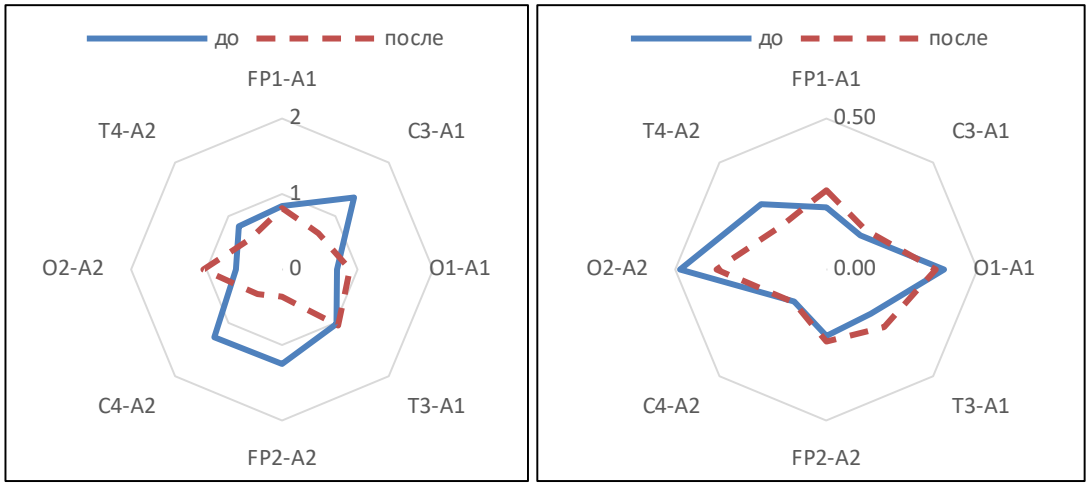
*- достоверность изменений после нагрузки ($p \leq 0,05$)

Средняя мощность спектра высокочастотной компоненты бета-диапазона. Показатели средней мощности высокочастотной компоненты бета-диапазона во всех наблюдаемых группах при выполнении когнитивного теста до и после физической нагрузки представлены в Приложение 1. Характеристика средней мощности спектра высокочастотной компоненты бета-диапазона на фоне физической и когнитивной нагрузки представлена на рисунке 20.

Во время выполнения когнитивного теста до физической нагрузки в лобном отделе наблюдается незначительное превышение средней мощности спектра в группе контроля в левом полушарии. В височном отделе средняя амплитуда спектра диапазона больше справа в исследуемых группах. В центральном отделе средняя мощность спектра больше в левом полушарии во всех исследуемых группах. В центральном отделе средняя мощность спектра диапазона больше в двух полушариях в группе контроля, тогда как в группе студентов с ОВЗ этот показатель значительно меньше. В затылочном отделе средняя мощность спектра диапазона больше в экспериментальной группе (справа).

При выполнении когнитивного теста после физической нагрузки в лобном отделе средняя мощность спектра высокочастотного бета-диапазона увеличивается в экспериментальной группе, снижается в группе контроля. В центральном отделе средняя мощность спектра диапазона понижается в обеих группах. В височном отделе средняя мощность спектра диапазона снижается во всех группах. В затылочном отделе средняя мощность спектра увеличивается во всех группах.

Доминирование средней мощности спектра высокочастотного бета-диапазона носит разнонаправленный характер во всех исследуемых группах. При этом отмечено, что в основном большая средняя мощность спектра диапазона концентрируется в центральных и затылочных отведениях.



А Б

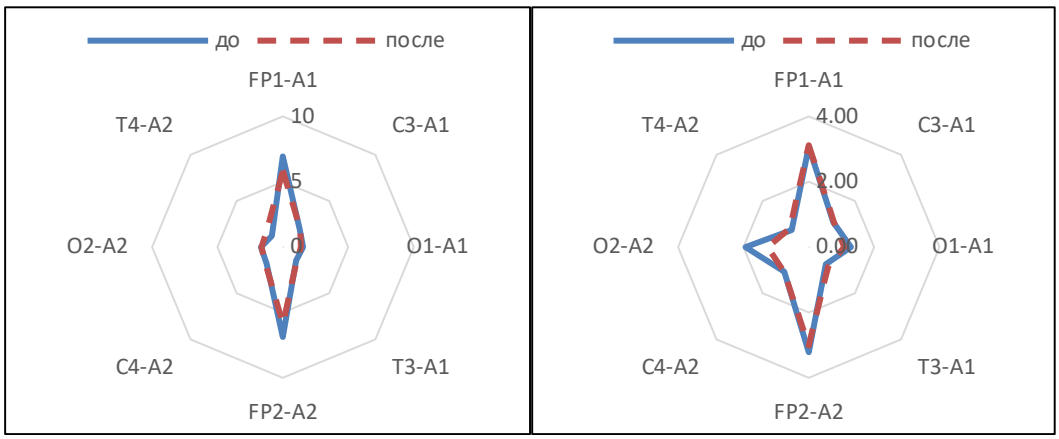
Рисунок 20 - Средние характеристики мощности бета активности на фоне физической и когнитивной нагрузки обеих групп

А – Контрольная группа, Б – Экспериментальная группа

*- достоверность изменений после нагрузки ($p \leq 0,05$)

Средняя амплитуда спектра активности тета-диапазона. Показатели средней амплитуды спектра тета-диапазона во всех наблюдаемых группах при выполнении когнитивного теста до и после физической нагрузки представлены в Приложении 1. Характеристика средней амплитуды спектра тета-диапазона на фоне физической и когнитивной нагрузки представлена на рисунке 21. При выполнении когнитивного теста до физической нагрузки во всех исследуемых группах зарегистрировано доминирование тета-диапазона в лобных отведениях. Наблюдается функциональная асимметрия ритма с незначительным превышением средней амплитуды спектра в правом и левом полушарии в затылочном отделе в экспериментальной группе.

При выполнении когнитивного теста после физической нагрузки тета-активность понижается в затылочной области в экспериментальной группе. В височном отделе и в области центральных извилин тета-активность снижается в экспериментальной группе. В лобном отделе средняя амплитуда спектра тета-диапазона уменьшается в обеих группах.



А Б

Рисунок 21 - Средние характеристики амплитуды тета активности на фоне физической и когнитивной нагрузки обеих групп

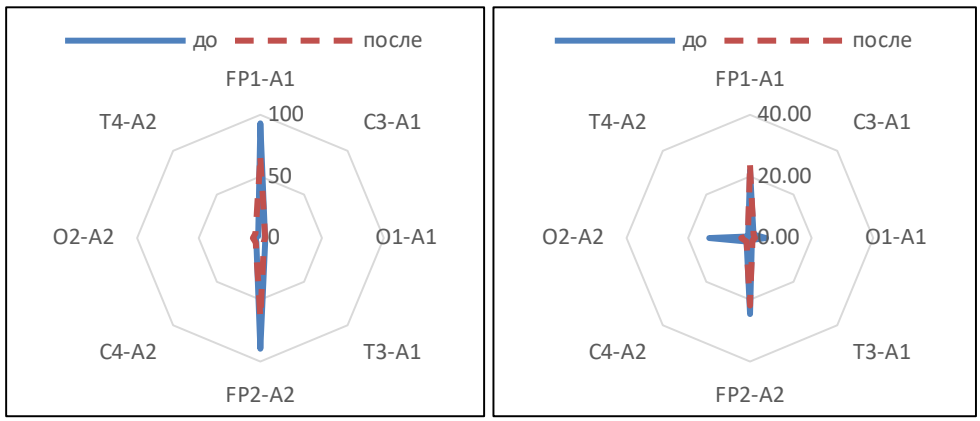
А – Контрольная группа, Б – Экспериментальная группа

*- достоверность изменений после нагрузки ($p \leq 0,05$)

Средняя мощность спектра активности тета-диапазона. Показатели средней мощности спектра тета-диапазона во всех наблюдаемых группах при выполнении когнитивного теста до и после физической нагрузки представлены в Приложении 1. Характеристика средней мощности спектра тета-диапазона на фоне физической и когнитивной нагрузки представлена на рисунке 22.

Во время выполнения когнитивного теста до физической нагрузки в лобном отделе наблюдается значительное превышение средней мощности спектра в левом и правом полушарии во всех группах. В затылочном отделе в экспериментальной группе средняя мощность спектра ритма больше в правом полушарии.

При выполнении когнитивного теста после физической нагрузки в лобном отделе и затылочном средняя мощность спектра тета-диапазона снижается во всех группах. Доминирование средней мощности спектра тета-диапазона зарегистрировано в лобных отведениях во всех наблюдаемых группах.



А Б

Рисунок 22 - Средние характеристики мощности тета активности на фоне физической и когнитивной нагрузки обеих групп

А – Контрольная группа, Б – Экспериментальная группа

*- достоверность различий с контрольной группой (p≤0,05)

3.3 Характеристики мозгового кровообращения у студентов с ограниченными возможностями здоровья при сочетании когнитивных и физических нагрузок

Всем испытуемым в качестве когнитивной нагрузки был предложен математический тест со счетом до и после физической нагрузки.

В основной группе при выполнении теста со счетом после физической нагрузки выявлены изменения ряда показателей РЭГ относительно показателей до нагрузки, снятой в положении сидя непосредственно сразу после физической нагрузки. Произошло увеличение показателей РИ в каротидном бассейне FM отведении слева и права на 18% и 33% соответственно (p <0,05). Также увеличились показатели МУ в каротидном бассейне фронто-мастоидальном отведении на 20% слева и на 24% справа, что говорит об эластичности сосудов обследуемой зоны (p <0,05). В тоже время в вертебробразилярном бассейне этот показатель остался без изменений в ОМ отведении справа и незначительно увеличился в ОМ отведении слева. Следует отметить, что при выполнении когнитивного теста незначительно возрос венозный отток в каротидном по сравнению с показателем до нагрузки. ВО увеличился на 4% и 6% справа и слева соответственно. По показателям, характеризующим состояние тонуса на уровне мелких сосудов (артериол), отмечены разнонаправленные реакции справа и слева в каротидном бассейне. Дикротический индекс снизился справа на 20%, слева произошло увеличение на 8% (p <0,05). Увеличение показателя свидетельствует о повышении периферического сосудистого сопротивления.

Показатель, характеризующий состояние оттока крови (ДСИ), снизился в левой области на 6%, в правой области на 17% (p <0,05).

В бассейне позвоночных артерий у студентов с ОВЗ при выполнении когнитивного теста после нагрузки отмечено увеличение РИ на 13% справа и снижение на 6% слева (p <0,05). Венозный отток увеличился слева на 13%, справа на 23% (p <0,05). По показателям, характеризующим соотношение притока крови, отмечены разнонаправленные реакции справа и слева в вертебробразилярном бассейне. ДКИ снизился слева на 18%, справа произошло увеличение на 12% (p <0,05). ДСИ снизился в левой области на 10%, в правой на 9%.

Таким образом, в группе студентов с ограниченными возможностями здоровья, реакции, за исключением венозного оттока, в каротидном бассейне при когнитивной нагрузке более выражены, чем в бассейне позвоночных артерий.

В контрольной группе при выполнении когнитивного теста со счетом в каротидном бассейне отмечены разнонаправленные реакции тонуса мелких сосудов – артериол и венул, а именно ДКИ снизился справа на 38% и увеличился слева на 29%, ДСИ слева увеличился на 10%, справа снизился на 33% (p <0,05). Наблюдается снижение венозного оттока слева и справа на 7% и 19% соответственно. В показателях тонуса крупных и средних артерий (МУ) во фронто-мастоидальном отведении справа и слева изменений не выявлено. Реографический индекс незначительно увеличился, слева на 4%, справа на 11%.

В бассейне позвоночных артерий у группы контроля наблюдается увеличение показателей РИ и значительное увеличение венозного оттока в левой области (на 75%). Справа венозный отток увеличен на 27%. Выявлено снижение показателей тонуса мелких сосудов – артериол и венул. ДКИ слева снижено на 45%, справа на 16% (p <0,05). ДСИ слева на 3%, справа на 17% (p <0,05). Модуль упругости слева без изменений, справа снижен на 8%.

Вышеперечисленные изменения церебральной гемодинамики во время когнитивного теста после физической нагрузки в каротидном бассейне представлены в таблице 3. Подробное описание результатов представлены в приложении 2 и 3.

Изменения мозгового кровотока во время когнитивного теста после физической нагрузки в бассейне позвоночных артерий представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Изменения церебральной гемодинамики во время когнитивного теста после физической нагрузки относительно показателей до нагрузки в каротидном бассейне

Показатель	**Отведение**	**Изменения церебральной гемодинамики во время когнитивного теста после физической нагрузки относительно показателей до нагрузки**	
		Группа студентов с ОВЗ	***Контрольная группа***
РИ [б/р]	**FM** левое	↑ на 33%	↑ на 4%
	FM правое	↑ на 18%	↑ на 11%
МУ [%]	**FM** левое	↑ на 20%	без изменений
	FM правое	↑ на 24%	без изменений
ВО [%]	**FM** левое	↑ на 4%	↓ на 7%
	FM правое	↑ на 6%	↓ на 19%
ДКИ	**FM** левое	↑ на 8%	↑ 29%
	FM правое	↓ на 20%	↓ 38%
ДСИ	**FM** левое	↓ 6%	↑ 10%
	FM правое	↓ 17%	↓ 33%

Примечание к таблице 3:
↑ – увеличение показателя;
↓ – снижение показателя.
FM – фронто-мастоидальное отведение;
OM – окципито-мастоидальное отведение;
РИ – реографический индекс;
МУ – модуль упругости;
ВО – венозный отток;
ДКИ – дикротический индекс;
ДСИ – диастолический индекс.

Таблица 4 – Изменения церебральной гемодинамики во время когнитивного теста после физической нагрузки относительно показателей до нагрузки в бассейне позвоночных артерий

Показатель	**Отведение**	**Изменения церебральной гемодинамики во время когнитивного теста после физической нагрузки относительно показателей до нагрузки**	
		Группа студентов с ОВЗ	***Контрольная группа***
РИ [б/р]	**OM** левое	↓ на 6%	↑ на 17%
	OM правое	↑ на 13%	↑ на 18%
МУ [%]	**OM** левое	↑ на 7%	без изменений
	OM правое	без изменений	↓ на 8%

Окончание таблицы 4

Показатель	**Отведение**	**Изменения церебральной гемодинамики во время когнитивного теста после физической нагрузки относительно показателей до нагрузки**

		Группа студентов с ОВЗ	***Контрольная группа***
ВО [%]	**ОМ** левое	↑ на 13%	↑ на 75%
	ОМ правое	↑ на 23%	↑ на 27%
ДКИ	**ОМ** левое	↓ на 18%	↓ на 45%
	ОМ правое	↑ на 12%	↓ на 16%
ДСИ	**ОМ** левое	↓ на 10%	↓ на 3%
	ОМ правое	↓ на 9%	↓ на 17%

Примечание к таблице 4:
↑ – увеличение показателя;
↓ – снижение показателя.
FM – фронто-мастоидальное отведение;
ОМ – окципито-мастоидальное отведение;
РИ – реографический индекс;
МУ – модуль упругости;
ВО – венозный отток;
ДКИ – дикротический индекс;
ДСИ – диастолический индекс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что после физической и когнитивной нагрузок выявлено увеличение кровенаполнения сосудов головного мозга и снижение тонуса артериол. Об увеличении перфузии головного мозга у исследуемых с ОВЗ и здоровых людей после физической и когнитивной нагрузки свидетельствует значительное увеличение показателей РИ. Этот механизм реализуется преимущественно за счет оптимизации мозгового кровообращения

Повышение кровенаполнения сосудов головного мозга может также быть следствием морфологических изменений сосудистой стенки под влиянием физических нагрузок. По литературным данным выявлено, что тренировки на выносливость, а также силовые тренировки вызывают увеличение диаметра сосудов [67, 73]. Увеличение просвета сосудов обеспечивает увеличение перфузии головного мозга после статической и динамической нагрузки.

Ключевая роль в увеличении кровотока при физических нагрузках принадлежит мышечным механорецепторам, активация которых происходит при физических нагрузках. Зарегистрировано увеличение кровотока во время статических упражнений в премоторных и моторных зонах коры головного мозга. При этом после блокады мышечных механорецепторов это увеличение устраняется [40].

В результате исследования биоэлектрической активности головного мозга в экспериментальной группе наиболее выражена активность затылочного отдела головного мозга, преимущественно справа. Практически во всех показателях амплитуда и мощность затылочных долей увеличивается до и после нагрузки в экспериментальной группе, также происходит смещение характеристик в лобных долях головного мозга. В височных долях и центральных наоборот, понижаются. В средней мощности и амплитуде тета-ритма до физической нагрузки активность затылочных долей повышается, а после – понижается.

ВЫВОДЫ

1. Физические нагрузки оказывают положительное влияние на когнитивные функции у студентов, в том числе и у студентов с ограниченными возможностями здоровья. В обеих обследованных группах после физической нагрузки произошло достоверное увеличение количества вычислений в сравнении с показателем до нагрузки, при этом у студентов с ОВЗ прирост был более выражен.
2. Физическая нагрузка способствовала смещению биоэлектрической активности в лобном и затылочном отделах головного мозга, преимущественно вправо. У студентов с ОВЗ в большей мере зарегистрировано повышение биоэлектрической активности головного мозга в затылочных долях, тогда как у здоровых студентов – в лобных.
3. Сочетание когнитивных и физических нагрузок сопровождается следующими изменениями мозгового кровообращения:
   - наблюдается увеличение кровенаполнения;
   - снижение тонуса на уровне мелких сосудов, характеризующих соотношение притока и оттока крови;
   - увеличение венозного оттока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апрелев А.Е., Пашинина Р.В., Караулова Е.С. Оценка распространенности миопии и качестве жизни больных с миопией // Медицинский вестник Башкортостана. Том 10 №2, Оренбург. 2015. С. 169– 171.
2. Бехтерева Н.П. Механизмы деятельности мозга человека. Часть I. Нейрофизиология человека / Н.П. Бехтерева. – Л.: Наука, 1988. – 677 с.
3. Блог по функциональной диагностике [Электронный ресурс]: Количественный анализ реограмм. – Режим доступа: https://fdpro.ru (дата обращения 25.10.2017).
4. Воскресенский С.А. Функциональные характеристики сердечно–сосудистой системы у спортсменов разного уровня адаптированности к специфической мышечной деятельности: дисс. канд. биол. наук / С.А. Воскресенский – Волгоград, 2011. – 163 с.
5. Головин М.С. Изменение ЭЭГ показателей у студентов, занимающихся спортом, после однократной и продолжительной низкочастотной аудиовизуальной стимуляции / М.С. Головин, Н.В. Балиоз, С.Г. Кривощеков, Р.И. Айзман // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета – 2016 – №1 (29) – С. 131-140
6. Диагностическая система “Валента” инструкция по медицинскому применению. – Иваново: ООО «Компания НЕО». – 177с.
7. Ингерлейб М.Б. Медицинские исследования: справочник / М.Б. Ингерлейб. – М., Медицина, 2013. – 290 с.
8. Кабачкова А.В. Двигательная активность студенческой молодежи / А.В. Кабачкова, В.В. Фомченко, Ю.С. Фролова // Вестник Томского государственного университета. – № 392. –2015 – С. 175- 178.
9. Капилевич Л. В. Зрительные и когнитивные вызванные потенциалы головного мозга у спортсменов / Л.В. Капилевич, Е.В. Замулина, В.Г. Шилько // Теория и практика физической культуры. – 2007. – № 3. – С. 59–61.
10. Капилевич, Л.В. Методы функционально-диагностических исследований / Л.В. Капилевич. – Томск: СибГМУ, 2005. – 154с.
11. Козлова Т. В. Физкультура для всей семьи / Т.В. Козлова, Т.А. Рябухина. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 463 с.
12. Кривощеков С.Г. Стресс, функциональные резервы и здоровье / С.Г. Кривощеков. Сибирский педагогический журнал – №9. –2012– С. 104 – 109.
13. Лалаева Г.С. Психофизиологические особенности спортсменов циклических и силовых видов спорта / Г.С. Лалаева // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 11. – С. 73–75.

14. Медицинский мониторинг. Методы исследования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.symona.ru/school/monitoring-methods/monitoring-methods_20.html (дата обращения 25.10.2017)
15. Межибор И.Г. Характеристика мозгового кровотока при сочетании физической и когнитивной нагрузки у представителей групп с различным уровнем двигательной активности // Актуальные проблемы физической культуры, спорта, туризма и рекреации, Томск. 2017. С. 146– 149.
16. Муравов И.В. Оздоровительные эффекты физической культуры и спорта / И.В. Муравов – Киев: Здоровья, 1989. – 272 с.
17. Озолин Н.Г. Настольная книга тренера / Н.Г. Озолин. – М., 2004. – 500 с.
18. Попова Т.В. Вариабельность биоэлектрической активности мозга при различных состояниях спортсменов / Т.В. Попова, Ю.И. Корюкалов, О.Г. Коурова // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 8. – С. 28-30.
19. Реоэнцефалография [Электронный ресурс]: Большая медицинская энциклопедия. URL: http://бмэ.орг/index.php/РЕОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ (дата обращения: 25.10.2017)
20. Студопедия. Справочное пособие [Электронный ресурс]: Реография в клинической практике. – Режим доступа: http://studopedia.su/15_14639_spravochnoe-posobie.html (дата обращения: 25.10.2017)
21. Учебные материалы. Реографические исследования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bone-surgery.ru/view/reograficheskie_issledovaniya/ (дата обращения 25.10.2017)
22. Черапкина Л.П. Особенности биоэлектрической активности головного мозга спортсменов / Л.П. Черапкина, В.Г. Тристан // Вестник ЮУрГУ. Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2011. – № 39. – С. 27–31.
23. Bass, R.W. Physical fitness and academic performance in middle school students / R.W. Bass, D.D. Brown, K.R. Laurson et. al. // Acta Paediatr. – 2013. – V. 102, № 8. – P. 832–937.
24. Broholm,C. LIF is a contraction-induced myokine stimulating human myocyte proliferation / C. Broholm, M.J. Laye, C. Brandt et. al. // J. Appl. Physiol. – 2011. – V. 111, № 1. – P. 251–259.
25. Buck, S.M. The relation of aerobic fitness to stroop task performance in preadolescent children / S.M. Buck, C.H. Hillman, D.M. Castelli // Med. Sci. Sports Exerc. – 2008. – V. 40, № 1. – P. 166–172.
26. Colcombe, S.J. Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans / S.J. Colcombe, K.I. Erickson, N. Raz et. al. // J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci. – 2003. – V. 58, № 2. – P. 176–180.

27. Colcombe, S.J. Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans / S.J. Colcombe, K.I. Erickson, P.E. Scalf et. al. // J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci. – 2006. – V. 61, № 11. – P. 1166–1170.
28. Crick F. Are we aware of neural activity in primary visual cortex? / F. Crick, C. Kock // Nature. – 1995. – Vol. 375. – № 11. – P. 121–123.
29. Critchley, H.D. Cerebral correlates of autonomic cardiovascular arousal: a functional neuroimaging investigation in humans / H.D. Critchley, D.R. Corfield, M.P. Chandler et. al. // J. Physiol. – 2000. – V. 523, № 1. – P. 259–270.
30. Dickerman, R.D. Middle cerebral artery blood flow velocity in elite power athletes during maximal weight-lifting / R.D. Dickerman, W.J. McConathy, G.H. Smith et. al. // Neurol. Res. – 2000. – V. 22, № 4. – P. 337–340.
31. Durrant, J.R. Voluntary wheel running restores endothelial function in conduit arteries of old mice: direct evidence for reduced oxidative stress, increased superoxide dismutase activity and down-regulation of NADPH oxidase / J.R. Durrant, D.R. Seals, M.L. Connell et. al. // J. Physiol. – 2009. – V. 587, № 13. – P. 3271–3285.
32. Erickson, K.I. Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults / K.I. Erickson, F. Kramer // Br. J. Sports Med. – 2008. – V. 43, № 1. – P. 22–24.
33. Fleenor, B.S. Arterial stiffening with ageing is associated with transforming growth factor-β1-related changes in adventitial collagen: reversal by aerobic exercise / B.S. Fleenor, K.D. Marshall, J.R. Durrant et. al. // J. Physiol. – 2010. – V. 588, № 20. – P. 3971–3982.
34. Green, D.J. Exercise and vascular adaptation in asymptomatic humans / D.J. Green, A. Spence, J.R. Halliwill et. al. // Exp. Physiol. – 2011. – V. 96, № 2. – P. 57–70.
35. Guiney, H. Evidence cerebral blood-flow regulation mediates exercise-cognition links in healthy young adults / H. Guiney, S. J. Lucas, J.D. Cotter et. al. // Neuropsychology. – 2015. – V. 29, № 1. – P. 1–9.
36. Hellstrom, G. Carotid artery blood flow and middle cerebral artery blood flow velocity during physical exercise / G. Hellstrom, W. Fischer-Colbrie, N.G. Wahlgren et. al. // J. Appl. Physiol. – 1996. – V. 81. – P. 413–418.
37. Hillman, C.H. Acute cardiovascular exercise and executive control function / C.H. Hillman, E.M. Snook, G.J. Jerome // Int. J. Psychophysiol. – 2003. – V. 48, № 3. – P. 307–314.
38. Hillman, C.H. Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children / C.H. Hillman, D.M. Castelli, S.M. Buck // Med. Sci. Sports Exerc. – 2005. – V. 37, № 11. – P. 1967–1974.
39. Huonker, M. Size and blood flow of central and peripheral arteries in highly trained able-bodied and disabled athletes / M. Huonker, A. Schmid, A. Schmidt-Trucksass et. al. // J. Appl. Physiol. – 2003. – V. 95, № 2. – P. 685–691.

40. Jørgensen, L.G. Middle cerebral artery flow velocity and blood flow during exercise and muscle ischemia in humans / L.G. Jørgensen, M. Perko, B. Hanel et. al. // J. Appl. Physiol. – 1992. – V. 72, № 3. – P. 1123–1132.
41. Jung, J. Effects of resistive exercise on cerebral blood flow velocity and pulsatility index of healthy people / J. Jung, H. Kang, S. Shim et. al. // J. Phys. Ther. Sci. – 2012. – V. 24, № 9. – P. 915–917.
42. Kim, S.S. Measuring cerebral hemodynamic changes during action observation with functional transcranial Doppler / S.S. Kim, B.H. Lee // J. Phys. Ther. Sci. – 2015. – V. 27, № 5. – P. 1379–1381.
43. Kleim, J.A. Exercise induces angiogenesis but does not alter movement representations within rat motor cortex / J.A. Kleim, N.R. Cooper, P.M. VandenBerg // Brain Res. – 2002. – V. 934, № 1. – P. 1–6.
44. Kramer, F. Ageing, fitness and neurocognitive function / F. Kramer, S. Hahn, N.J. Cohen et. al. // Nature. – 1999. – V. 400, № 6743. – P. 418–419.
45. Kulikov, V.P. Cerebral hemodynamic reactions to low-intensity physical exercise / V.P. Kulikov, N.L. Doronina, and K.K. Gatal'skii // Neurosci. Behav. Physiol. – 2009. – V. 39, № 6. – P. 581–586.
46. Lefferts, W.K. Effect of acute resistance exercise on carotid artery stiffness and cerebral blood flow pulsatility / W.K. Lefferts, J.A. Augustine, K.S. Heffernan // Front. Physiol. – 2014. – V. 5. – P 101.
47. Linkis, P. Dynamic exercise enhances regional cerebral artery mean flow velocity / P. Linkis, L.G. Jorgensen, H.L. Olesen et. al. // J. Appl. Physiol. – 1995. – V. 78. – P. 12–16.
48. Lyngeraa, T.S. Middle cerebral artery blood velocity during running / T.S. Lyngeraa, L.M. Pedersen, T. Mantoni et. al. // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2013. – V. 23, № 1. – P. 32–37.
49. McCloskey, D.P. Exercise increases metabolic capacity in the motor cortex and striatum, but not in the hippocampus / D.P. McCloskey, D.S. Adamo, B.J. Anderson // Brain Res. – 2001. – V. 891. – P. 168–175.
50. McMorris, T. A test of the catecholamines hypothesis for an acute exercise-cognition interaction / T. McMorris, K. Collard, J. Corbett et. al. // Pharmacol. Biochem. Behav. – 2008. – V. 89, № 1. – P. 106–115.
51. Miyachi, M. Effects of one-legged endurance training on femoral arterial and venous size in healthy humans / M. Miyachi, H. Tanaka, K. Yamamoto et. al. // J. Appl. Physiol. – 2001. – V. 90, № 6. – P. 2439-2444.
52. Miyachi, M. Effects of resistance training on arterial stiffness: a meta-analysis / M. Miyachi // Br. J. Sports Med. – 2013. – V. 47, № 6. – P. 393–396.
53. Ogoh, S. Cerebral blood flow during exercise: mechanisms of regulation / S. Ogoh, P.N. Ainslie // J. Appl. Physiol. – 2009. – V. 107, № 5. – P. 1370–1380.

54. Ogoh, S. Dynamic cerebral autoregulation during and after handgrip exercise in humans / S. Ogoh, K. Sato, T. Akimoto et. al. // J. Appl. Physiol. – 2010. – V. 108, № 6. – P. 1701–1705.
55. Ogoh, S. Middle cerebral artery flow velocity and pulse pressure during dynamic exercise in humans / S. Ogoh, P.J. Fadel, R. Zhang et. al. // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. – 2005. – V. 288, № 4. – P. 1526–1531.
56. Padilla, J.Vascular effects of exercise: endothelial adaptations beyond active muscle beds / J. Padilla, G.H. Simmons, S.B. Bender et. al. // Physiology (Bethesda, Md.). – 2011. – V. 26, № 3. – P. 132–145.
57. Pajonk, F.G. Hippocampal plasticity in response to exercise in schizophrenia / F.G. Pajonk, T. Wobrock, O. Gruber et. al. // Arch. Gen. Psychiatry. – 2010. – V. 67, № 2. – P. 133–143.
58. Ploughman, M. Endurance exercise facilitates relearning of forelimb motor skill after focal ischemia / M. Ploughman, Z. Attwood, N. White et. al. // Eur. J. Neurosci. – 2007. – V. 25, № 11. – P. 3453–3460.
59. Reynolds, D. Follow-up of an exercise-based treatment for children with reading difficulties / D. Reynolds, R.I. Nicolson // Dyslexia. – 2007. – V. 13, № 2. – P. 78–96.
60. Rogers, H.B. Cerebral blood flow during static exercise in humans / H.B. Rogers, T. Schroeder, N.H. Secher et. al. // J. Appl. Physiol. – 1990. – V. 68, № 6. – P. 2358–2361.
61. Sato, K. Different blood flow responses to dynamic exercise between internal carotid and vertebral arteries in women / K. Sato, T. Sadamoto // J. Appl. Physiol. – 2010. – V. 109, № 3. – P. 864–869.
62. Sato, K. The distribution of blood flow in the carotid and vertebral arteries during dynamic exercise in humans / K. Sato, S. Ogoh, A. Hirasawa et. al. // J. Physiol. – 2011. – V. 589, № 11. – P. 2847–2856.
63. Schinder A.F., ming Poo M. The neurotrophin hypothesis for synaptic plasticity / A.F. Schinder, M. ming Poo // Trends in Neurosciences. – 2000. – V. 23, № 12. – P. 639–645.
64. Schmidt, W. Train the vessel, gain the brain: Physical activity and vessel function and the impact on stroke prevention and outcome in cerebrovascular disease / W. Schmidt, M. Endres, F. Dimeo et. al. // Cerebrovascular Diseases. – 2013. – V. 35, № 4. – P. 303–312.
65. Seals, D.R. Habitual exercise and arterial aging / D.R. Seals, C.A. Desouza, A.J. Donato et. al. // J. Appl. Physiol. – 2008. – V. 105, № 4. – P. 1323–1332.
66. Secher, N.H. Cerebral blood flow and metabolism during exercise: implications for fatigue / N.H. Secher, T. Seifert, J.J. Van Lieshout // J. Appl. Physiol. – 2008. – V. 104, № 1. – P. 306–314.
67. Stebbings, G.K. Resting arterial diameter and blood flow changes with resistance training and detraining in healthy young individuals / G.K. Stebbings, C.I. Morse, G.E. McMahon et. al. // J. Athl. Train. – 2013. – V. 48, № 2. – P. 209–219.

68. Stummer, W. Reduced mortality and brain damage after locomotor activity in gerbil forebrain ischemia / W. Stummer, K. Weber, B. Tranmer et. al. // Stroke. – 1994. – V. 25. – P. 1862–1869.
69. Sugawara, J. Reductions in basal limb blood flow and lumen diameter after short-term leg casting / J. Sugawara, K. Hayashi, F. Kaneko et. al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2004. – V. 36, № 10. – P. 1689–1694.
70. Svannshvili, R.A. Athletes' physical working capacity / R.A. Svannshvili, Z.G. Sopromadze, Z.G. Kakhabrishvili et. al. // Georgian Med. News. – 2009. – № 166. – P. 68–73.
71. Tanaka, H. Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance / H. Tanaka, F.A. Dinenno, K.D. Monahan et. al. // Circulation. – 2000. – V. 102, № 11. – P. 1270–1275.
72. Tashiro, M. Application of positron emission tomography to neuroimaging in sports sciences / M. Tashiro, M. Itoh, T. Fujimoto et. al. // Methods. – 2008. – V. 45, № 4. – P. 300–306.
73. Thijssen, D.H. Impact of exercise training on arterial wall thickness in humans / D.H. Thijssen, N.T. Cable, D.J. Green // Clin. Sci. (Lond). – 2012. – V. 122, № 7. – P. 311–322.
74. Thijssen, D.H. Impact of inactivity and exercise on the vasculature in humans / D.H. Thijssen, A.J. Maiorana, G. O'Driscoll et. al. // European Journal of Applied Physiology. – 2010. – V. 108, № 5. – P. 845–875.
75. Thijssen, D.H. Local and systemic effects of leg cycling training on arterial wall thickness in healthy humans / D.H.J. Thijssen, E.A. Dawson, I.C.L. van den Munckhof et al. // Atherosclerosis. – 2013. – V. 229, № 2. – P. 282–286.
76. Verschuren, O. Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial / O. Verschuren, M. Ketelaar, J.W. Gorter et. al. // Arch. Pediatr. Adolesc. Med. – 2007. – V. 161, № 11. – P. 1075–1081.
77. Wendel-Vos, G.C.W. Physical activity and stroke. A meta-analysis of observational data / G.C.W. Wendel-Vos, A.J. Schuit, E.J.M Feskens. et. al. // Int. J. Epidemiol. – 2004. – V. 33, № 4. – P. 787–798.
78. Willie, C.K. Neurovascular coupling and distribution of cerebral blood flow during exercise / C.K. Willie, E.C. Cowan, P.N. Ainslie et. al. // J. Neurosci. Methods. – 2011. – V. 198, № 2. – P. 270–273.
79. Yamaguchi, Y. Cerebral blood flow and neurovascular coupling during static exercise / Y. Yamaguchi, H. Kashima, Y. Fukuba et. al. // J. Physiol. Sci. – 2014. – V. 64, № 3. – P. 195–201.

Приложение 1

Показатели средней амплитуды и средней мощности спектров

Средняя амплитуда частотных спектров ритмов волн				
Отведение	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	до	после	до	после
	Тета ритм			
FP1-A1	6,94 (4,44;9,42)	5,88 (3,92;8,32)*	2,59 (2,31;3,65)#	2,84 (2,33;3,53)*#
FP2-A2	6,88 (4,29;9,04)	5,88 (3,90;8,75)*	2,79 (2,31;4,12)#	2,76 (2,45;3,57)#
C3-A1	1,85 (1,55;2,24)	1,89 (1,46;2,36)	1,14 (0,91;1,19)#	1,08 (1,01;1,18)*#
C4-A2	1,76 (1,42;2,08)	1,87 (1,42;2,50)*	1,09 (0,90;1,22)#	1,07 (0,97;1,10)#
O1-A1	1,54 (1,36;1,74)	1,37 (1,18;1,49)*	1,06 (0,94;1,12)#	1,12 (1,02;1,21)*#
O2-A2	1,68 (1,38;2,09)	1,63 (1,29;2,17)	1,13 (1,00;1,73)#	1,1 (0,98;1,23)*#
T3-A1	1,44 (0,96;1,72)	1,49 (0,93;2,13)	0,73 (0,64;0,76)#	0,84 (0,81;0,93)*#
T4-A2	1,21 (1,01;1,34)	1,74 (1,07;2,54)*	0,75 (0,63;0,85)#	0,85 (0,67;0,88)*#
Средняя мощность частотных спектров ритмов волн				
FP1-A1	93 (57,79;127,07)	64,98 (23,18;116,67)*	11,6 (9,51;27,99)#	14,75 (9,32;23,92)*#
FP2-A2	89,65 (51,56;120,13)	64,72 (23,05;130,82)*	12,12 (9,60;36,59)#	13,32 (11,12;23,86)*#
C3-A1	5,24 (3,43;7,65)	5,28 (2,84;7,78)	1,75 (1,09;1,94)#	1,62 (1,29;1,83)*#
C4-A2	4,67 (3,38;6,77)	5,28 (2,46; 8,27)*	1,68 (1,07;2,01)#	1,47 (1,19;1,52)*#
O1-A1	3,5 (2,54;4,12)	4,08 (2,77;5,96)*	1,49 (1,20;1,70)#	1,68 (1,38;1,92)*#
O2-A2	4,01 (2,40;6,08)	6,19 (2,14;6,85)*	1,70 (1,39;4,17)#	1,57 (1,26;2,04)*#
T3-A1	5,36 (1,25;6,30)	4,07 (1,27;6,23)*	0,72 (0,54;0,82)#	1,06 (1,03;1,30)*#
T4-A2	2,4 (1,39;2,82)	5,68 (1,57;9,66)*	0,85 (0,52;1,00)#	1,06 (0,62;1,19)*#

Продолжение приложения 1

Средняя амплитуда частотных спектров ритмов волн				
Отведение	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	до	после	до	после
	Бета ВЧ ритм			
FP1-A1	0,74 (0,57;0,83)	0,73 (0,52;0,92)	0,35 (0,34;0,42)#	0,41 (0,40;0,42)*#
FP2-A2	0,85 (0,81;0,92)	0,63 (0,51;0,74)*	0,39 (0,33;0,44)#	0,41 (0,37;0,42)#
C3-A1	0,78 (0,44; 0,80)	0,61 (0,45;0,63)*	0,34 (0,25;0,39)#	0,33 (0,29;0,36)#
C4-A2	0,59 (0,44; 0,66)	0,52 (0,41;0,54)*	0,31 (0,27;0,38)#	0,31 (0,29;0,34)#
O1-A1	0,59 (0,37; 0,79)	0,66 (0,41;0,89)*	0,46 (0,41;0,49)#	0,49 (0,37;0,52)#
O2-A2	0,63 (0,41; 0,84)	0,78 (0,53; 1,00)*	0,48 (0,42;0,60)#	0,49 (0,42;0,53)#
T3-A1	0,81 (0,60; 1,07)	0,83 (0,48; 1,00)	0,34 (0,24;0,39)#	0,44 (0,33;0,52)*#
T4-A2	0,7 (0,45; 0,74)	0,63 (0,48; 0,74)*	0,36 (0,26;0,61)#	0,30 (0,29;0,42)*#
Средняя мощность частотных спектров ритмов волн				
FP1-A1	0,84 (0,53; 1,00)	0,81 (037; 1,14)	0,18 (0,16;0,25)#	0,26 (0,23;0,31)*#
FP2-A2	1,25 (0,86; 1,23)	0,36 (0,36; 0,73)*	0,23 (0,16;0,26)	0,23 (0,21;0,24)#
C3-A1	1,35 (0,26; 1,89)	0,68 (0,28; 0,54)*	0,17 (0,09;0,21)#	0,16 (0,12;0,19)#
C4-A2	1,27 (0,26; 0,83)	0,46 (0,25; 0,41)*	0,15 (0,1;0,21)#	0,15 (0,12;0,17)#
O1-A1	0,73 (0,48; 0,99)	0,9 (0,45; 1,38)*	0,3 (0,23;0,39)#	0,34 (0,19;0,37)#
O2-A2	0,61 (0,24; 0,99)	1,04 (0,38; 1,44)*	0,37 (0,24;0,51)#	0,35 (0,24;0,49)#
T3-A1	1,02 (0,76; 1,54)	1,05 (0,30; 1,36)	0,16 (0,08;0,23)#	0,28 (0,16;0,36)*#
T4-A2	0,81 (0,28; 0,72)	0,58 (0,32; 0,75)*	0,18 (0,09;0,52)#	0,12 (0,12;0,25)*#

Продолжение приложения 1

Средняя амплитуда частотных спектров ритмов волн				
Отведение	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	до	после	до	после
	Бета НЧ ритм			
FP1-A1	1,11 (0,90; 1,33)	1,05 (0,81; 1,27)*	0,51 (0,44;0,74)#	0,64 (0,74;0,69)*#
FP2-A2	1,19 (0,86; 1,42)	0,97 (0,81; 1,16)*	0,55 (0,48;0,77)#	0,59 (0,57;0,69)#
C3-A1	0,9 (0,67; 0,96)	0,78 (0,69; 0,82)*	0,47 (0,41;0,6)#	0,49 (0,44;0,62)#
C4-A2	0,78 (0,65;0,96)	0,74 (0,66; 0,81)	0,51 (0,4;0,63)#	0,47 (0,45;0,63)#
O1-A1	0,79 (0,69;0,98)	0,96 (0,71; 1,36)*	0,69 (0,48;1)#	0,64 (0,55;0,92)#
O2-A2	0,96 (0,77;1,18)	1,03 (0,75;1,37)*	0,86 (0,65;0,94)#	0,76 (0,61;0,91)*#
T3-A1	0,85 (0,62;1,27)	0,88 (0,56;1,20)	0,39 (0,35;0,63)#	0,52 (0,42;0,61)*#
T4-A2	0,81 (0,45;0,92)	0,76 (0,62;0,92)*	0,52 (0,33;0,62)#	0,48 (0,41;0,54)#
Средняя мощность частотных спектров ритмов волн				
FP1-A1	1,95 (1,20;2,59)	1,59 (0,96;2,10)*	0,35 (0,26;0,7)#	0,56 (0,43;0,8)*#
FP2-A2	2,17 (1,20;2,88)	1,3 (0,96;1,75)*	0,52 (0,29;0,76)#	0,55 (0,45;0,62)#
C3-A1	1,4 (0,59;1,50)	0,57 (0,62;0,85)*	0,28 (0,22;0,46)#	0,3 (0,25;0,52)#
C4-A2	0,86 (0,56;1,23)	0,55 (0,56;0,90)*	0,33 (0,21;0,5)#	0,29 (0,26;0,52)#
O1-A1	1,24 (0,67;1,49)	1,47 (0,85;2,30)*	0,63 (0,29;1,32)#	0,54 (0,41;1,11)*#
O2-A2	1,29 (0,75;1,92)	1,56 (0,80;2,53)*	1,01 (0,55;1,21)#	0,77 (0,49;1,13)*#
T3-A1	1,15 (0,50;2,09)	1,13 (0,30;1,94)	0,2 (0,16;0,52)#	0,35 (0,23;0,51)*#
T4-A2	1 (0,27;1,06)	0,87 (0,47;1,11)*	0,34 (0,15;0,49)#	0,31 (0,22;0,38)#

Окончание приложения 1

Средняя амплитуда частотных спектров ритмов волн				
Отведение	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	до	после	до	после
	Альфа ритм			
FP1-A1	2,41 (1,68;3,02)	2,02 (1,54;2,35)*	1 (0,88;1,49)#	1,19 (1,06;1,36)*#
FP2-A2	2,41 (1,67;3,26)	1,95 (1,53;2,34)*	0,98 (0,88;1,61)#	1,1 (1,03;1,29)*#
C3-A1	1,3 (1,00;1,61)	1,22 (1,00;1,37)*	0,73 (0,65;0,91)#	0,71 (0,67;0,95)#
C4-A2	1,25 (1,08;1,38)	1,16 (0,94;1,34)*	0,76 (0,7;0,99)#	0,8 (0,73;0,98)#
O1-A1	1,29 (1,06;1,61)	1,29 (0,87;1,93)	1,25 (0,93;1,73)	1,12 (1,03;1,36)*#
O2-A2	1,37 (0,93;1,66)	1,38 (0,89;1,88)	1,41 (0,94;1,79)	1,33 (1,12;1,45)*
T3-A1	0,92 (0,72;1,18)	0,91 (0,65;1,19)	0,47 (0,43;0,52)#	0,51 (0,49;0,61)#
T4-A2	1,21 (1,01; 1,34)	0,98 (0,71; 1,32)*	0,51 (0,47;0,58)#	0,57 (0,55;0,62)*#
Средняя мощность частотных спектров ритмов волн				
FP1-A1	10,96 (6,01;17,43)	7,35 (4,13;8,46)*	1,64 (1,22;4,03)#	2,32 (1,63;2,87)*#
FP2-A2	10,75 (5,80;16,18)	6,65 (4,12;8,66)*	1,4 (1,22;4,64)#	1,96 (1,62;3,01)*#
C3-A1	2,95 (1,41;3,30)	2,2 (1,34;2,83)*	0,81 (0,57;1,31)#	0,75 (0,6;1,25)*#
C4-A2	2,88 (1,58;3,20)	1,9 (1,22;2,45)*	0,87 (0,71;1,39)#	1,07 (0,75;1,33)*#
O1-A1	2,97 (1,88;3,67)	2,75 (1,51;3,46)*	2,51 (1,49;5,05)#	2,31 (1,98;2,89)*#
O2-A2	2,81 (1,14;4,30)	3,01 (1,03;4,99)*	2,76 (1,54;6,14)	2,66 (2,62;3,35)*#
T3-A1	1,99 (0,56;1,97)	1,28 (0,76;2,58)*	0,31 (0,26;0,4)#	0,37 (0,34;0,5)*#
T4-A2	0,97 (0,61;1,11)	1,61 (0,69;2,47)*	0,35 (0,3;0,44)#	0,44 (0,4;0,53)*#

* - достоверность различий до и после физической нагрузки, $p < 0,05$

- достоверность различий между экспериментальной и контрольной группами, $p < 0,05$

Приложение 2

Показатели церебральной гемодинамики в группе студентов с ОВЗ и в группе контроля в каротидном бассейне

Показатель	**Отведение**	**Когнитивный тест до нагрузки**	**Когнитивный тест после нагрузки**	**Когнитивный тест до нагрузки**	**Когнитивный тест после нагрузки**
		Группа студентов с ОВЗ		***Контрольная группа***	
РИ [б/р]	**FM** левое	1,27 (1,08;1,38)	1,69 (1,17;1,75)*	0,96 (0,92;1,09)	1,00 (0,97;1,21)*
	FM правое	1,31 (1,18;1,51)	1,55 (1,20;1,83)*	0,77 (0,69;0,79)	1,07 (0,88;1,13)*#
МУ [%]	**FM** левое	14,5 (14,0;23,0)	17,5 (16,0;21,0)*	17,0 (16,0;17,0)	17,0 (16,0;18,0)*
	FM правое	14,5 (12,0;20,0)	18,0 (15,0;20,0)*	15,0 (15,0;17,0)	15,0 (14,0;16,0)*
ВО [%]	**FM** левое	33,5 (15,0;36,0)	35,0 (33,0;68,0)*	31,0 (12,0;40,0)	29,0 (21,0;53,0)*#
	FM правое	31,5 (26,0;49,0)	33,5 (30,0;64,0)*	33,0 (24,0;33,0)	27,0 (23,0;32,0)*#
ДКИ	**FM** левое	0,46 (0,32;0,58)	0,50 (0,45;0,57)*	0,41 (0,37;0,49)	0,53 (0,45;0,55)*#
	FM правое	0,50 (0,28;0,60)	0,4 (0,35;0,41)*	0,61 (0,56;0,71)	0,38 (0,33;0,44)*#
ДСИ	**FM** левое	0,57 (0,32;0,69)	0,54 (0,49;0,64)*	0,57 (0,43;0,62)	0,63 (0,59;0,71)*#
	FM правое	0,54 (0,29;0,79)	0,45 (0,4;0,51)*	0,86 (0,79;0,90)	0,58 (0,56;0,60)*#

*- достоверность различий до и после физической нагрузки, $p < 0,05$

- достоверность различий между экспериментальной и контрольной группами, $p < 0,05$

Примечание:

^ статистически значимые различия относительно когнитивного теста до нагрузки;

Гипотеза о значимости различий принимается при условии **$p < 0,05$.**

Здесь и далее в приложении 3:

FM – фронто-мастоидальное отведение;

OM – окципито-мастоидальное отведение;

РИ – реографический индекс;

МУ – модуль упругости;
ВО – венозный отток;
ДКИ – дикротический индекс;
ДСИ – диастолический индекс.

Приложение 3

Показатели церебральной гемодинамики в группе студентов с ОВЗ и в группе контроля в бассейне позвоночных артерий

Показатель	**Отведение**	**Когнитивный тест до нагрузки**	**Когнитивный тест после нагрузки**	**Когнитивный тест до нагрузки**	**Когнитивный тест после нагрузки**
		Группа студентов с ОВЗ		***Контрольная группа***	
РИ [б/р]	**ОМ** левое	1,14 (1,0;1,87)	1,08 (0,88;1,42)*	0,73 (0,60;0,77)	0,86 (0,47;1,08)*
	ОМ правое	0,95 (0,69;1,04)	1,08 (0,96;1,33)*	0,53 (0,52;0,56)	0,63 (0,60;1,42)*#
МУ [%]	**ОМ** левое	13,0 (13,0;15,0)	14,0 (13,0;15,0)*	13,0 (13,0;14,0)	13,0 (13,0;15,0)*#
	ОМ правое	13,5 (11,0;16,0)	13,5 (13,0;15,0)*	13,0 (12,0;15,0)	12,0 (12,0;14,0)*#
ВО [%]	**ОМ** левое	36,0 (38,0;43,0)	41,0 (36,0;62,0)*	20,0 (19,0;23,0)	35,0 (33,0;48,0)*#
	ОМ правое	35,5 (20,0;54,0)	44,0 (43,0;56,0)*	36,0 (35,0;46,0)	46,0 (36,0;60,0)*#
ДКИ	**ОМ** левое	0,5 (0,20;0,55)	0,42 (0,22;0,54)*	0,52 (0,36;0,69)	0,29 (0,22;0,55)*#
	ОМ правое	0,4 (0,35;0,47)	0,45 (0,2;0,5)*	0,50 (0,39;0,60)	0,42 (0,34;0,46)*#
ДСИ	**ОМ** левое	0,61 (0,45;0,65)	0,55 (0,52;0,58)*	0,68 (0,66;0,73)	0,66 (0,66;0,67)*
	ОМ правое	0,59 (0,54;0,69)	0,54 (0,51;0,58)*	0,67 (0,67;0,86)	0,56 (0,56;0,61)*#

*- достоверность различий до и после физической нагрузки, $p < 0,05$

- достоверность различий между экспериментальной и контрольной группами, $p < 0,05$

Проверить по расширенному списку коллекций системы Руконтекст

Обработан файл:
Диплом Овчинникова 13.06.pdf.

Год публикации: 2019.

Оценка оригинальности документа - 95.68%

Процент условно корректных заимствований - 0.0%

Процент некорректных заимствований - 4.32%

Просмотр заимствований в документе

Время выполнения: 20 с.