

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВПО "СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА"

На правах рукописи

**РОГУЛЕВА ЛЮДМИЛА ГЕННАДЬЕВНА**

ВЛИЯНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ  
БОРЬБОЙ И СИЛОВЫМИ ВИДАМИ СПОРТА

03.03.01 - физиология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

д.б.н., профессор

Ю. В. Корягина

Томск– 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.....	6
2. ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ.....	13
2.1 Физиологическая факторы, лимитирующие работоспособность в силовых видах спорта и борьбе.....	13
2.1.1. Вегетативное обеспечение мышечной деятельности в силовых видах спорта и борьбе.....	14
2.1.2. Функциональное состояние нервной системы у спортсменов силовых видов спорта и борцов.....	20
2.2. Физиологическая характеристика действия транскраниальных методов стимуляции на организм человека.....	26
3. МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	41
3.1 Методологический аппарат и характеристика контингента исследуемых лиц.....	41
3.2. Методы исследования функционального состояния и работоспособности.....	46
3.3. Метод транскраниальной электростимуляция защитных механизмов мозга (ТЭС).....	54
3.4 Статистический анализ экспериментальных данных.....	55
4. ВЛИЯНИЕ СЕАНСА ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СПОРТСМЕНОВ СИЛОВЫХ ВИДОВ СПОРТА.....	57
4.1. Влияние сеанса ТЭС на функциональное состояние спортсменов силовых видов спорта в покое в подготовительном периоде тренировочного процесса.....	57
4.2. Влияние сеанса ТЭС на процессы восстановления функционального состояния после соревновательных нагрузок у пауэрлифтеров.....	59

5. ВЛИЯНИЕ СЕАНСА ТЭС НА СПЕЦИАЛЬНУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И СРОЧНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ БОРЦОВ .....	66
6. ВЛИЯНИЕ КУРСОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ БОРЦОВ И ПАУЭРЛИФТЕРОВ .....	76
6.1. Влияние курса ТЭС на функциональное состояние нервной системы пауэрлифтеров и борцов.....	76
6.2. Влияние курса ТЭС на деятельность сердечно-сосудистой системы и механизмы вегетативной регуляции функций пауэрлифтеров и борцов .....	83
6.3. Влияние курса ТЭС на гемодинамику пауэрлифтеров и борцов.....	91
6.3.1. Влияние курса ТЭС на состояние гемодинамики головного мозга пауэрлифтеров и борцов .....	91
6.3.2. Влияние курса ТЭС на функциональное состояние гемодинамики дистальных отделов нижних конечностей пауэрлифтеров и борцов .....	100
7. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	110
ВЫВОДЫ .....	116
Практические рекомендации.....	118
ЛИТЕРАТУРА .....	119
Приложения .....	144

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АПК – аппаратно-программный комплекс;
- АД – артериальное давление;
- ДАД – диастолическое артериальное давление;
- САД – систолическое артериальное давление;
- Аарт - максимальная амплитуда основной реографической волны;
- Авен/Аарт - соотношение амплитуд артериальной и венозной компонент реографической волны;
- РИ - реографический индекс;
- ДИК - дикротический индекс;
- ДИА - диастолический индекс;
- Q<sub>x</sub> - время распространения пульсовой волны;
- V<sub>макс</sub> - максимальная скорость быстрого кровенаполнения;
- V<sub>ср</sub> - средняя скорость медленного кровенаполнения;
- ПВО - показатель венозного оттока;
- ИВО\_Сим - индекс Симонсона;
- АнП – анаэробный порог;
- АэП – аэробный порог;
- АТФ – аденозинтрифосфорная кислота;
- ВАДА – всемирное антидопинговое агентство;
- ВСР – вариабельность сердечного ритма;
- ВНС – вегетативная нервная система;
- ВПр – вегетативный показатель ритма;
- ВР – вариационный размах;
- ДО – дыхательный объем;
- ДП – двойное произведение;
- ЖЕЛ – жизненная емкость легких;
- ИН – индекс напряжения;
- ИВР – индекс вегетативного равновесия;
- ИВ – индекс выносливости;

КрФ – креатинфосфат;

CV – коэффициент вариации;

МПК – максимальное потребление кислорода;

МОК – минутный объем кровообращения;

Mean – средняя длительность кардиоинтервалов;

Mo – мода;

АМо – амплитуда моды;

ТМС - транскраниальная магнитная стимуляция;

ТЭС - транскраниальная электростимуляция;

pNN50% - число кардиоинтервалов, различающихся более чем на 50мс;

ПАПР – показатель активности процессов регуляции;

Пк АЭП – потребление кислорода на уровне аэробного порога;

Пк АнП – потребление кислорода на уровне анаэробного порога;

РЭГ – реоэнцефалография;

РВГ – реовазография;

УО – ударный объем сердца;

ЦНС – центральная нервная система;

ЭОП - эндогенные опиоидные пептиды;

ЭЭГ – электроэнцефалография;

HF – мощность спектра высокочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний;

LF – мощность спектра низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний;

VLF – мощность спектра очень низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний;

ULF – мощность спектра ультра низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний;

SDNN – стандартное отклонение кардиоинтервалов;

RMSSD – среднеквадратичное различие между продолжительностью соседних кардиоинтервалов.

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность:** Проблема адаптации организма человека в условиях напряженной мышечной деятельности продолжает оставаться наиболее значимой (Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г., 1988; Платонов В.Н., 2005, 2010; Солодков А.С., 1998-2006; Фудин Н.А., 2013; Wilmore J.H., Costill D.L., 2007; Costill D. L., Wilmore J. H., Kenney W. L., 2012). Экстремальные физические и психоэмоциональные нагрузки в значительной степени затрудняют процессы адаптации, восстановления организма. Ряд авторов утверждают, что до сих пор остаются неразработанными средства ускоренного восстановления после больших тренировочных нагрузок (Эрлих В.В. с соавт., 2011; Сентябрьев Н.Н., 2010; Корягина Ю.В. с соавт., 2013, 2015; Солопов И.Н. с соавт., 2014; Аикин В.А., Корягина Ю.В., 2014).

В настоящее время известен большой арсенал фармакологических средств, оказывающих влияние на различные функции организма, способствующих повышению работоспособности спортсмена. В то же время применение многих из них ограничено из-за побочных эффектов, или наличия их в списке запрещенных субстанций и методов ВАДА, поэтому возникает необходимость использования разнообразных способов немедикаментозного воздействия.

В связи с тем, что основной системой, лимитирующей спортивную работоспособность и играющей ведущую роль в процессах утомления, является нейрогуморальная система, в последнее время растет интерес к методам, влияющим непосредственно на нее. В частности это транскраниальные методы – воздействия электрическими токами различных характеристик либо магнитным полем через кожные покровы головы (Лебедев В.П., Сергиенко В.И., 2005; Лебедев В.П., 2009; Guleyupoglu B., 2013).

Наиболее апробированным и широко используемым во всем мире в настоящее время является метод транскраниальной электростимуляции

импульсным током, называемый в настоящее время собственно транскраниальной электростимуляцией (ТЭС) (Лебедев В.П., Сергиенко В.И., 2005; Лебедев В.П., 2009). ТЭС является методом, в отношении которого экспериментально доказана его способность неинвазивно, селективно и строго дозировано активировать работу структур, продуцирующих эндогенные опиоидные пептиды (ЭОП). ТЭС избирательно активирует структуры ЭОП мозга, продуцирующие  $\beta$ -эндорфин, серотонин и некоторые другие нейротрансмиттеры, с помощью импульсного электрического воздействия, подаваемого через головные накожные электроды. ЭОП попадают в спинномозговую жидкость, а затем в кровь и оказывают нормализующее воздействие на ряд нарушенных функций организма, не влияя на нормально протекающие процессы (Лебедев В.П., 2005).

К настоящему времени в медицине достоверно установлены и систематизированы основные лечебные эффекты ТЭС: нормализация психофизиологического статуса, купирование болевых синдромов (Semёnov, F.V. et al., 2012), нормализация артериального давления (Зюзина Н.А. с соавт., 2009), стимуляция процессов репарации, метаболизма, иммунитета (Вавилова В.П., 2009). Данные о применении ТЭС в спортивной практике единичны. В ряде исследований ученые применяли ТЭС для коррекции психофизиологического статуса спортсменов (Сеин О.Б., 2008; Виноградова О.Л., 2009), центральной гемодинамики дзюдоистов после физических нагрузок (Сеин О.Б., 2009), вегетативных изменений у атлетов циклических видов спорта (Гувакова И.В. 2010, 2013), а также для повышения физической работоспособности единоборцев (Гаманилина М.А., 2008). Однако остаются недостаточно обоснованными физиологические механизмы воздействия ТЭС на функциональное состояние организма спортсменов в процессе восстановления после тренировочных и соревновательных нагрузок, не разработана методика ее применения в зависимости от требований предъявляемых видом спорта.

**Гипотеза исследования:** предполагается, что применение транскраниальной электростимуляции путем оптимизации функционального состояния организма повысит адаптационные возможности организма и работоспособность спортсменов.

**Цель:** изучить влияние однократного и курсового воздействия транскраниальной электростимуляции на организм борцов и спортсменов силовых видов спорта.

**Задачи исследования:**

1. Изучить влияние сеанса транскраниальной электростимуляции на функциональное состояние регуляторных систем и психофизиологические показатели спортсменов силовых видов спорта в покое и после соревновательной нагрузки.
2. Определить влияние сеанса транскраниальной электростимуляции на работоспособность и функциональное состояние борцов при выполнении специальной стандартной нагрузки.
3. Исследовать влияние курсового воздействия транскраниальной электростимуляции на функциональное состояние борцов и пауэрлифтеров.

**Научная новизна.**

Впервые представлены данные о влиянии транскраниальной электростимуляции на функциональное состояние нервной и сердечно-сосудистой систем организма борцов и спортсменов силовых видов спорта и специальную работоспособность борцов.

Показано, что сеанс транскраниальной электростимуляции как в состоянии покоя, так и после соревновательной нагрузки способствует оптимизации механизмов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и ускорению восстановления психофизиологических показателей после соревновательного стресса.

Выявлено повышение специальной работоспособности при выполнении стандартной специфической нагрузки и ускорение процессов срочного восстановления у борцов после однократного применения ТЭС.



Установлены эффекты курсового применения ТЭС, связанные с оптимизацией функционального состояния мозга, заключающиеся в синхронизации ЭЭГ ритмов головного мозга, увеличении скорости простых и сложных сенсомоторных реакций, повышении психической работоспособности борцов и пауэрлифтеров.

Курс из 10 сеансов ТЭС у пауэрлифтеров и борцов повышает экономичность сердечной деятельности и функциональные резервы вегетативной нервной системы, независимо от исходного типа вегетативной регуляции.

Определен характер изменений церебральной гемодинамики и гемодинамики дистальных отделов нижних конечностей спортсменов после курсового воздействия ТЭС. У пауэрлифтеров курс ТЭС оказывает преимущественное влияние на средние и мелкие сосуды вертебробазилярного бассейна, у борцов – на сосуды бассейна внутренней сонной артерии. Отмечено преимущественное улучшение кровообращения у пауэрлифтеров в сосудах микроциркуляторного русла и у борцов – в артериальном звене кровообращения дистальных отделов нижних конечностей.

Показана гомеостатическая направленность курса ТЭС на биоэлектрическую активность головного мозга, механизмы вегетативной регуляции, а также регионарную гемодинамику спортсменов.

### **Основные положения, выносимые на защиту**

Применение сеанса ТЭС у борцов и спортсменов силовых видов спорта способствует оптимизации механизмов вегетативной регуляции и ускорению восстановления психофизиологических показателей после соревновательного стресса.

Сеанс ТЭС способствует повышению специальной работоспособности и ускорению процессов срочного восстановления у борцов при выполнении стандартной нагрузки.

Курс из 10 сеансов ТЭС у борцов и пауэрлифтеров способствует оптимизации функционального состояния головного мозга и деятельности

сердечно-сосудистой системы, в частности центральной, церебральной гемодинамики, гемодинамики нижних конечностей.

Курс из 10 сеансов ТЭС у борцов и спортсменов силовых видов спорта имеет гомеостатическую направленность, восстанавливая отклонения показателей функции организма: биоэлектрической активности головного мозга, вегетативной регуляции ритма сердца, периферической гемодинамики.

**Научно-практическая значимость работы.** Результаты проведенного исследования дополняют знания по физиологии спорта в разделах физиологические аспекты адаптации к физическим нагрузкам, физиологическая характеристика ациклических и ситуационных видов спорта, физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности. Установленные в работе данные о влиянии транскраниальной электростимуляции на физиологические и психофизиологические механизмы адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам дополняют знания по общей физиологии в разделах физиология сердечно-сосудистой системы и высшей нервной деятельности, расширяют современные представления о механизмах адаптации функциональных систем организма человека к факторам внешней среды.

Полученные знания позволили разработать и внедрить неинвазивную, немедикаментозную методику повышения адаптационных возможностей и работоспособности спортсменов в тренировочный процесс. Использование разработанной методики повышения адаптационных возможностей позволило повысить специальную работоспособность, предотвратить состояния перенапряжения, способствовало ускорению процессов восстановления после нагрузок.

**Внедрение в практику.** Результаты проведенного исследования внедрены в учебный процесс кафедры анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены СибГУФК и используются для чтения лекций, проведения практических занятий и научно-производственной практики магистрантов направления подготовки 032300 «Физическая культура»

профиля «Медико-биологическое сопровождение спорта высших достижений», акт внедрения от 28.04.2015. Результаты проведенного исследования внедрены в процесс спортивной подготовки борцов и спортсменов силовых видов спорта на кафедре теории и методики силовых видов спорта и единоборств СибГУФК, акт внедрения от 28.04.2015, в тренировочный процесс высококвалифицированных пауэрлифтеров в СДЮСШОР № 33 г. Омска, акт внедрения от 28.04.2015. Материалы исследования представляют интерес для физиологов, спортивных врачей, тренеров, спортсменов, преподавателей, студентов.

**Апробация работы.** Результаты полученных исследований, выводы доложены на 17 Международном научном конгрессе Олимпийский спорт и спорт для всех (Пекин, 2013); 18 Ежегодном Конгрессе Европейского колледжа спортивной науки (Барселона, 2013); Всероссийской научно-практической конференции «Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений» (Омск, 2013; 2014); Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов, соискателей и студентов «Проблемы совершенствования физической культуры, спорта и Олимпизма» (Омск, 2013); Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы развития физической культуры и спорта в новом тысячелетии» (Кемерово, 2014); II Международной научно-практической конференции «Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам» (Казань, 2014); 18 Международном научном конгрессе Олимпийский спорт и спорт для всех (Алматы, 2014); II Всероссийской отраслевой научной Интернет-конференции преподавателей спортивных вузов «Традиции и инновации в системе подготовки спортсменов и спортивных кадров» (Москва, 2014; 2 место); XVII Всероссийском фестивале студентов вузов физической культуры (Санкт-Петербург, 2014).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

**Структура и объем диссертации.** Работа состоит из введения, обзора литературы, главы с описанием методов и организации исследования, трех глав результатов собственных исследований, обсуждения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, приложений. Работа изложена на 146 страницах, содержание работы иллюстрируют 35 рисунков и 20 таблиц. Список литературы включает 189 наименований, из которых 37 – зарубежных авторов.

## 2. ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

### 2.1 Физиологические факторы, лимитирующие работоспособность в силовых видах спорта и борьбе

Тяжелоатлетические упражнения и упражнения пауэрлифтинга являются взрывными ациклическими упражнениями, которые характеризуются наличием одного или нескольких акцентированных кратковременных усилий большой мощности («взрыва»), сообщающих большую скорость всему телу и (или) верхним конечностям со спортивным снарядом (Фарфель В.С., 1969). Эти взрывные мышечные усилия обуславливают подъем спортивного снаряда на необходимую высоту (Коц Я.М., 1998; Корягина Ю.В., 2003; Спатаева М.Х., Замчий Т.П., 2013).

Греко-римская борьба относится к нестандартно-переменным (ситуационным) ациклическим упражнениям, на протяжении выполнения этих упражнений резко и нестандартным образом чередуются периоды с разным характером и интенсивностью двигательной деятельности – от кратковременных максимальных усилий взрывного характера (ускорения, приемы, броски) до физической нагрузки относительно невысокой интенсивности, вплоть до полного отдыха (минутные перерывы, остановки в схватке) (Фарфель В.С., 1969; Коц Я.М., 1998; Horswill С.А., 1992; Kraemer, W. J., Vescovi J. D, Dixon P., 2004).

В борьбе и силовых видах спорта скоростно-силовая работа сочетается со статическими напряжениями. В силовых видах спорта упражнения выполняются при задержке дыхания и натуживании, которые являются физиологически оправданными в связи с тем, что это необходимо для проявления большей силы (Воробьев А.Н., 1977; Синяков А.Ф., Степанова С.В., 1994). В борьбе также отмечены моменты задержки дыхания и натуживания – во время захвата, подготовки к выполнению броска и при

броске (Юшков О.П., 2007). Единоборства характеризуются непостоянным уровнем физических нагрузок, порой достигающих очень высокой интенсивности. Особенности мышечной деятельности при этих видах являются: сочетание динамических и статических усилий высокой интенсивности; силовых и скоростно-силовых качеств с силовой выносливостью; сгибательно-разгибательные деформации позвоночника; элементы натуживания и задержки дыхания; изменения положения тела в короткие отрезки времени (García-Pallarés J.et al., 2011).

Главной системой, лимитирующей работоспособность в борьбе и силовых видах спорта, является нейрогуморальная система, обеспечивающей – кардиореспираторная система (Коц Я.М., 1998).

2.1.1. Вегетативное обеспечение мышечной деятельности в силовых видах спорта и борьбе

В силовых видах спорта (пауэрлифтинг и тяжелая атлетика) и борьбе ведущей энергетической системой является фосфагенная, механизм энергообеспечения – анаэробный (Коц Я.М., 1998). В греко-римской борьбе 62 % соревновательных ситуаций проходят в зоне анаэробно-алактатного энергообеспечения и 28 % реализации эффективных динамических ситуаций приходится на гликолитическую зону (Таминова И.Ф., 2008, 2009).

При статических нагрузках, неизменно присутствующих при выполнении силовых упражнений, не наблюдается изменений деятельности сердца в сторону экономизации. Средняя ЧСС у тяжелоатлетов и пауэрлифтеров находится в пределах 65-80 уд/мин (Шевченко А.Ю., 2006; Окулов Т.С., 2009; Кужугет А.А., 2010; Калабин О.В, 2011; Эрлих В.В., 2011; Замчий Т.П., 2012; Кудря О.Н., 2012). У борцов в состоянии покоя ЧСС в среднем составляет 60-80 уд/мин (Шайхиев Р.Р., 2007; Савин А.А., 2010; Иванова Н.В., 2010, 2011).

При выполнении различных упражнений пауэрлифтинга ЧСС различна, наибольшие изменения происходят при приседаниях со штангой. При выполнении приседания со штангой на плечах ЧСС на старте составила  $132 \pm 15$  уд/мин, в ходе упражнения снизилась из-за задержки дыхания до  $121 \pm 13$  уд/мин, после приседания увеличилась до  $145 \pm 18$  уд/мин. В жиме лежа реакция на нагрузку в изменениях ЧСС была несколько ниже и составила на старте  $126 \pm 12$  уд/мин, в ходе упражнения –  $117 \pm 18$  уд/мин, после выполнения жима –  $94 \pm 13$  уд/мин (Панков В.А., Тришин Е.С., 2010).

Систолическое артериальное давление (САД) у пауэрлифтеров несколько выше ( $124,2 \pm 13,8$  мм рт. ст.), а диастолическое (ДАД) – ниже ( $66,6 \pm 7,7$  мм рт. ст.) по сравнению нетренированными людьми ( $119,3 \pm 9,2$  и  $70,5 \pm 9,2$  мм рт. ст.) (Калабин О.В., Спицин А.П., 2011). По данным исследований Д.А. Нижниченко (2009) САД у спортсменов в состоянии покоя находилось в зоне оптимума ( $119,5 \pm 1,9$  мм рт. ст.), а значения ДАД приближены к нижней границе нормы ( $81 \pm 1,6$  мм рт. ст.). Пульсовое артериальное давление у пауэрлифтеров достоверно выше по сравнению с лицами, не занимающимися спортом ( $57,53 \pm 9,71$  мм рт. ст. и  $48,73 \pm 10,18$  мм рт. ст. соответственно). По мнению О.В. Калабина (2011), это может быть связано с увеличением тонуса периферических сосудов. Общее периферическое сопротивление у пауэрлифтеров меньше, а удельное периферическое сопротивление больше по сравнению с нетренированными людьми (Калабин О.В., Спицин А.П., 2011). Среди пауэрлифтеров наиболее часто встречаются спортсмены с гиперкинетическим типом кровообращения. Показатели центральной гемодинамики (МОК, ЧСС, СО) не выходят за пределы нормы для здоровых нетренированных людей (Замчий Т.П., Спатаева М.Х., Кузин М.В., 2014).

Высокие значения минутного объема кровообращения (МОК) отмечаются у пауэрлифтеров по сравнению с борцами ( $5,7$  л против  $5,4$  л, а ударного объема крови (УОК), наоборот,  $76,8 \pm 6$  мл против  $93,9 \pm 7,9$  мл) (Калабин О.В., 2011; Иванова Н.В., 2010). В исследованиях А.А. Кужугет (2010) у пауэрлифтеров МОК составляет  $4,5$  л/мин, а УОК –  $55$  мл. В

исследованиях В.А. Романенко (2010) у борцов МОК равен 4,7 л, а УОК – 70,7 мл. По данным Н.Г. Гарганеевой (2012) показатели МОК выше у пауэрлифтеров, а УОК у борцов. МПК у борцов составляет 56 мл/ кг/ мин (Mirzaei B., 2011).

У спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом, происходит изменение параметров кровообращения в нижних конечностях. Характер сдвигов гемоциркуляции включает изменения как в артериальном, так и в венозном звене сосудистого русла. Отмечается существенное увеличение ригидности сосудистых стенок, уменьшение интенсивности кровотока, ухудшение регионального мышечного кровенаполнения и затруднение оттока крови по венам (Кужугет А.А., Рубанович В.Б., Михайлов А.М., 2010; Спицин А.П., Калабин О.В., 2011; Кирьянова М.А., Калинина И.Н., 2011; Замчий Т.П., Корягина Ю.В., 2011, 2012).

Пауэрлифтеры высокой квалификации имеют магистральный тип кровотока во всех сегментах нижних конечностей и характеризуются повышенным артериальным тонусом сосудов и объемным пульсовым кровенаполнением голеней, наличием признаков повышенного тонуса вен и венул в левой стопе и низким тонусом средних и мелких артерий голеней и стоп (Замчий Т.П., Салова Ю.П., Корягина Ю.В., 2012; Замчий Т.П., Спатаева М.Х., Кузин М.В., 2014). Тяжелоатлеты и борцы греко-римского стиля чаще, чем представители других ситуационных видов спорта имеют начальные признаки варикозной болезни нижних конечностей (Браун Н.А., Калинина И.Н., 2006).

Адаптация мозгового кровообращения к задержке дыхания у спортсменов силовых видов спорта проявляется в снижении периферического сосудистого сопротивления и тонуса артерий мозга, также отмечаются признаки венозного застоя (Замчий Т.П., Корягина Ю.В., 2012). По мнению Е.В. Кривец (2001), снижение тонуса артерий при задержке дыхания связано со сниженным содержанием кислорода и повышенным содержанием углекислого газа в крови, что вызывает рефлекторное расширение сосудов



головного мозга, следствием этого является снижение общего периферического сосудистого сопротивления.

У женщин, занимающихся силовыми видами спорта, отмечается нормальное периферическое сопротивление и сосудистый тонус стоп на уровне прекапилляров, нормальный венозный отток сосудов мелкого калибра, повышенный тонус венозных сосудов голени на уровне посткапилляров, повышенное объемное кровенаполнение магистральных артерий голени и стоп. Следовательно, в сравнении с мужчинами у женщин, занимающихся силовыми видами спорта, статические нагрузки вызывают меньшее напряжение в системе периферического кровообращения, что может быть связано с меньшей массой тела и величиной поднимаемого отягощения (Замчий Т.П., Корягина Ю.В., 2011, 2012).

Изменения периферической гемодинамики связаны с подъемом тяжестей и вероятными механизмами перестройки в сосудистом русле из-за: 1) сдвига симпато-вагусного баланса, 2) повышения тонуса мышц и периодических задержек дыхания, создающих условия для затруднения оттока крови. Одной из дополнительных причин в изменении периферического кровотока в нижних конечностях у высококвалифицированных спортсменов, вероятно, является использование специальной экипировки, создающей дополнительные условия для затруднения притока и оттока крови (Спицин А.П., Калабин О.В., 2011).

По мнению А.Г. Дембо (1989) формирование типа кровообращения зависит от направленности тренировочного процесса. Гиперкинетический тип преимущественно встречался у спортсменов с преобладанием высоких статических нагрузок (борьба, пауэрлифтинг) (Дембо А.Г., 1989; Быков Е.В., 1996; Гарганеева Н.П., 2009-2012; Таминова И.Ф., 2011).

Статический режим работы мышц сопровождается выраженным напряжением регуляторных механизмов (Окулов Т.С., 2009). Так ряд авторов (Мишустин В.Н., 1994; Шубин К.М., 2004; Агаджанян Н.А., 2006; Калабин О.В., 2011; Замчий Т.П., Корягина Ю.В., 2012; Спатаева М.Х., 2012; Лунина

Н. В., 2013; Koryagina Y., Roguleva L., Zamchiy T., 2013) отмечает преобладание тонуса симпатической нервной системы у пауэрлифтеров и тяжелоатлетов. Это является ведущим звеном адаптации организма спортсменов к поднятию тяжестей (Мишустин В.Н., Ченегин В.М., Докучаев Е.Д., 1994).

При проведении ортостатической пробы у пауэрлифтеров происходят сдвиги, характеризующие активизацию центрального контура регуляции (уменьшаются значения SDNN, pNN50 и увеличиваются значения Амо и ИН) (Замчий Т.П., Корягина Ю.В., 2011, 2012). По данным О. И. Коломиец, Е. Ф. Орехова и Е.В. Быкова (2014) напряжение механизмов регуляции сократительной функции у штангистов при активной ортостатической пробе определяется существенным преобладанием активности симпатического отдела ВНС в состоянии покоя, высокими значениями мощности LF и VLF колебаний ударного объема и фракции выброса.

И.Ф. Таминовой и др. (2011) отмечено, что у пауэрлифтеров в 7,2 % случаев встречаются нарушения процессов реполяризации миокарда, а также выявляются нарушения ритма сердца и проводимости.

Т.П. Замчий, Ю.В. Корягина и М.Х. Спатаева (2013) в своей работе указывают, что уровень напряжения регуляторных систем у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом, до и после соревнований очень высокий, об этом свидетельствуют высокие значения индекса напряжения, который составил  $250,5 \pm 68,5$  усл. ед. до соревнований и  $383,4 \pm 70,7$  усл. ед. после соревнований. После соревнований отмечалось закономерное уменьшение HF, соотношение спектральных компонентов у пауэрлифтеров оказалось следующим:  $LF > HF > VLF$  (43 %, 40%, 17%). Результаты Н.В. Луниной (2013) свидетельствуют об особенностях реакций вегетативной нервной системы у пауэрлифтеров разной квалификации. У КМС в покое отмечалась умеренная активации симпато-адреналовой системы. В ответ на ортопробу у спортсменов КМС отмечалось снижение активности гуморального канала в регуляции ритма сердца ( $M_0 <$  на 20%), умеренная активация симпатического

отдела вегетативной нервной системы и значительная активация парасимпатического отдела. У спортсменов более высокой квалификации (МС, МСМК) в период предсоревновательной подготовки отмечается перенапряжение регуляторных систем организма (Лунина Н.В., 2013).

Наиболее значимыми характеристиками, влияющими на функциональное состояние спортсменов-борцов являются центральная и периферическая гемодинамика, а также вегетативная регуляция (Зинурова Н.Г., 2013).

Важно учитывать, что более старшие борцы имеют меньшую вариативность аэробной мощности и аэробной эффективности по некоторым ее показателям. И лишь по аэробной емкости у борцов-юниоров отмечалась меньшая вариативность. Для них была характерна тенденция к большей аэробной мощности. Если исходить из существующих представлений, то аэробная емкость является высоко изменчивым под влиянием специальной тренировки показателем, чего нельзя сказать об аэробной мощности (особенно об удельном МПК, рассчитанном на единицу веса или поверхности тела) (Малинский И.И., 2000).

Тренировка в пауэрлифтинге не предъявляет повышенных требований к дыхательной системе спортсмена, поэтому их показатели практически не отличаются от нетренированных лиц (Нижниченко Д.А., 2009; Кужугет А.А., 2010). Частота дыхания в покое у пауэрлифтеров составляет  $13,6 \pm 0,4$  дыхательных циклов в минуту. Средняя ЖЕЛ у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом, составляет 4-4,5 л, минутный объем дыхания –  $13,5 \pm 1$  л/мин, а максимальная вентиляция легких –  $122,8 \pm 6,2$  л/мин. Время задержки дыхания на вдохе у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом, составляет 50-62 с (проба Штанге), а на выдохе –  $33,3 \pm 2,4$  с (проба Генче). По данным Д.А. Нижниченко (2009) средняя величина МПК у пауэрлифтеров составляет  $60,5 \pm 3,4$  мл/кг/мин, а в исследованиях А.А. Кужугет (2010) –  $37,8 \pm 2,7$  мл/мин/кг. С ростом спортивной квалификации у спортсменов-пауэрлифтеров отмечается тенденция к снижению ЖЕЛ, МОД, МВЛ и увеличению времени задержки дыхания на вдохе (Кужугет А.А., 2010).

Спортсмены, занимающиеся борьбой, отличаются более высокими показателями дыхательной системы по сравнению с пауэрлифтерами. Так у борцов высокой квалификации ЖЕЛ составляет 5,2 л, МОД – 14,4 л/мин, МВЛ – 142,2 л/мин (Иванова Н.В., 2010, 2011). Средняя величина МПК в группе борцов составляет  $46,4 \pm 1,4$  мл/мин/кг (Гарганеева Н.П., 2012). Однако, частота дыхания в покое у борцов составляет  $16,1 \pm 5,6$  дыхательных циклов в минуту (Иванова Н.В., 2010, 2011), что больше по сравнению с пауэрлифтерами.

Изучение показателей физической работоспособности и адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы позволяет оценить функциональное состояние и адекватность тренировочной нагрузки возможностям организма спортсмена, а также способствует диагностике ранних и скрытых гемодинамических изменений, что является определяющим как в управлении тренировочным процессом и его оптимизации, так и в своевременном использовании лечебно-профилактических и реабилитационных мероприятий.

У спортсменов, занимающихся борьбой и пауэрлифтингом, отмечаются низкие показатели общей физической работоспособности (Таминова И.Ф., 2008, 2009; Гарганеева Н.П., 2012), что связано преимущественным выполнением упражнений в анаэробных и анаэробно-аэробных условиях.

#### 2.1.2. Функциональное состояние нервной системы у спортсменов силовых видов спорта и борцов

Развитие мышечной силы ведет к следующим функциональным изменениям: повышается возбудимость нервно-мышечного аппарата, усиливается внутри- и межмышечная координация, улучшается координация движений. Структурные изменения проявляются в мышечной (преимущественно миофибриллярной) гипертрофии и гиперплазии и в укреплении костно-суставного и связочного аппарата. При развитии

«взрывной» силы достигается максимальная синхронизация работы двигательных единиц, практическое отсутствие напряжения в мышцах-антагонистах и высокая нервная импульсация (Платонов В.Н., 1988, 2007; Солодков А.С., 2006; Costill D. L., Wilmore J. H., Kenney W. L., 2012).

Адаптация квалифицированного спортсмена к тренировочной и соревновательной нагрузке в соревновательном периоде вызывает изменение качественных и количественных показателей ЭЭГ (Сазонова Е.А., 2013). В частности, в фоновой ЭЭГ в лобных отведениях отмечается повышенная активность в  $\beta$ -диапазоне, а в париетальных отведениях усиливаются проявления асимметрии спектральной мощности в  $\alpha$ -диапазоне. При сохранении в ЭЭГ участников паттернов коркового типа электроэнцефалограмм появляются признаки гиперактивации пейсмекеров  $\alpha$ - и  $\beta$ -ритмов (Еремеев С. И., Еремеева О. В., Кормилец В. С., 2008).

Если вид спорта связан с вращательными нагрузками, вызывающими перераздражение вестибулярного анализатора и перераспределение крови в мозговых сосудах, меняется частотно-амплитудная характеристика биопотенциалов (Сазонова Е.А., 2013). У тех спортсменов, которые занимаются более травматичными видами спорта (борьба), изменения биоэлектрической активности головного мозга носят более значимый характер: дезорганизация ритма, формирование бездоминантной кривой с низкоамплитудными потенциалами, снижение частоты, полное замещение ритмов покоя медленными колебаниями.

В видах спорта, где усиливается гипервентиляция легких (борьба) или задерживается дыхание (штанга), меняется газовый состав крови, ведущий к значительным гемодинамическим изменениям, что также отражается на биоэлектрической активности головного мозга. В этом случае нарушается работа гомеостатических систем, поддерживающих фоновый тонус коры и ее реактивные свойства на определенном уровне, и, как следствие, меняется динамика межцентральных отношений (Сазонова Е.А., 2013). Низкая

мощность медленноволновых диапазонов сопутствует успешности соревновательной деятельности (Фомина Е.В., 2006).

П.В. Хало и Ю.М. Бородянский (2014) в качестве ЭЭГ-коррелятов активации резервных возможностей организма рекомендуют использовать (табл. 2):

- Для определение эмоциональной вовлеченности – показатели синхронизация в  $\theta$ -диапазоне и ЭЭГ-индексы: вовлеченности и усилия.
- Для определения уровня полимодального внимания – ЭЭГ-индекс бдительности.
- Для определения уровня усиления имплицитных процессов – временные и пространственные характеристики  $\theta$ -синхронизации.
- Для определения готовности организма к функциональной перестройке – индекс пароксизмальной активности неэпилептического характера (Хало П.В., Бородянский Ю.М., 2014).

Таблица 1

## ЭЭГ-индексы и их характеристики

ЭЭГ-индексы	Определение ЭЭГ индекса
Вовлеченности	$\beta/(\alpha+\theta)$
Сложности задачи	$\theta/\alpha$
Усилия (указывает на диспозицию в мотивации)	Величина $\theta$ -ритма (передняя фронтальная, фронтальная и фронтально-центральная)
Бдительности	Уровень подавления нижнего $\alpha$ -диапазона (фронтальная, центральная, париетальная, окципитальная, темпоральная)
Обработки информации	Уровень подавление верхнего $\alpha$ -диапазона (фронтальная, центральная, париетальная, окципитальная, темпоральная)

Частым вариантом изменения паттерна фоновой ЭЭГ у спортсменов высокой квалификации является ослабление  $\alpha$ -активности и замещение ее низкочастотной  $\beta$ -активностью, а в ряде случаев,  $\theta$ - и даже  $\delta$ -активностью. Недостаточная выраженность  $\alpha$ -активности или ее модуляции отмечается у 86 % обследованных спортсменов высокой квалификации (Еремеева О. В., Еремеев С. И., 2014).

По результатам электроэнцефалографии можно достоверно установить степень утомления, перетренированности спортсмена. В начальной стадии утомления увеличивается десинхронизация ритма. Затем  $\alpha$ -ритм становится непостоянным, амплитуда падает. При дальнейшем утомлении появляются  $\theta$ -волны (5-6 колебаний в секунду) и усиливается межполушарная асимметрия, а при глубочайшей степени утомления медленные волны полностью замещают  $\alpha$ -ритм (Сазонова Е.А., 2013).

Обнаружены существенные различия в характере топического распределения соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга у спортсменов различных специализаций. Для спортсменов-единоборцев характерны признаки повышения произвольного и непроизвольного внимания, высокой готовности к распознаванию стимулов и двигательному акту в виде ранней негативной волны во фронтальной области и снижения амплитуды и латентного периода вызванных потенциалов в затылочной. У тяжелоатлетов системы внимания задействуются в меньшей степени, а так же отмечаются признаки игнорирования качества поступающих стимулов в виде преобладания ранней позитивной волны во фронтальной области (Гурова М.Б., 2010).

Показано, что продуктивной стратегии выполнения задания сопутствует статистически значимое усиление информационной активности левого полушария, преимущественно в затылочно-теменных областях и частично переднее-лобных отделах (<FS, PS> -настройка), при скоростной стратегии оперативное выполнение задания обуславливается переходом зоны

информационной активности в центрально-лобные отделы исключительно правого полушария (<FD > - настройка) (Каташинский Н. В. и др., 2010).

При занятиях силовыми видами спорта происходят изменения в деятельности нервно-мышечного аппарата. С ростом спортивной квалификации происходит совершенствование регуляторных процессов нервно-мышечной системы в сторону саморегуляции системы. Сократительные свойства мышц оказывают влияние на физическую работоспособность в нагрузках скоростно-силового характера (Исаев А.П. с соавт., 2006). Совершенствование силовых способностей в большей степени основано на вовлечении периферических факторов. Так по данным Гуровой М.Б. (2011) у спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта, слабо выражена способность к расслаблению, а при выполнении спортивной нагрузки силовые возможности обеспечиваются одновременным снижением амплитуды и частоты электромиограммы, отражающей эргономизацию и экономизацию двигательной активности. На ранних этапах спортивного совершенствования отмечаются более высокие показатели амплитуды и латентного периода М-ответа (Мациевский В.П., Гурова М.Б., 2010; Гурова М.Б., 2011). Исследования биоэлектрического ответа скелетных мышц у спортсменов силовых видов спорта различной квалификации, показали, что у высококвалифицированных спортсменов более низкая амплитуда, чем у атлетов низкой квалификации. Амплитуда отражает количество задействованных мышечных волокон, она сильнее должна вырасти у низкоквалифицированных спортсменов, так как характеризует максимальное усилие. Латентность выше у высококвалифицированных спортсменов, чем у атлетов низкой квалификации (Гурова М.Б., 2011).

Результаты сравнения выборок по показателям методик простой сенсомоторной реакции и теппинг теста в группах МСМК и МС свидетельствует – о разном функциональном состоянии спортсменов, уровне активации в покое (Ильин Е.П., 2003). В связи с тем, что в теппинг тесте значимых отличий не обнаружено, эти отличия требуют более тщательного



изучения. Значимые отличия по параметрам дозирования усилия и темпа между всеми группами пауэрлифтеров свидетельствует о наличие информативных, специфичных двигательных качествах, уровень развития которых зависит от квалификации (Сахибгареев Р.М., 2010).

Спортсмены борцы отличаются достаточно развитыми психофизиологическими характеристиками. Анализ структуры психофизиологических показателей спортсменов различных видов спорта, проведенный Ю.В. Корягиной (2007) показал, что структура психофизиологических показателей борцов включала 10 переменных, в качестве наиболее значимого фактора выступала точность воспроизведения временных интервалов, вторым фактором являлось время сенсомоторной реакции (простой и сложной), точность воспроизведения индивидуальной минуты, также значимыми являлись точность узнавания угловой скорости движения объекта и точность восприятия пространственных линейных величин.

Структура показателей восприятия времени и пространства спортсменов зависит не только от характеристик деятельности, но и от условий обстановки и лимитируемости данных условий временем или пространством. Структура психофизиологических показателей спортсменов силовых видов спорта отличается от борцов. Так у тяжелоатлетов (8 переменных) и гиревиков (6 переменных) она достаточно ограничена. Основными факторами структуры психофизиологических показателей тяжелоатлетов являются: воспроизведение временных интервалов, восприятие пространственных линейных величин. Затем в порядке снижения значимости следуют: время простой и сложной сенсомоторной реакции и восприятие пространственных угловых величин (Корягина Ю.В., 2007).

Таким образом, силовые виды спорта являются ациклическими упражнениями с анаэробно-алактатным механизмом энергообеспечения. Ведущей системой, лимитирующей работоспособность, является нервная система, определяющая способность управлять своими мышцами, большую

роль играют психофизиологические особенности спортсменов. Борьба ситуационный вид спорта с анаэробным, преимущественно гликолитическим механизмом энергообеспечения. Факторами лимитирующими работоспособность спортсменов силовых видов спорта и борцов является деятельность нервной системы, большое напряжение при работе испытывает сердечно-сосудистая система. В настоящее время проведено большое количество исследований и определены особенности функционирования сердечно-сосудистой системы, нервно-мышечного аппарата, особенностей высшей нервной деятельности у пауэрлифтеров и борцов, как в покое, так и при тренировочной деятельности. Известно, что нагрузки в этих спортивных дисциплинах вызывают напряжение механизмов адаптации организма человека, в связи с чем, в тренировочном процессе и соревновательной деятельности необходимы своевременные восстановительные и профилактические мероприятия.

## 2.2. Физиологическая характеристика действия транскраниальных методов стимуляции на организм человека

Поиск средств и методов регуляции процессов адаптации является актуальной проблемой медицины и физиологии, в том, числе и спортивной. Большой интерес представляют методы, влияющие непосредственно на нейрогуморальную систему, в частности, транскраниальные – это воздействия электрическими токами либо магнитным полем через кожные покровы головы (Angelakis E., Liouta E., 2011; Paulus W., 2011). Наиболее известными методами транскраниального воздействия являются электросон, транскраниальная электростимуляция, транскраниальная магнитная стимуляция.

Электросон – метод нейротропной терапии, в основе которого лежит воздействие на ЦНС пациента импульсным током (преимущественно прямоугольной формы) низкой частоты (1-160 Гц) и малой силы (до 10 мА) с

короткой длительностью импульсов (0,2-0,5 мс). Действие электросна складывается из рефлекторного и непосредственного, прямого влияния тока на образования мозга. При этом ток проникает через отверстия глазниц в мозг, распространяется по ходу сосудов и достигает чувствительных ядер черепных нервов, гипофиза, гипоталамуса, ретикулярной формации и других структур головного мозга. В результате развивается особое психофизиологическое состояние организма, при котором восстанавливаются нарушения эмоционального, вегетативного и гуморального равновесия (Пономаренко Г.Н., Турковский И.И., 2006).

Транскраниальной магнитная стимуляция (ТМС) представляет собой неинвазивный метод, который даёт возможность вызвать в нейронах головного мозга деполяризацию или гиперполяризацию. ТМС основана на применении принципа электромагнитной индукции с целью создания слабых электрических токов посредством использования быстро меняющихся магнитных полей, что позволяет вызвать определённую активность в конкретных частях головного мозга (или в мозге в целом) с минимальным дискомфортом для пациента, позволяя изучить функционирование мозга.

Первыми, кто применил ТМС для изучения динамических упражнений были Д. Холж с соавторами (1997). Исследователи обнаружили значительное снижение амплитуды двигательного потенциала в работающих мышцах, связанное с исчерпывающим бегом на 400 м, отжиманиями и упражнениями с гантелями. Уменьшение амплитуды двигательного потенциала было описано как центральное утомление, потому что реакция на стимуляцию периферических нервов не изменилась (Hollge, J. et al., 1997). Верин с соавторами (2004) показали сокращение амплитуды двигательного потенциала обеих четырехглавых мышц и диафрагмы после максимальных упражнений на беговой дорожке, без изменения в реакции на стимуляцию периферических нервов. Изменение амплитуды двигательного потенциала было больше для диафрагмы по сравнению с четырехглавой мышцей, отмечая, что кортикоспинальные пути различных групп мышц по-разному

реагируют на утомление (Verin E., Ross E., Demoule A. et al., 2004). И. Рос с соавторами (2007) показал, что возбудимость передней большеберцовой мышцы снизилась после марафона и способствовала потере мощности (Ross E.Z., 2007). Кроме того, в исследовании 20 хорошо подготовленных велосипедистов, длящемся более 23 дней, Рос с соавторами (2010) отметил, снижение мощности и кортикоспинальной возбудимости (амплитуды двигательного потенциала) четырехглавой мышцы, что было очевидно, даже после 18 часов восстановления. Результаты этого последнего исследования показывают, что утомление центральной нервной системы не всегда преходящее явление, что и корковые механизмы могут способствовать проявлениям “утомления” (Ross E.Z., 2010).

Транскраниальная магнитная стимуляция была также использована для оценки супраспинального утомления изолированных малых мышечных групп. Тем не менее, в научно-методической литературе авторами было обнаружено только два исследования, которые использовали этот метод для оценки супраспинального утомления мышц после двигательного упражнения. С. Сидху с соавторами (2009) при использовании ТМС изучали реакцию разгибателей колена после утомительных повторных отрезков в велоспорте. Велосипедные отрезки 8×5 мин при 80% пиковой мощности способствовали значительному падению произвольной корковой активации (т.е. супраспинальному утомлению), которое сохранялось в течение 45 минут после тренировки. Эти изменения не сопровождались изменениями характеристик двигательного потенциала, предполагая, что чувствительность нейронов по пути от моторной зоны коры до мышц не зависит от этого вида деятельности (Sidhu S.K., 2009). Недавно С. Гудал с соавторами при использовании ТМС оценили супраспинальное утомление при разгибании коленного сустава при высоко интенсивном велосипедном движении в нормоксии и острой тяжелой гипоксии. Кортикальная произвольная активация снижается после тренировки в обоих условиях, но снижение было в два раза выше, в условиях гипоксии (Goodall S. et al., 2012a). В совокупности

эти данные свидетельствуют, что ТМС позволяет дать количественную оценку центральных процессов утомления локомоторных мышц конечностей (Goodall S. et al., 2012a). Другое явление, которое может быть исследовано с помощью ТМС является контралатеральная адаптация. С. Гудал отмечает 8%-ное увеличение силы контралатеральных мышц при односторонней тренировке и 52% эффект для тренированных мышц. Эта адаптация, при отсутствии изменений в физиологической площади поперечного сечения, связана с изменениями в ЦНС на корковом, подкорковом и спинальном уровнях (Goodall S. et al., 2012 b).

Российскими учеными показана эффективность применения ТМС с целью коррекции различных нарушений, как у взрослых, так и у детей. Установлено, что магнитное поле оказывает сосудорасширяющее, противовоспалительное, иммуномодулирующее, седативное и нейротропное действие; позволяет улучшить микроциркуляцию; обладает большим числом биотропных параметров, позволяющих организовать динамичное воздействие с частотой модуляции поля в диапазоне основных частот функционирования ЦНС (8—12 Гц). ТМС улучшает функционирование вегетативных отделов нервной системы, что способствует купированию проявлений вегетативной дисфункции и нормализации эмоционального состояния пациента (Филина Н.Ю. с соавт., 2009).

Другим известным методом является транскраниальная электростимуляция. Ведутся исследования по применению двух вариантов такой стимуляции: постоянным и импульсным током (Guleyupoglu B., 2013). Однако, данные об использовании транскраниальной электростимуляции постоянным током встречаются только в единичных работах зарубежных авторов. Так ученые университета Льежа, Бельгия, провели исследование по стимуляции постоянным током зрительной коры, с целью профилактики мигрени. Они указывают, что аномальная возбудимость корковых зон, по-видимому, играет ключевую роль в патофизиологии мигрени. Результаты их исследований показали, что сеансы стимуляции постоянным током 2 раза в

неделю оказывают профилактическое влияние против мигрени (Viganò A. et al., 2013). Другие авторы в своем исследовании показали влияние стимуляции постоянным током на улучшение когнитивных функций (Enriquez-Geppert S. et al., 2013).

Наиболее апробированным и широко используемым во всем мире в настоящее время является метод транскраниальной электростимуляции импульсным током, называемый в настоящее время собственно транскраниальной электростимуляцией (ТЭС). ТЭС является методом, в отношении которого доказана его способность неинвазивно, селективно и строго дозировано активировать работу структур, продуцирующих эндогенные опиоидные пептиды (ЭОП). ТЭС избирательно активирует структуры ЭОП мозга, продуцирующие  $\beta$ -эндорфин, серотонин и некоторые другие нейротрансмиттеры, с помощью импульсного электрического воздействия, подаваемого через головные накожные электроды. ЭОП, иногда называемые «гормонами радости», попадают в спинномозговую жидкость, а затем к кровь и оказывают нормализующее воздействие на ряд нарушенных функций организма, не влияя на нормально протекающие процессы (Лебедев В.П., 2005).

Опиоидные пептиды являются одним из классов нейропептидов, к которым также относятся гипоталамические пептиды (либерины и статины), гормоны гипофиза и их фрагменты, биоактивные пептиды ЖКТ и крови (общие для ЦНС и периферических систем). Пептиды – это регуляторы сна и основных функций органов (Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г., 1994).

Опиоидные пептиды делятся на несколько классов. К основным классам относятся энкефалины (лей-, мет-), эндорфины, динарфины. Опиоидные пептиды образуются в нервной системе, а также в пищеварительном тракте, надпочечниках, половых железах, иммунокомпетентных клетках. Они могут воздействовать на клетки мишени по эндокринному, нейрокринному, паракринному и медиаторному типу. Во многих органах и тканях обнаружены опиатные рецепторы по меньшей мере 5 субпопуляций.

В функциональном отношении опиоидные пептиды являются регуляторами деятельности органов и тканей. Они служат эндогенными обезболивающими и антистрессорными факторами, регулируют температуру тела, артериальное давление и периферический кровоток, функцию легких, пищеварительной системы, эндокринных желез, иммунной системы, а также гипоталамо-гипофизарной области и ряда других систем головного мозга (Лебедев В.П. с соавт., 2005).

ТЭС имеет ограниченный круг противопоказаний: судорожные состояния, эпилепсия, острые травмы и опухоли головного мозга, гидроцефалия, гипертонический криз, острые психические расстройства, тиреотоксикоз, повреждения кожи в местах наложения электродов, наличие вживленных стимуляторов, детский возраст (до 5 лет) (Лебедев В.П. с соавт., 2005).

Метод транскраниальной электростимуляции импульсным током (ТЭС) разработан в Институте физиологии им. И.П. Павлова РАН (Санкт-Петербург) группой ученых под руководством лауреата Государственной премии СССР, профессора В.П. Лебедева. В результате многолетних исследований выделен оптимальный режим электростимуляции (прямоугольными импульсами с частотой 77 Гц, длительностью  $(3,75 \pm 0,25)$  мс в сочетании с гальванической составляющей, в 2-5 раз превышающей по своей величине средний импульсный ток) для получения обезболивающего, седативного, транквилизирующего эффектов и выявлен ряд дополнительных. Метод ТЭС разработан и внедрен в клиническую практику с использованием принятых в международной практике правил GLP (good laboratory practice) и GCP (good clinical practice). Для изучения механизма действия ТЭС применяли наиболее современные методы исследования: для выявления путей распространения электрического тока в головном мозге – ядерно-магнитно-резонансную томографию, для выбора оптимальных электрических параметров ТЭС – скрининг на экспериментальных моделях, для доказательства активации эндорфинэргических и серотонинэргических

структур – иммуноцитохимические, ауторадиографические, биохимические методы, применение агонистов и антагонистов опиоидных и серотониновых рецепторов, при клинических наблюдениях – двойной слепой контроль (Лебедев В. П. с соавт., 2005).

Описаны три типа эффектов ТЭС: центральные, периферические и смешанные. К центральным эффектам относят анальгезию, стабилизацию гемодинамики, купирование болевого синдрома (Леоско В.А., Шлемис Г.И., Барановский А.Л., 2005; Маркина Л.Д., Кратинова Е.А., 2005; Лебедев В.П., Савченко А.Б., Красюков А.В., 2005; Панасюк И.Я., Шутов А.А., Каракулова Ю.В., 2009; Kirscha D. L., 2000; White P. F., 2001), к периферическим – замедление роста опухолей, модуляцию динамики острофазового ответа при воспалении, ускорение заживления кожных ран, язвенных дефектов слизистой оболочки желудка, очага некроза при инфаркте миокарда (Кулагина Н.В. с соавт., 2005; Касаткин С.Н., Панов А. А., Касаткина С.Г., 2009; Емельянов Д.Н., Тумаренко А.В., 2009). Из смешанных эффектов наиболее известны антистрессорный эффект, противозудный, антитоксический (Евсеев Е.А. с соавт., 2005; Литвинцев С.В. с соавт., 2005; Уразаева Ф.Х., Уразаев К.Ф., 2009; Стаценко Е.А. с соавт., 2009; Рыбак В.А., Курушина О.В., 2009).

Подтверждением того, что в основе всех эффектов лежит выделение бета-эндорфинов является тот факт, что эти эффекты ТЭС устраняются антагонистом опиоидных рецепторов налоксоном, антагонистами серотониновых рецепторов 5,7-дигидротриптамином, метерголином и отсутствуют на фоне толерантности к морфину. Потенцирование эффектов ТЭС вызывается ингибиторами энкефалиназы, прекурсорами 5-НТ, ингибиторами моноаминоксидазы и триптофанпирролазы (Лебедев В. П. и соавт., 2005).

Большое количество работ по ТЭС посвящено изучению развития механизма обезболивания (Лебедев В.П. с соавт., 2005; Ковалев М.Г., 2005а, 2005б; Айрапетов Л.Н. с соавт., 2005; Акимов Г.А., 2005; Мирошникова В.В.,



Рыбак В.А., Лебедев В.П., 2005; Тарасова С.В., Амелин А.В., Скоромец А.А., 2009; Gabis L., Shklar B., Geva D., 2003, 2009). В опытах на животных, а в дальнейшем и в клинических наблюдениях было выявлено, что наиболее оптимальная анальгетическая частота для человека близка к 77 Гц, а при сдвиге ее в пределах 10 % анальгетический эффект резко снижается. Кроме того, было замечено, что анальгетический эффект обнаруживается только в том случае, когда прилагаемый ток имеет сагиттальное направление.

Под воздействием ТЭС снижается чувствительность рецепторов к тактильному и болевому стимулу, блокируется проведение болевых импульсов в спинном мозге, в том числе за счет эндорфинного выделения субстанции Р, также блокируется проведение болевых импульсов на уровне ядер таламуса (Лебедев В.П. с соавт., 2005). Анальгетический эффект ТЭС не зависит от причины и локализации боли (Заболотных В.А., 2005). Он наступает через 10–15 мин от начала процедуры, имеет длительное последствие, время которого увеличивается по мере проведения курсового лечения. С помощью ТЭС может быть достигнута глубокая анальгезия, что дает возможность использовать ее в ходе анестезиологического пособия при длительных и тяжелых операциях, уменьшить или полностью исключить применение наркотических анальгетиков; сократить объем инфузируемых растворов. В послеоперационном периоде отмечается быстрое восстановление адекватности больного, сохраняется длительное анальгетическое последствие (до 10–12 часов) (Ковалев, М. Г., 2005а, 2005б).

Под влиянием ТЭС достоверно ускоряется репаративная регенерация тканей разного типа: гепатоцитов, соединительной ткани, кожного и желудочного эпителия, нервных периферических волокон (Голиков А.П. с соавт., 2005). В основе репаративных эффектов ТЭС лежит стимуляция митотического деления поврежденных тканей. Стимуляция репаративных процессов в клетках паренхиматозных органов (печень) не сопровождается усилением роста междольковой ткани (Лебедев В. П., Сергиенко В. И., 2005).

Функциональная активность ткани после репарации, стимулированной ТЭС, со временем может увеличиваться. Это было определено электрофизиологическими методами в отношении функции регенерировавшего нерва, проведение по которому даже через 6–9 месяцев после сеансов ТЭС было лучшим по сравнению с контролем (Kolosova L.I., 1997). Согласно данным В.А. Александрова и соавторов, скорость заживления язв желудка под действием процедур ТЭС увеличивается в 3,5 раза, язв двенадцатиперстной кишки – в 2,1 раза; отмечается нормализация кислотности желудочного сока и содержание гастрина в крови (Александров В. А., 1994). Также ТЭС способствует ускорению формирования рубцовой соединительной ткани при инфаркте миокарда (Павлов В. А., 1989).

В НИИ общей патологии и патологической физиологии РАМН, Москва, на экспериментальных животных показано, что ТЭС вызывает достоверное многофакторное развитие адаптации к стрессу за счет активации стресс-лимитирующих систем (Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. с соавт., 1994).

В совместном исследовании Научного центра психического здоровья РАМН и НИИ спорта, Москва, на экспериментальной модели показано, что ТЭС повышает физическую работоспособность и активизирует восстановительные процессы в условиях действия на организм субмаксимальных нагрузок. Доказан эндорфинергический механизм развивающихся позитивных эффектов (Мешавкин В.К., Торопов А.В., Кост Н.В. и соавт., 1996).

Таким образом, транскраниальные методы – это воздействия токами либо магнитным полем через кожные покровы головы. В настоящее время проведено большое количество исследований показывающих эффективность применения данных методов в клинической практике. Наибольшее распространение получили методы транскраниальной магнитной стимуляции (преимущественно в диагностических целях) и транскраниальной электростимуляции импульсным током в качестве терапевтического

воздействия. Экспериментально и клинически доказана безопасность и эффективность использования последнего в различных отраслях медицины.

### 2.3. Возможности применения транскраниальной электростимуляции в спорте

Внетренировочные средства, применяемые в спорте высших достижений, направлены на оптимизацию функционального состояния организма спортсменов, мобилизацию функциональных резервов и восстановление спортивной работоспособности (Корягина Ю.В. с соавт., 2013; Аикин В.А. с соавт., 2014). Эти средства должны соответствовать следующим требованиям: отсутствовать в списке запрещенных субстанций и методов ВАДА, иметь физиологическую и метаболическую эффективность, не причинять излишнего неудобства и экстремальных ситуаций, не вызывать срочных и отсроченных негативных последствий для здоровья спортсмена, не вызывать чрезмерного и долгосрочного уменьшения тренированности, не содержать данных об отрицательных результатах работы в литературе (Stellingwerff T., Leblanc P.J., 2006).

По природе воздействующих факторов, внутренировочные средства можно разделить на несколько групп: физиологические (в том числе физиотерапевтические) методы (Stellingwerff T., Leblanc P.J., 2006; Kay B., 2008; Suchý J., Heller J., Bunc V., 2010), пищевые (Schneiker K.T., 2006; Culbertson J. Y. et al., 2010; Stellingwerff T., Maughan R. J., Burke L. M., 2011; Shirreffs S.M., Sawaka M.N., 2011; C.L. Lee, J.C. Lin, C.F. Cheng, 2011; McCormack W. P., Hoffman J. R., 2012; Weicong X., Hao W., 2013), психологические фармакологические, механические (биомеханические).

Большой интерес представляют средства, способные быстро нейтрализовать отрицательное действие стрессовой реакции и активизировать адаптационные процессы. К таким средствам в первую очередь относятся методы напрямую или опосредованно нормализующие работу

нейроэндокринных центров. Особый интерес представляют немедикаментозные методы воздействия, не имеющие побочных эффектов. К таким методам относится ТЭС, под воздействием которой происходит быстрая перестройка всего организма с включением механизмов защиты и приспособления к повреждающим факторам на системном, органном и тканевом уровнях. Курсовая стимуляция работы нейроэндокринных систем приводит на более высокий уровень функционирования механизмы антистрессовой и адаптационной готовности организма без ущерба для него. В результате повышенного образования нейrogормонов переносимость организмом внешних и внутренних перегрузок значительно повышается (Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. с соавт., 1994).

ТЭС представляет собой метод активации защитных (эндорфинных) механизмов мозга, отличающийся от многих других видов электростимуляции своей высокой эффективностью. В основу разработки ТЭС положены принципы доказательной медицины, а также открытое явление селективности транскраниального электровоздействия (Ломарев Н.П., 1995).

Один из основных возможных эффектов применения транскраниальной электростимуляции ученые видят в ускорении процессов восстановления. Воздействие физической нагрузки, приводящей к развитию утомления, характеризует ее срочный тренировочный эффект. Отставленный эффект тренировки проявляется в повышении эффективности восстановительных процессов сразу или спустя после тренировки. В период отдыха восстановительные процессы усиливаются (Платонов В.Н., 2005; Анисимова А. Ю., 2009; Бирюкова Е.А., Котешева И.А., 2011; Царанков В.Л., Степанцов В.М., Борсук В.Н., 2013). Следовательно, может анализироваться возможность применения ТЭС как для срочного так и для отставленного восстановления.

В зависимости от характера предшествующей нагрузки будет изменяться продолжительность восстановительного периода и наступление

фазы суперкомпенсации. Направленность восстановительных процессов может вести как к улучшению, так и к ухудшению спортивной работоспособности.

В зависимости от вида работы, ее напряженности, продолжительности ведущая роль в развитии утомления принадлежит различным факторам. В первую очередь утомлению подвержены системы наиболее задействованные при данном виде работы. В борьбе и силовых видах спорта это нервно-гуморальная система (Коц Я.М., 1998). Нарушение нервной регуляции физиологических функций может играть ведущую роль при мощной кратковременной мышечной работе, в результате действия мощного потока нервных импульсов и развития запредельного торможения. В связи с чем применение ТЭС для ускорения восстановления данной системы может явиться эффективным средством повышения работоспособности.

В спортивной практике ТЭС только еще начинает применяться для коррекции гемодинамики (Милостной Ю.П., 2007; Сеин О.Б., 2004, 2008, 2009), вегетативных изменений (Гувакова И.В., 2010; 2013; Дробышев В.А., 2010), психоэмоционального состояния спортсменов (Калинин А.В., 2005; Милостной Ю.П., 2007; Сеин О.Б., 2008-2009; Виноградова О.Л., 2009) и повышения физической работоспособности (Гаманилина М.А., 2008), повышения толерантности к боли (Калинин А.В., 2005).

Интенсивные тренировки и соревнования вызывают спонтанное повышение уровня  $\beta$ -эндорфина в плазме крови, играющее в норме стресс-лимитирующую защитную роль. Эта роль состоит в обеспечении повышения адаптационных резервов с меньшей «ценой» для систем жизнеобеспечения организма. При этом снижается уровень гормонов стресса (АКТГ, кортизол), уменьшается первичное рассеивание тепла в митохондриальном метаболизме и повышается эффективность фосфорилирования, снижается образование и усиливается метаболизм молочной кислоты (Маркина Л.Д., 2005). Это спонтанное повышение уровня ЭОП на фоне высокого напряжения всех адаптационных систем, зачастую оказывается кратковременным,

недостаточным и неадекватным. Повышенная потребность организма к увеличению концентрации ЭОП обеспечивается, в первую очередь, освобождением из клеток нейроэндокринной системы уже имеющегося  $\beta$ -эндорфина, а не увеличением его продукции. Поэтому высокий уровень ЭОП у спортсменов и эндорфинодефицит могут отмечаться одинаково часто, хотя дефицит, безусловно, преобладает. В результате ТЭС достигается устойчивая и воспроизводимая активация системы ЭОП, достоверное, существенное и длительное повышение уровня  $\beta$  – эндорфина в мозге, ликворе и плазме крови.

Показано влияние ТЭС на состояние сердечно-сосудистой системы. Под действием ТЭС нормализуются показатели центральной гемодинамики (ПД, Адср, УО, МОК, ПСС, коэффициент эффективности восстановления гемодинамики) (Сеин О.Б., 2009), ускоряется восстановление АД и ЧСС после физической нагрузки (Виноградова О.Л., 2008; 2009; Гувакова И.В., 2013). Курсовое применение ТЭС оказывает гомеостатическое влияние на регуляцию сердечно-сосудистой системы, позволяет добиться сопоставимой физической работоспособности при меньшей напряжённости систем её вегетативного обеспечения (Виноградова О.Л., 2009).

По мнению Р.М. Баевского (2002) состояние функционального перенапряжения систем вегетативной регуляции соответствует неудовлетворительной адаптации. После проведения курса ТЭС у спортсменов отмечается снижение напряжения механизмов вегетативной регуляции и эрготропных реакций, в 100 % случаев зафиксирован переход регуляции с симпатического типа на нормотонический и умеренный ваготонический (Дробышев В.А., 2010; Гувакова И.В., 2013). Усиление вагусных влияний в покое, по мнению Э.В. Земцовского (2004), Е.А. Гавриловой (2007) и А.Ю. Мальцева (2010) свидетельствует о росте тренированности и рассматривается как положительный результат адаптации к мышечной деятельности.

Эффекты ТЭС отражаются на показателях функции дыхания и физической работоспособности спортсменов (Калинин А.В., 2005; Гаманилина М.А., 2008; Гувакова И.В., 2013). Влияние ТЭС на аэробную производительность организма спортсменов показал, что увеличивается время задержки дыхания на выдохе (проба Генчи) на 25 % после однократного воздействия и на 35 % при курсовом применении (Калинин А.В., 2005). После применения ТЭС отмечается возрастание физической работоспособности (Гаманилина М.А., 2008; Гувакова И.В., 2013) и МПК (Гувакова И.В., 2013).

ТЭС положительно влияет на психоэмоциональное состояние спортсменов (Калинин А.В., 2005; Сеин О.Б., 2008; Виноградова О.Л., 2009; Гувакова И.В., 2013), а именно повышается психическая работоспособность и активность, снижается тревожность, улучшается настроение и самочувствие, появляется чувство спонтанного удовлетворения, разрядка, надежда на успех, на перспективы в деятельности. По данным О.Б. Сеина (2009) у большинства борцов во время электростимуляции наступает временное состояние сонливости или эйфории, исчезают симптомы «спортивной агрессивности» и усталости, наступает общее расслабление. ТЭС способствует снятию предстартовой тревоги, что выражается в уменьшении гипертензивной реакции (Виноградова О.Л., 2009).

Применение ТЭС отражается и на улучшении психофизиологической адаптации спортсменов. Так после ТЭС улучшаются скоростные характеристики сенсомоторных действий (Виноградова О.Л., 2009; Гувакова И.В., 2013), точность реакции на движущийся объект, увеличение максимальной частоты движений, что характеризует улучшение подвижности и лабильности нервных процессов и функционального состояния двигательного аппарата атлетов (Гувакова И.В., 2013).

Исследования В.П. Лебедева с соавторами (2005) и В.Н. Сыроева (2005, 2008) показали, что применение ТЭС у практически здоровых людей уменьшает утомление и оказывает положительное влияние на связанные с

ним показатели психофункционального состояния (самочувствия, активности, настроения, тревожности, стресса, работоспособности). Эффект ТЭС проявляется вне зависимости от степени утомления (Лебедев В.П., 2005; Сысоев В.Н., 2008).

Изменения на ЭЭГ после курса ТЭС свидетельствовали об улучшении функционального состояния мозга. Отмечались положительные сдвиги в виде уменьшения доминирования бета-активности и десинхронизации биопотенциалов, улучшения выраженности альфа-ритма (Шмырев В.И., 2005).

Исследования, проведенные на единоборцах высокой квалификации, показали, что после однократного применения ТЭС происходит снижение болевой чувствительности в 2-3 раза, при курсовом применении – в 3 раза, (Калинин А.В., 2005; Гаманилина М.А., 2008).

Таким образом, отдельные исследования различных авторов показывают положительное влияние ТЭС на функциональное состояние и работоспособность спортсменов различных видов спорта. В связи со своими основными центральными и периферическими эффектами ТЭС может явиться перспективным средством ускорения процессов срочного восстановления после однократных тренировочных и соревновательных нагрузок, а также в качестве средства общего воздействия на адаптационные возможности организма на различных этапах тренировочного процесса.



### 3. МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1 Методологический аппарат и характеристика контингента исследуемых лиц

В исследовании приняли участие 82 человека, занимающихся силовыми видами спорта и борьбой (табл.2). Исследование проводилось на кафедре анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены на базе Межкафедральной научно-исследовательской лаборатории «Медико-биологическое сопровождение спорта высших достижений» Сибирского государственного университета физической культуры и спорта. Квалификация спортсменов – кандидат в мастера спорта (КМС) и мастер спорта (МС). Все спортсмены мужского пола, средний возраст  $20,57 \pm 0,21$  лет.

Таблица 2

Количественный состав исследуемого контингента

Раздел исследования	Спортивная специализация	Квалификация	Всего
Влияние сеанса ТЭС в покое в процессе тренировочной деятельности	Тяжелая атлетика (2), гиревой спорт(3), пауэрлифтинг(15)	КМС 11 МС 7	18
Влияние сеанса ТЭС в процессе соревновательной деятельности	Пауэрлифтинг	КМС 14 МС 4	18
Влияние сеанса ТЭС на специальную работоспособность борцов	Греко-римская борьба (11) Самбо (9)	КМС 12 МС 8	20
Воздействие курса процедур ТЭС	Греко-римская борьба (13) Пауэрлифтинг (13)	КМС 17 МС 9	26
Всего		КМС 54 МС 28	82

Работа выполнена при соблюдении основных биоэтических правил и требований, с научным обоснованием планируемых исследований, анализом возможных рисков и дискомфорта, описанием исследования для неспециалистов и получением информированного согласия от участников исследования. Все испытуемые были практически здоровы. Критерием отбора в основную группу являлось отсутствие в электроэнцефалограмме (ЭЭГ) признаков пароксизмальной активности нейронов: спайков, острых волн, комплексов быстрая волна – медленная волна. Исследование проводилось в хорошо освещенном и проветриваемом помещении, с соблюдением необходимых требований при проведении исследований.

Исследование состояло из 3 частей:

1. Исследование влияния сеанса ТЭС в покое и после соревновательной деятельности пауэрлифтеров.
2. Изучение влияния сеанса ТЭС на специальную работоспособность и динамику восстановления после стандартной нагрузки борцов.
3. Определение курсовых эффектов ТЭС у пауэрлифтеров и борцов.

Схема исследования влияния сеанса ТЭС в покое в процессе тренировочной деятельности представлена на рисунке 1. Критерием отбора в основную группу являлось отсутствие признаков пароксизмальной активности в электроэнцефалограмме. Спортсмены контрольной группы были того же возраста, пола, спортивной квалификации и специализации, что и спортсмены основной группы. Все принявшие участие в исследовании, находились в подготовительном периоде тренировочного процесса. Исследование включало анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) и психофизиологическое тестирование: определение времени простой и сложной сенсомоторной реакции и тест Шульце в основной и контрольной группах. Сеанс ТЭС длительностью 20 мин проводился в основной группе до тренировочного занятия, с помощью аппарата ТРАНСАИР-5, расположение электродов лобно-мастоидальное, величина тока до 3 мА. В контрольной группе проводилась имитация сеанса ТЭС длительностью 20 мин: надевали

оголовье с электродами, но ток не достигал рабочих величин (до 0,2 мА). После сеанса повторяли анализ ВСР и психофизиологическое тестирование.

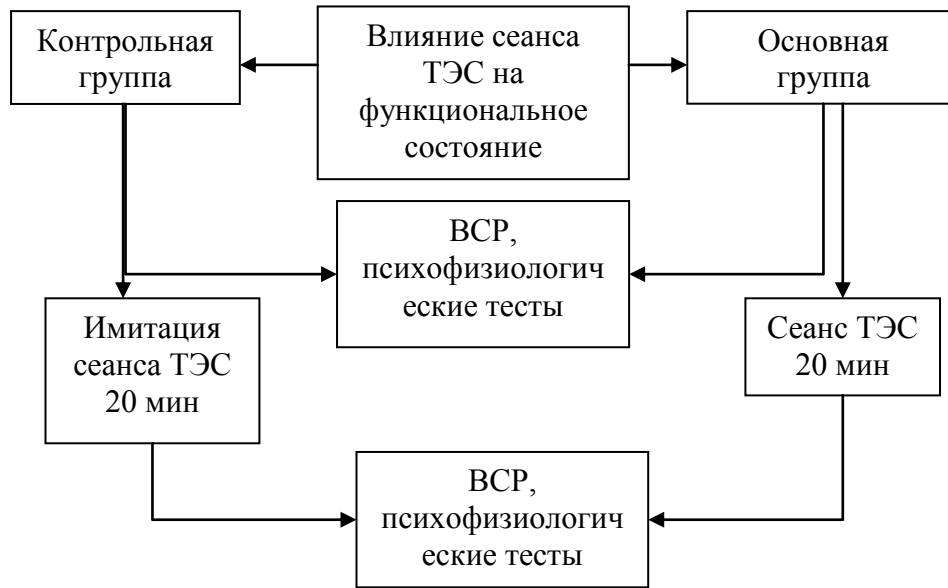


Рис. 1. Схема изучения влияния сеанса ТЭС на функциональное состояние пауэрлифтеров в покое

Схема исследования влияния сеанса ТЭС в процессе соревновательной деятельности представлена на рисунке 2. Спортсмены были обследованы за неделю до соревнований (фон), до соревнований после взвешивания, сразу после соревнований и после ТЭС – ОГ, а в КГ через 20 минут после соревнований. Исследование включало анализ ВСР и психофизиологическое тестирование: определение времени простой и сложной сенсомоторных реакций. Спортсмены основной и контрольной групп не отличались по возрасту, полу, спортивной квалификации, были участниками одних соревнований.

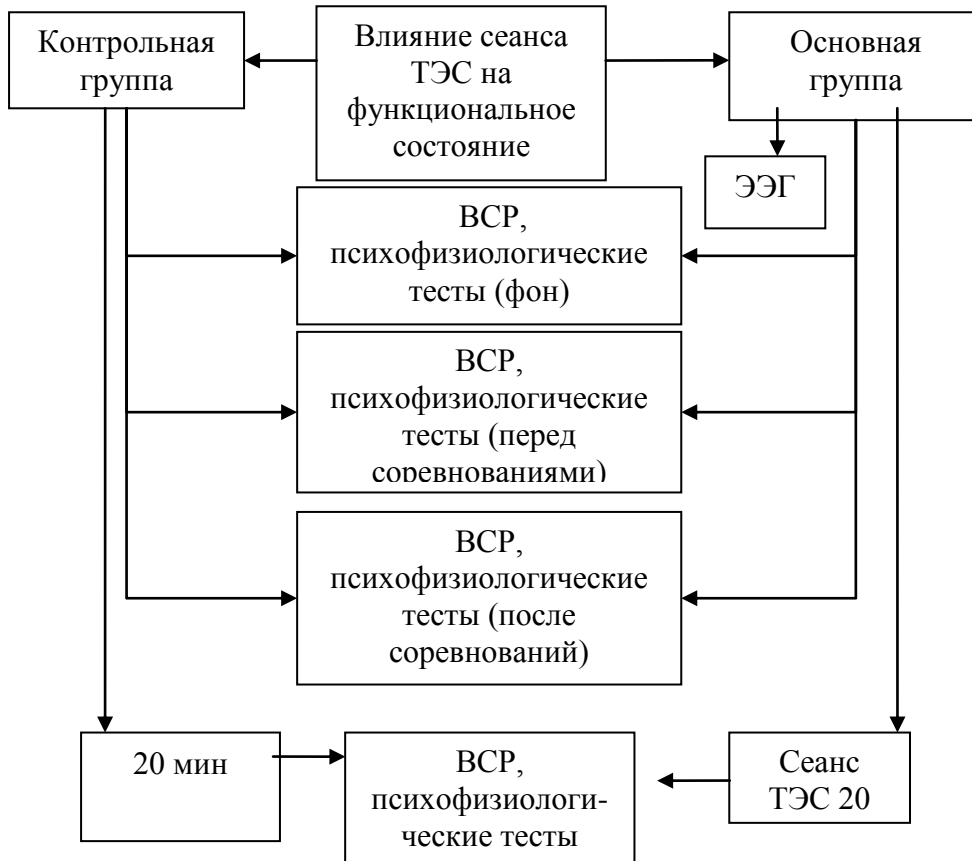


Рис. 2. Схема изучения влияния сеанса ТЭС на функциональное состояние пауэрлифтеров в процессе соревновательной деятельности

Исследование влияния сеанса ТЭС на специальную работоспособность борцов включало анализ ВСП, пульсометрию, тонометрию, комплексный тест специальной работоспособности В.Ф. Бойко (2004). Схема исследования представлена на рисунке 3. Предварительное тестирование проводилось с целью рандомизировать выборку по индексу выносливости. Спортсменам основной группы, для исключения противопоказаний к процедуре ТЭС, регистрировали ЭЭГ. Борцы основной и контрольной групп не отличались по возрасту, полу, спортивной квалификации и специализации, не имели достоверных различий по индексу выносливости, находились в подготовительном периоде тренировочного процесса. В течение 5 дней между предварительным тестом специальной работоспособности и основной частью исследования, борцы обеих групп тренировались в обычном режиме.



Рис. 3. Схема изучения влияния сеанса ТЭС на специальную работоспособность и динамику восстановления борцов

Перед тестом специальной работоспособности у борцов определяли фоновые показатели АД, ЧСС, ВСР. В основной группе проводили сеанс ТЭС, длительность 20 мин, расположение электродов лобно-мастоидальное, импульсный биполярный ток, максимальная величина 3мА.

Для оценки динамики процессов восстановления определяли ЧСС и АД на 1, 5, 10 минутах после нагрузки, анализ ВСР до и после нагрузочного теста.

В исследовании курсовых эффектов ТЭС приняли участие спортсмены обеих специализаций (13 пауэрлифтеров, 13 борцов), программа включала

анализ динамики ЭЭГ ритмов, ВСР, показателей реовазографии (отведение голень-стопа), реоэнцефалографии, психофизиологических тестов (простой и сложной сенсомоторной реакции, теста Шульте). Курс ТЭС состоял из 10 ежедневных сеансов, длительностью 30 минут, расположение электродов лобно-мастоидальное, величина тока до 3 мА (рис. 4).

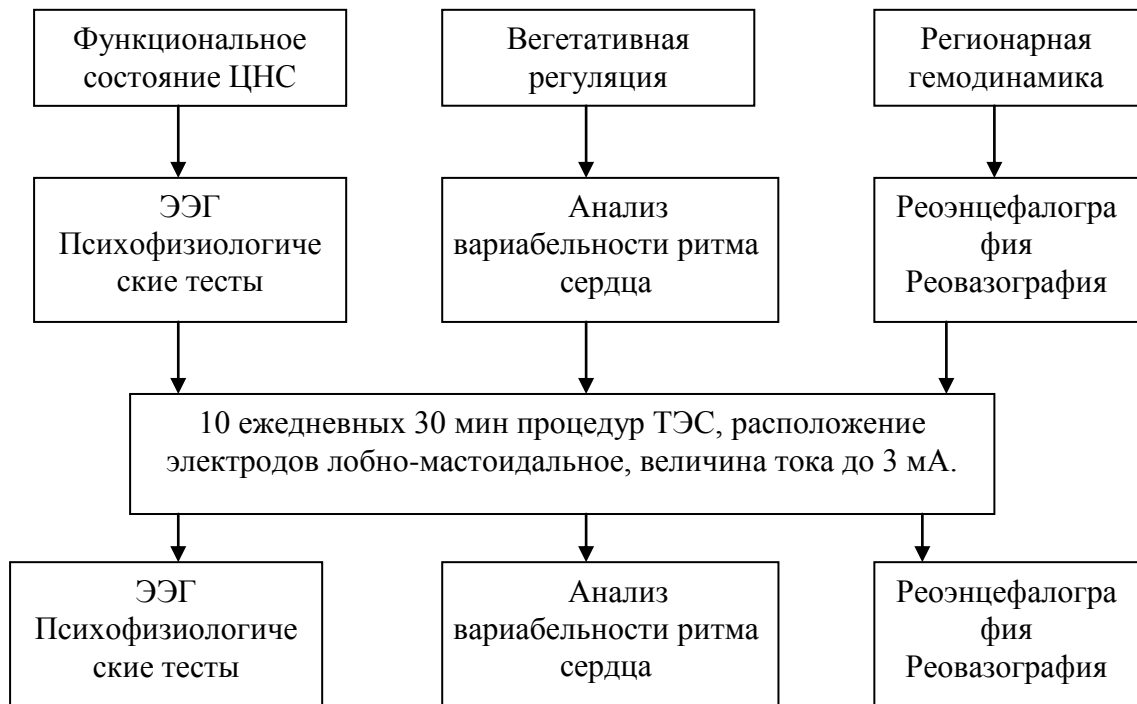


Рис. 4. Схема изучения влияния курса ТЭС на функциональное состояние пауэрлифтеров и борцов

### 3.2. Методы исследования функционального состояния и работоспособности

#### Исследование variability ритма сердца (ВСР)

Сердечно-сосудистая система – это функциональная система с многоуровневой регуляцией, конечным результатом деятельности которой является обеспечение необходимого уровня функционирования целостного организма. Сердце является чувствительным индикатором всех происходящих в организме процессов, а сердечный ритм, регулируемый симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной

системы (ВНС), реагирует на любые стрессорные воздействия (Бабунц И. В., Мириджанян Э.М., Машаех Ю. А., 2002; Кудря О.Н., 2011; Литвин Ф.Б. и др., 2012).

По мнению многих авторов, вариабельность ритма сердца позволяет оценить адаптационно-компенсаторные реакции сердечно-сосудистой системы и является интегральным показателем функционального состояния организма в целом (Баевский Р.М., 1984, 2002; Шлык Н.И., 2009, 2012; Иванова Н.В., 2011; Кудря О.Н., 2009, 2011).

В исследовании срочных эффектов ТЭС в покое и соревновательной деятельности пауэрлифтеров, а также специальной работоспособности и динамики восстановления борцов использовался аппаратно-программный комплекс (АПК) «Нейролаб», анализ записи 200 кардиоинтервалов. В исследовании курсовых эффектов ТЭС использовали АПК «Полиспектр» (Нейрософт), 5- минутную запись кардиоинтервалов проводили в условиях относительного покоя, в исходном положении лежа на спине после 15 мин отдыха и при выполнении активной ортостатической пробы (6-минутная запись кардиоинтервалов). АПК позволяют автоматически обрабатывать данные ВСР на персональном компьютере.

Для изучения вегетативной регуляции сердца использовали показатели спектрального, математического и временного анализа вариабельности сердечного ритма, а также рассчитываемые на их основе индексы, предложенные Р.М. Баевским (1984), нашедшие широкое применение для оценки процессов регуляции и степени адаптации сердечно-сосудистой системы к агрессивным факторам: ИВР – индекс вегетативного равновесия ( $ИВР = A_{Mo}/BP$ ); ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции ( $ПАПР = A_{Mo}/Mo$ ); ВПР – вегетативный показатель ритма ( $ВПР = 1/Mo \times BP$ ); ИН – индекс напряжения регуляторных систем ( $ИН = A_{Mo}/2 \times BP \times Mo$ ).

В наших исследованиях были использованы следующие показатели временного анализа ритма сердца: минимальная и максимальная длительность интервалов ( $R-R_{min,мс}$ ,  $R-R_{max,мс}$ ) и обратная величина этих

показателей – максимальная и минимальная ЧСС (уд/мин), среднее квадратичное отклонение (SDNN, мс), коэффициент вариации (CV, %), среднеквадратичное различие между продолжительностью соседних кардиоинтервалов (RMSSD, у.е.), число кардиоинтервалов, различающихся более чем на 50мс (pNN50, %).

Использовались следующие параметры спектрального анализа: мощность спектра высокочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний (HF, %), мощность спектра низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний (LF, %), мощность спектра очень низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний (VLF, %), мощность спектра ультра низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний (ULF, %).

Математические методы анализа ВСР позволяют выявить закономерности распределения кардиоинтервалов как случайных величин в исследуемом ряду их значений, что наглядно может быть представлено в виде графического (гистограмма) или числового (вариационный ряд) способов (Шлык Н.И., 2009; Кудря О.Н., 2011). Мы использовали следующие числовые характеристики вариационных пульсограмм: мода ( $M_o$ , мс), амплитуда моды ( $AM_o$ , %), вариационный размах (BP, мс).

Преобладающий тип вегетативной регуляции определялся по данным анализа ВСР, согласно классификации, предложенной Н.И. Шлык (2009), учитывающей системный подход к рассмотрению сложнейшего механизма регуляции физиологических функций. В данной классификации за основу взяты не отделы ВНС (симпатический и парасимпатический), а центральный и автономный контуры вегетативного управления физиологическими функциями, что отражает участие в процессах вегетативной регуляции многих звеньев единого регуляторного механизма.



Экспресс-оценка преобладающего типа вегетативной регуляции производилась по количественным критериям показателей ВСР ИН (у.е.) и VLF (мс<sup>2</sup>).

#### Исследование регионарного кровотока

Исследование регионарного кровотока осуществлялось с помощью реографического комплекса «Рео-спектр» (Нейрософт) по методикам реоэнцефалография и реовазография, отведение голень-стопа.

Реография – бескровный неинвазивный метод исследования кровотока в различных органах, основанный на измерении биологического импеданса тканей, меняющегося пропорционально пульсовому кровенаполнению органа. Сущность метода – регистрация постоянно изменяющейся величины электрического сопротивления различных органов и участков организма, обусловленной степенью кровенаполнения сосудов в зависимости от фазы сердечного цикла. В диагностическом плане реография позволяет оценить с достаточной степенью точности:

- проходимость крупных (магистральных) артерий;
- объемное пульсовое кровенаполнение исследуемого органа;
- тонус и эластичность артерий различного калибра;
- состояние венозного оттока;
- при наличии окклюзии (закупорки) артерий ее уровень и распространенность;
- дифференцировать органические и функциональные изменения сосудов.

В наших исследованиях были использованы следующие показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока: максимальная амплитуда основной волны (Аарт, Ом), реографический индекс (РИ, у.е.). Показатели тонуса и эластичности артерий: соотношение амплитуд артериальной и венозной компонент реографической волны (Авен/Аарт,%), дикротический индекс (ДИК,%), диастолический индекс (ДИА,%), временные параметры: время распространения пульсовой волны (Q<sub>x</sub>, с), время подъема

анакроты (Альфа, с), время быстрого (Альфа1, с) и медленного (Альфа2, с) кровенаполнения и их соотношение (Альфа1/Альфа2, у.е.). Скоростные показатели: максимальная скорость быстрого наполнения ( $V_{\text{макс}}$ , Ом/с) и средняя скорость медленного наполнения ( $V_{\text{ср}}$ , Ом/с).

Показатели гемодинамики в венозном русле: показатель венозного оттока (ПВО, %), индекс Симонсона (ИВО\_Сим, %).

Исследование биоэлектрической активности головного мозга

Регистрация биоэлектрической активности головного мозга представляет собой запись электрической активности нейронов различных структур головного мозга. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) отражает функциональное состояние структур головного мозга при различных состояниях человека, например, сон, бодрствование, активная умственная или физическая работа и т.д.

Регистрация ЭЭГ производилась в состоянии покоя с помощью компьютерного комплекса «Нейрон-Спектр» (монополярно с 16 стандартных точек отведения в соответствии с международной системой «10-20»), в качестве референтного использовался объединенный ушной электрод. Рассматривались следующие частотные диапазоны:  $\delta$  (0,5-4 Гц),  $\theta$  (4-8 Гц),  $\alpha$  (8-13 Гц),  $\beta_1$  (13-21 Гц),  $\beta_2$  (21-33 Гц). Продолжительность фоновой регистрации составляла 120 с, пробы с открыванием и закрыванием глаз по 60 с, эпохи анализа по 4 с, частота квантования 256 Гц.

Исследование психофизиологического состояния

Для исследования психофизиологических особенностей был использован Аппаратно-программный комплекс «Спортивный психофизиолог» (Корягина Ю.В., Нопин С.В., 2011). Программа включала методики для определения времени простой и сложной сенсомоторных реакций, тест Шульте, позволяющий оценить психофизиологические характеристики внимания (избирательность, устойчивость, переключаемость), работоспособность при выполнении работы, требующей внимания.

Простая сенсомоторная реакция – элементарный вид произвольной реакции. Ее величина имеет наибольшее значение там, где человеку необходимо реагировать на какой-либо сигнал. Время простой сенсомоторной реакции зависит от вида сигнала, типа ответа, направленности внимания, установки, психического состояния испытуемого, а также от более устойчивых индивидуальных его особенностей. Время простой сенсомоторной реакции можно успешно развивать.

Тест «Определение времени простой сенсомоторной реакции на свет рукой»: при предъявлении светового стимула в виде красного круга на экране монитора, испытуемому необходимо как можно быстрее нажать клавишу «Пробел» на клавиатуре компьютера.

Время реакции измеряется с помощью таймера АПК путем вычисления разницы между временем начала подачи светового стимула и временем реакции на него. Один тест включал 5 предъявлений стимула.

Тест «Определение времени простой сенсомоторной реакции на звук рукой»: при предъявлении звукового стимула (сигнала широкого спектра длительностью около двух секунд) через головные телефоны, испытуемому необходимо как можно быстрее нажать клавишу «Пробел» на клавиатуре компьютера.

Время реакции измеряется с помощью таймера АПК путем вычисления разницы между временем начала подачи звукового стимула и временем реакции на него. Один тест включал 5 предъявлений стимула.

Тест «Определение времени реакции на движущийся объект»

Реакцию на движущийся объект (РДО) рассматривают как реакцию на упреждение события, сила которой зависит от скорости движения объекта, за которым следят, и как рефлекс на время. РДО используют в качестве физиологического теста для определения уровня взаимоотношения процессов возбуждения и торможения в коре головного мозга, как в состоянии относительного покоя, так и под влиянием физической нагрузки. По

показателям РДО можно в определенной мере судить о стабильности функционирования нервной системы.

Исследование РДО заключается в слежении испытуемым за красным кругом,двигающимся по спирали к центру экрана монитора (обозначенного черным крестом), окончание движения является стимулом для определения времени двигательной реакции. Компьютер автоматически подсчитывает время реагирования, а при опережающих реакциях – время опережения. Наличие опережающих и запаздывающих реакций является нормой, чаще встречаются запаздывающие реакции, точные реакции встречаются 3-16% случаев. Один тест включал 5 предъявлений стимула.

Время реакции выбора является одним из вариантов сложной сенсомоторной реакции, так как необходимо дифференцировать сигнал (на один сигнал надо реагировать, а на другой нет). Это приводит к увеличению времени реагирования за счет «центральной задержки», то есть времени уходящего на дифференцировку сигнала, на припоминание того, как именно следует реагировать на тот или иной сигнал. Выделить «центральную задержку» из времени сложной реакции можно путем вычитания времени простой реакции, измеренной у одного и того же человека. Время «центральной задержки» больше у лиц со средней силой нервной системы и меньше у лиц с сильной нервной системой.

Тест «Определение времени реакции выбора»: испытуемому нужно выбрать один из двух стимулов - большого и малого красного круга, появляющихся в случайном порядке в центре экрана монитора. Необходимо отреагировать (нажатием клавиши «пробел») только на появление малого круга. Компьютер автоматически фиксирует время, от появления малого круга до нажатия на клавишу. Один тест включал 5 предъявлений стимула.

Тест Шульте предназначен для исследования психического темпа, скорости ориентировочно-поисковых движений взора, для исследования объема внимания к зрительным раздражителям.

При прохождении тестирования нужно найти и кликнуть мышкой на все числа квадратной таблицы по порядку от 1 до 25. Это нужно делать как можно скорее и без ошибок.

Высокая оценка (время прохождения теста меньше 26,6 с). Испытуемый имеет высокую скорость восприятия информации зрительной сенсорной системой, уровень произвольного внимания.

Норма (26,6 - 32,6 с). Испытуемый имеет среднюю скорость восприятия информации зрительной сенсорной системой, уровень произвольного внимания.

Низкая оценка (время прохождения теста больше 32,6 с). Испытуемый имеет низкую скорость восприятия информации зрительной сенсорной системой, уровень произвольного внимания. Один тест включал 5-кратное предъявление таблицы (Корягина Ю.В., 2007; Корягина Ю.В., Нопин С.В., 2013).

### **Исследование работоспособности и срочного восстановления**

Для исследования специальной работоспособности борцов использовали комплексный тест специальной работоспособности В.Ф. Бойко (2004).

В комплексном тесте спортсмен в интервальном режиме выполнял специфическую работу различного характера с максимально доступной интенсивностью и строго регламентированными интервалами отдыха. При этом трехкратно выполнялась такая программа:

- 20 с – максимальное количество бросков манекена подворотом;
- 10 с – отдых;
- 20 с – максимальное количество забеганий на мосту в правую сторону;
- 10 с – отдых;
- 20 с – максимальное количество передних подсечек.

После каждой серии упражнений, входящих в программу теста спортсмену предоставлялось 20 секунд пассивного отдыха.

Обработка результатов: определялось количество повторений при выполнении каждой из 9 20-секундных интервалов работы. Количество повторений в течение второго и третьего интервала усреднялось. Индекс выносливости вычислялся как отношение средних значений за второй и третий интервал работы к соответствующему значению за первый интервал.

Для исследования динамики срочного восстановления после стандартной нагрузки пальпаторным методом определяли ЧСС и АД методом тонометрии, регистрировали эти параметры до нагрузки, на 1, 5, 10 мин срочного восстановления. Рассчитывали основные показатели центральной гемодинамики: - пульсовое давление (ПД):

$$\text{ПД} = \text{САД} - \text{ДАД} \text{ (мм.рт.ст.)};$$

- ударный объем сердца (УОС):

$$\text{УОС} = 90,97 + 0,54 \times \text{ПД} - (0,57 \times \text{ДАД} - 0,61 \times \text{возраст}) \text{ (мл)};$$

- минутный объем крови (МОК):

$$\text{МОК} = \text{ЧСС} \times \text{УОС}/1000 \text{ (л/мин)}.$$

Определение механической работы левого желудочка, а также потребление кислорода миокардом определяли по показателю ДП (двойное произведение), или индексу Робинсона (Дембо А.Г., Земцовский Э.В., 1989):

$$\text{ДП} = (\text{ЧСС} \times \text{САД})/100 \text{ (y.e.)}.$$

3.3. Метод транскраниальной электростимуляция защитных механизмов мозга (ТЭС)

Для проведения ТЭС использовался клинический полипрограммный аппарат «ТРАНСАИР-05», предназначенный для селективной неинвазивной транскраниальной электростимуляции эндорфинэргических структур головного мозга. Возможные формы электростимуляции: импульсы прямоугольные биполярные до 5 мА, импульсы прямоугольные монополярные до 5 мА, постоянный ток до 5 мА, сочетание прямоугольных монополярных импульсов с постоянным током до 10 мА. Диапазон дивиаии частоты при частотной модуляции 74-80 Гц. В процессе экспериментальных и

клинических исследований воздействия ТЭС установлено, что ток от аппарата проникает через кожу, мягкие ткани, череп и действует на антиноцицептивные структуры головного мозга. Показано, что через 10-15 мин после начала стимуляции происходит усиление выделения опиоидных пептидов ( $\beta$ -эндорфина) и повышение их концентрации в мозге, ликворе и крови в несколько раз. Также установлено, что в развитии эффектов ТЭС, помимо опиатэргического, участвуют серотонинэргический и холинэргический нейротрансмиттерные механизмы.

Режим применения ТЭС в нашем исследовании: импульсы прямоугольные биполярные от 1 до 3 мА, частота 77,5 Гц.

Один из электродов фиксировался над бровями на лбу, другой (сдвоенный) – на свободной от волос коже за ушами (на сосцевидных отростках черепа). Такое положение обеспечивает продольное протекание тока в мозге и наружных тканях головы. Длительность однократных сеансов 20 мин. Курс состоял из 10 ежедневных процедур, длительность первой процедуры 20 мин, последующих 30 мин.

Сеанс ТЭС проводился в положении сидя, в дневное время, в сухом, хорошо проветриваемом помещении.

### 3.4 Статистический анализ экспериментальных данных

Статистическая обработка производилась на компьютере IBM Pentium IV с помощью пакетов программ Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.0.

Проверка на нормальность распределения измеренных переменных проводилась по критерию Shapiro-Wilk. Для характеристики изучаемых параметрических показателей вычислялась средняя арифметическая величина выборочной совокупности ( $M$ ). Показателем варьирования полученных результатов служило среднее квадратичное отклонение ( $\delta$ ) и  $m$  – ошибка репрезентативности (генеральная средняя). Результаты непараметрического метода обработки представлены в виде медианы ( $Me$ ), первой и третьей квартили ( $Qb; Qs$ ).

В случае нормального распределения переменных применялся параметрический метод по критерию Стьюдента для зависимых и независимых выборок, при непараметрическом распределении – критерии Вилкоксона и Манна-Уитни.

Критический уровень значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез принимался за 0,05.

Кроме того, применялись многомерный статистический метод: факторный анализ.



#### 4. ВЛИЯНИЕ СЕАНСА ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СПОРТСМЕНОВ СИЛОВЫХ ВИДОВ СПОРТА

4.1. Влияние сеанса ТЭС на функциональное состояние спортсменов силовых видов спорта в покое в подготовительном периоде тренировочного процесса

Показатели ЧСС в основной (ОГ) и контрольной (КГ) группах до сеанса достоверно не отличались и находились в пределах нормы для здоровых людей. Проведение сеанса ТЭС в ОГ привело к снижению ЧСС с  $70,8 \pm 2,2$  до  $65,6 \pm 4,2$  уд/мин, а в КГ имитация сеанса ТЭС сопровождалась повышением ЧСС с  $75,5 \pm 2,9$  до  $77 \pm 3,8$  уд/мин (рис. 5).

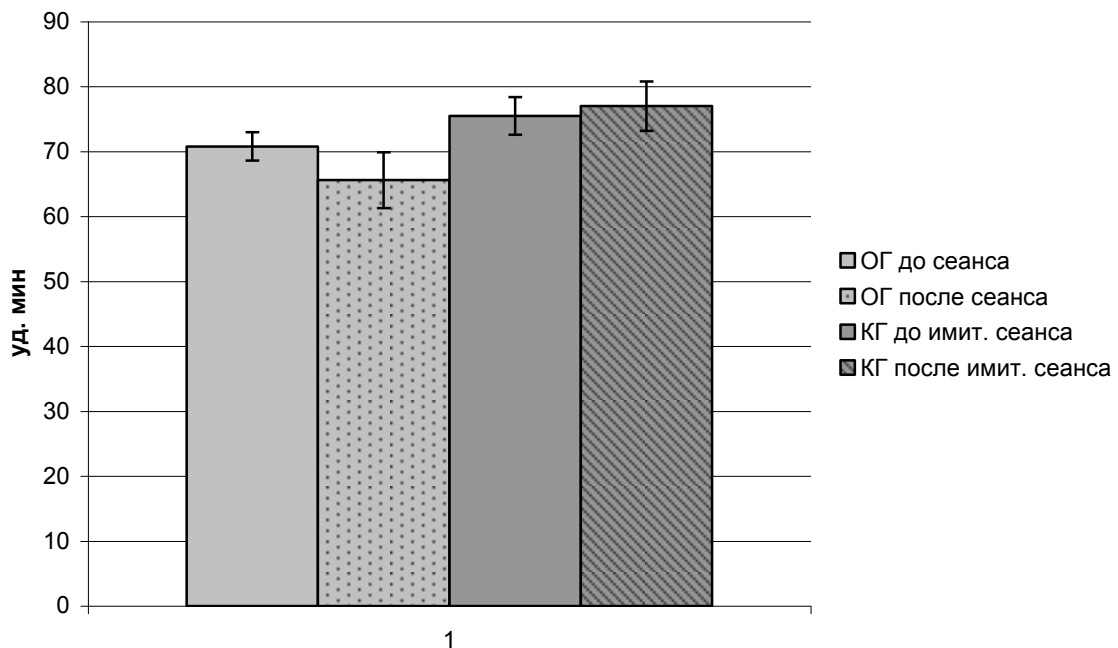


Рис. 5. Показатели ЧСС спортсменов силовых видов спорта до и после сеанса ТЭС в основной группе (ОГ) и имитации сеанса ТЭС в контрольной группе (КГ)

Значения показателя индекса напряжения (ИН) спортсменов ОГ после сеанса ТЭС снизились с  $145,8 \pm 21,2$  у.е. до  $45,6 \pm 6,2$  у.е., а КГ после имитации сеанса ТЭС с  $134,2 \pm 17,4$  у.е. до  $99,3 \pm 8,3$  у.е. (рис.6).

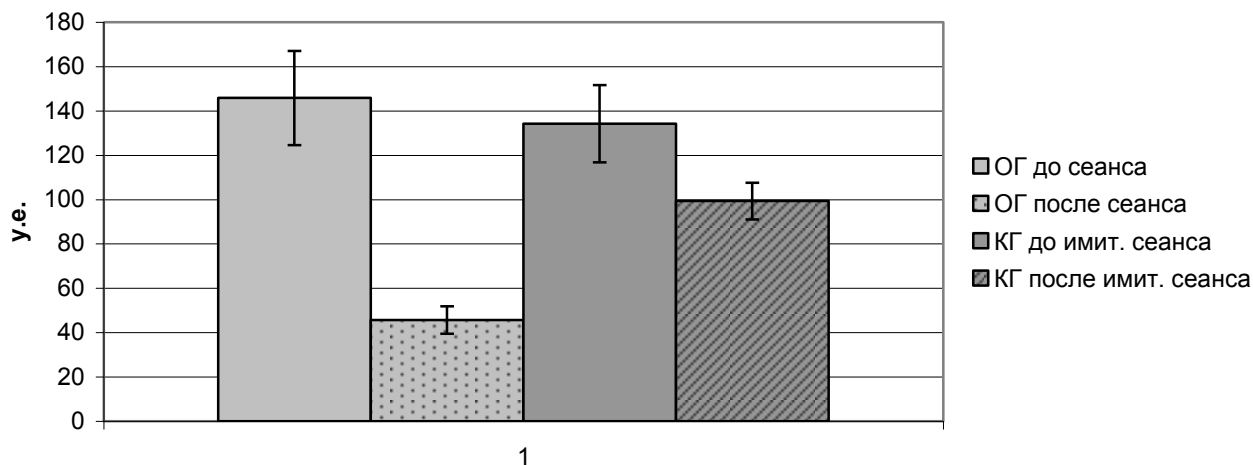


Рис. 6. Показатели индекса напряжения (ИН) спортсменов силовых видов спорта до и после сеанса ТЭС в ОГ и имитации сеанса ТЭС в КГ

Изменения показателей ЧСС и ИН у спортсменов КГ связаны, по-видимому, с эффектом плацебо, а у ОГ вызваны влиянием сеанса ТЭС.

Значения психофизиологических показателей спортсменов ОГ до и после сеанса ТЭС и КГ до и после имитации сеанса ТЭС представлены в таблице 3.

Таблица 3

Психофизиологические показатели спортсменов силовых видов спорта до и после сеанса ТЭС (ОГ) и имитации сеанса ТЭС (КГ)

Группы		Время реакции на свет (с)	Время реакции на звук (с)	Время реакции выбора (с)	РДО (с)
ОГ, n=10	до ТЭС	$0,23 \pm 0,01$	$0,33 \pm 0,03$	$0,33 \pm 0,03$	$0,4 \pm 0,3$
	после ТЭС	$0,24 \pm 0,01$	$0,3 \pm 0,02$	$0,32 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,003$
КГ, n=8	до имитации ТЭС	$0,27 \pm 0,01$	$0,33 \pm 0,02$	$0,37 \pm 0,01$	$0,21 \pm 0,1$
	после имитации ТЭС	$0,28 \pm 0,04$	$0,33 \pm 0,02$	$0,35 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,01$

Значения показателей простой и сложной сенсомоторных реакций, а также показатели эффективности работы в тесте Шульте у спортсменов обеих групп практически не изменились, из чего можно заключить, что однократный сеанс ТЭС не оказывает выраженного влияния на психофизиологические показатели в условиях покоя.

Следовательно, однократный сеанс ТЭС в подготовительном периоде тренировочного процесса спортсменов силовых видов спорта можно применять для оптимизации механизмов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы.

#### 4.2. Влияние сеанса ТЭС на процессы восстановления функционального состояния после соревновательных нагрузок у пауэрлифтеров

Изменения предсоревновательных показателей ВСР, относительно фоновых, определенных за неделю до соревнований, связаны в первую очередь с предстартовым функциональным состоянием спортсменов. До соревнований по показателям ВРС между контрольной и основной группой различия не достоверны. Так значения ЧСС до соревнований у пауэрлифтеров выше нормы (60-90 уд/мин), как в контрольной группе ( $99,6 \pm 7,4$  уд/мин), так и в основной ( $101,5 \pm 5$  уд/мин), что свидетельствует о мобилизации сердечно-сосудистой системы для обеспечения работы в условиях соревновательного стресса и указывает на повышение тонуса симпатической нервной системы (СНС). Об усилении влияния СНС и высокой мобилизации органов системы кровообращения у спортсменов перед соревнованиями также свидетельствует снижение SDNN, повышение АМо и ИН (табл. 4).

Динамика показателей variability сердечного ритма у спортсменов контрольной (КГ) и основной (ОГ) групп (Me, Qb; Qs )

Показатели ВСР	Основная группа, n=10			Контрольная группа, n=8		
	1			2		
	до сор.	после сор.	после ТЭС	до сор.	после сор.	через 20 мин.
ЧСС, уд/мин	102,4 (90,2; 115,4)	114,5 (101,8; 120,7) *	98,9 (87,2; 107,5)*	96,1 (67,3; 111,0)	99,1 (93,0;114,4)	96,7 (75,1; 101,8) <sup>°</sup>
R-Rcp, мс	590,5 (520,0; 665,0)	524,5 (497,0; 590,0)*	607,0 (558,0; 688,0)*	624,0 (542,0; 891,0)	605,0 (525,0; 645,0) <sup>°</sup>	743,0 (639,0; 799,0) <sup>°</sup>
R-Rmin, мс	545,0 (466,0; 601,0)	477,0 (463,0; 519,0)*	537,0 (507,0; 590,0) *	522,0 (520,0; 702,0)	558,0 (474,0; 607,0) <sup>°</sup>	634,0 (548,0; 720,0) <sup>°</sup>
R-Rmax, мс	703,0 (605,0; 800,0)	585,5 (535,0; 661,0) *	730,5 (688,0; 835,0) *	747,0 (572,0; 1059,0)	665,0 (614,0; 715,0)	873,0 (720,0; 952,0)
SDNN, мс	31,5 (27,0; 44,0) ^	18,5 (14,0;28,0 )^	33,5 (27,0;42,0 )	48,0 (11,0; 81,0)	23,0 (22,0;32,0 )	40,0 (35,0; 47,0)
ИИ, у.е.	241,1 (140,0; 401,3)	601,3 (359,5; 691,9) ^	195,3 (146,5; 329,5) ^1	137,2 (41,1; 1391,0)	382,5 (357,5; 496,3)	431,6 (383,6; 519,7) ^2
Коэф. Вар %	5,4 (4,4;6,5)	3,5 (2,7;4,9)	5,6 (4,5;6,1) <sup>1</sup>	7,6 (2,0; 9,0)	3,8 (3,4;6,2)	4,5 (4,0;5,2) <sup>2</sup>
Мо, мс	575,0 (525,0; 625,0)	525,0 (475,0; 575,0) <sup>°</sup>	600,0 (575,0; 675,0) <sup>°</sup>	625,0 (525,0; 825,0)	625,0 (525,0; 625,0) ^	775,0 (625,0; 775,0) ^
АМо, %	52,5 (48,0; 71,3)	57,8 (51,5;72,3 )	49,3 (6,0; 53,5)	38,6 (24,2; 76,0)	52,5 (51,5;67,3 ) <sup>°</sup>	45,0 (42,0; 51,0) <sup>°</sup>

Примечание: в таблице отражены достоверные различия при внутригрупповом и межгрупповом сравнении; \* - достоверность различий при  $p \leq 0,005$ ; ^ - достоверность различий при  $p \leq 0,05$ ; ° - достоверность различий при  $p \leq 0,01$ ; <sup>1</sup> и <sup>2</sup> - достоверность различий между ОГ<sup>1</sup> и КГ<sup>2</sup>. Между ОГ и КГ до соревнований и после различия не достоверны.

Анализ распределения спектральных компонентов ВСР до соревнований у пауэрлифтеров показал следующее соотношение LF>HF>VLF

(КГ – 48: 39: 13 и ОГ – 44: 42: 14), что также говорит о высокой симпатической активности ВНС (рис. 7).

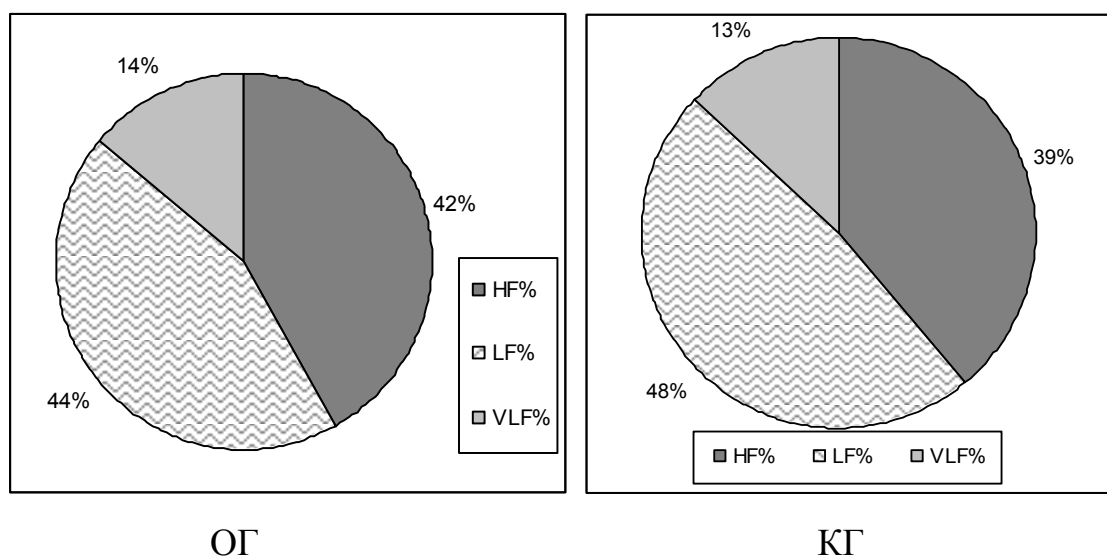


Рис. 7. Спектральная характеристика ВРС у спортсменов КГ и ОГ до соревнований

После соревнований отмечается выраженное напряжение регуляторных механизмов и системы органов кровообращения, о чем свидетельствует еще большее увеличение по сравнению с показателями до соревнований ЧСС (ОГ –  $111,4 \pm 3,6$  уд/мин, КГ –  $108,7 \pm 4,3$  – уд/мин), ИН (ОГ-  $690,5 \pm 143,8$  у.е. и КГ –  $1079,2 \pm 437,9$  у.е.) и АМо (ОГ –  $61,3 \pm 4,3$  % и КГ –  $69,1 \pm 7,1$ %) и снижение SDNN (ОГ –  $21,5 \pm 3,2$  мс и КГ –  $21,9 \pm 3,2$  мс) (табл. 3).

Спектральный анализ показал такое же соотношение компонентов после соревнований, как и до них (LF>HF>VLF). В контрольной группе после соревнований выявлено следующее соотношение – 49: 36: 15, а в ОГ соотношение компонентов спектра осталось без изменений (44: 42: 14). После соревнований у спортсменов отмечается преобладание активности симпатического звена вегетативной регуляции на фоне уменьшения активности парасимпатического, что свидетельствует о снижении текущего функционального состояния организма.

В процессе срочного восстановления, изменения показателей variability сердечного ритма отмечались как в контрольной, так и в

основной группе (табл. 3, рис. 7, 8). После проведения сеанса ТЭС и без него ЧСС восстановилась относительно предсоревновательных показателей и даже была ниже их, но нормы не достигла (рис. 8).

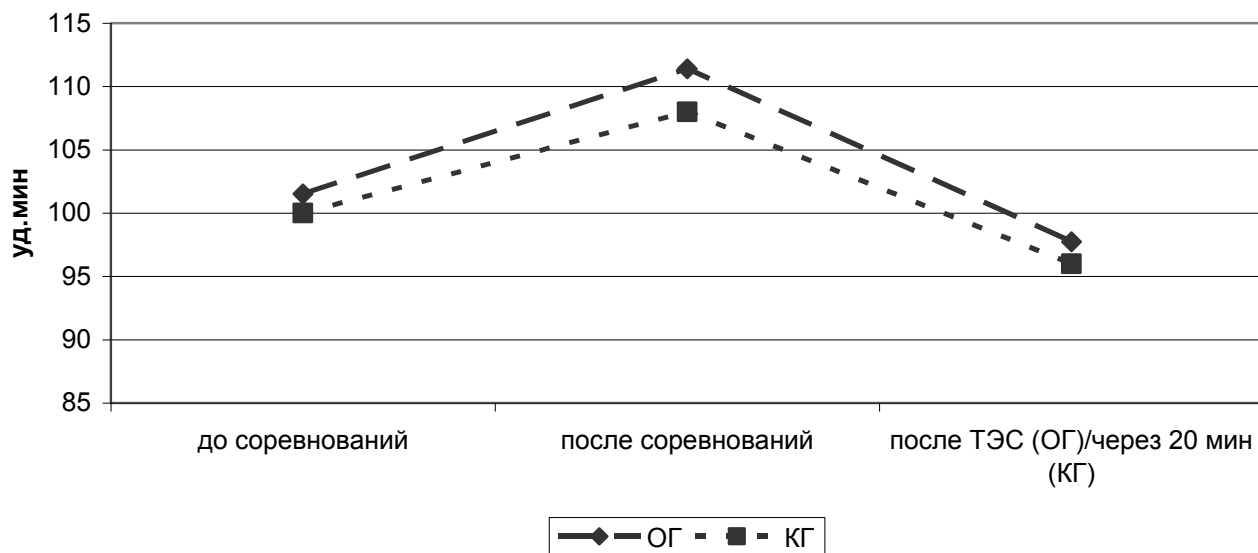


Рис. 8. Динамика частоты сердечных сокращений в КГ и ОГ

В основной группе относительно пред- и постсоревновательных значений произошло достоверное улучшение следующих показателей ВСР: ЧСС, R-R<sub>ср</sub>, R-R<sub>min</sub>, R-R<sub>max</sub> ( $p < 0,005$ ), ИН ( $p < 0,05$ ), Мо ( $p < 0,01$ ). Также в ОГ значительно улучшились значения показателей SDNN, коэффициента вариации, АМо относительно предсоревновательных. В контрольной группе достоверные изменения отмечены в показателях: ЧСС, R-R<sub>ср</sub>, R-R<sub>min</sub>, АМо ( $p < 0,01$ ), Мо ( $p < 0,05$ ). Однако в КГ не произошло улучшение относительно предсоревновательных значений SDNN, коэффициента вариации (табл. 3).

Достоверные изменения между КГ через 20 минут после соревнований и ОГ после ТЭС выявлены по значениям индекса напряжения ( $p < 0,05$ ) – показателя ВСР, отличающегося очень высокой чувствительностью к усилению тонуса СНС и характеризующего активацию центрального контура регуляции (рис. 9).

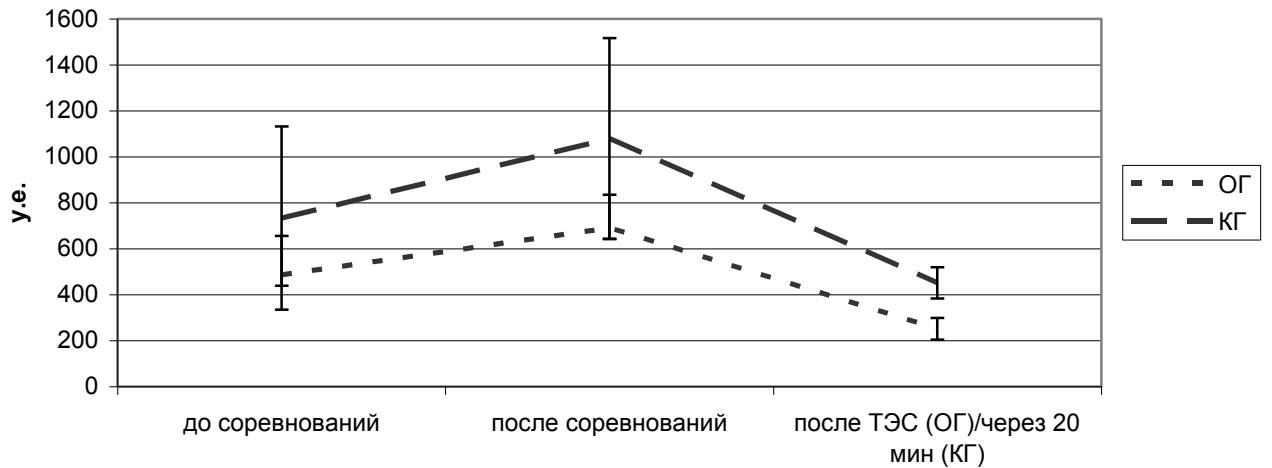


Рис. 9. Динамика индекса напряжения в КГ и ОГ (у. е.)

Достоверные изменения между КГ через 20 минут после соревнований и ОГ после ТЭС ( $p < 0,05$ ) выявлены по значениям коэффициента вариации – показателя ВСР, отражающего уровень вагусной регуляции ритма сердца (рис. 10).

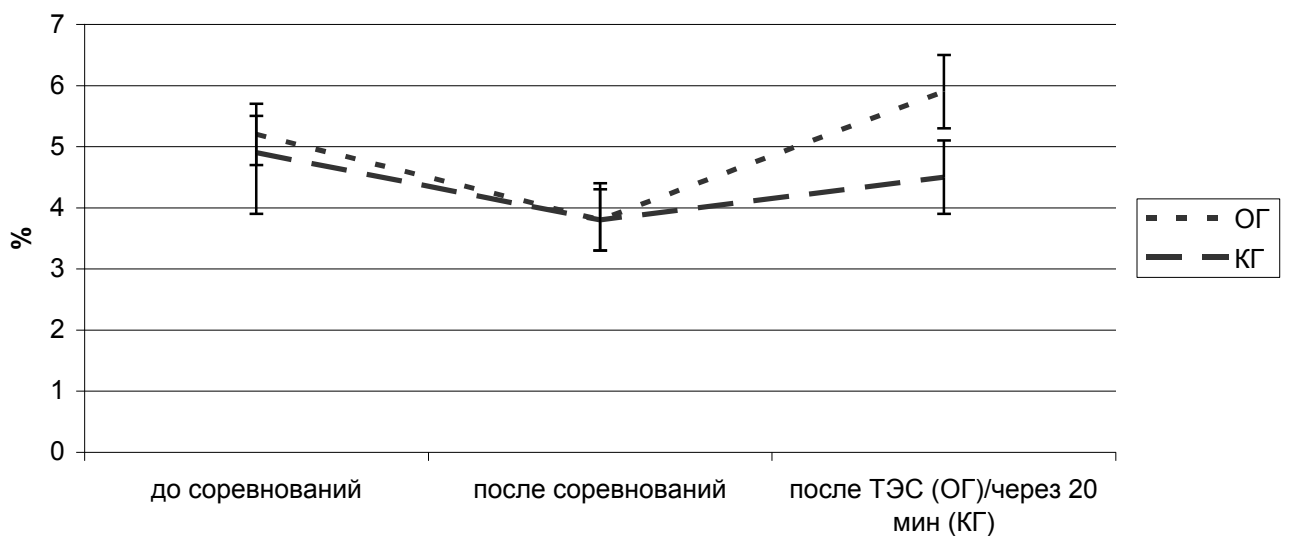


Рис. 10. Динамика коэффициента вариации в КГ и ОГ (у. е.)

После ТЭС в ОГ и КГ соотношение компонентов спектра было следующим: ( $LF > HF > VLF$ ), в ОГ - 47: 41: 12, а в КГ через 20 минут после соревнований – 52: 36: 12, что свидетельствует о большей степени напряжения регуляторных систем у КГ по сравнению с ОГ.

Полученные результаты показывают, что использование сеанса ТЭС после соревнований способствует более быстрому восстановлению вегетативной регуляции пауэрлифтеров.

При анализе психофизиологических показателей до соревнований в ОГ и КГ выявлены нормальные значения времени простых и сложных сенсомоторных реакций (табл. 5).

Таблица 5

Динамика психофизиологических показателей у спортсменов контрольной (КГ) и основной (ОГ) групп ( $M \pm m$ )

Группы		Время реакции на свет (с)	Время реакции на звук (с)	Время реакции выбора (с)
ОГ, n=10	до соревнований	0,29±0,03	0,3±0,03	0,4±0,09
	после соревнований	0,33±0,05*	0,4±0,1*	0,4±0,04
	после ТЭС	0,24±0,01*^	0,25±0,03*^	0,4±0,02
КГ, n=8	до соревнований	0,31±0,04	0,35±0,04	0,41±0,03
	после соревнований	0,37±0,04	0,37±0,02	0,38±0,03
	через 20 мин.	0,32±0,02^	0,35±0,03^	0,4±0,03

Примечание: в таблице отражены достоверные различия при внутригрупповом (\*) и межгрупповом (^) сравнении; достоверность различий при  $p \leq 0,05$ . Между группами достоверных различий до и после соревнований не выявлено.

После соревнований в обеих группах происходит увеличение времени простых сенсомоторных действий, что свидетельствует о ухудшении функционального состояния ЦНС (табл. 5).

После сеанса ТЭС в ОГ улучшается время простой сенсомоторной реакции на свет и звук ( $p < 0,05$ ), показатели становятся ниже нормы, время сложной сенсомоторной реакции не изменяется, по-видимому, для восстановления сложных реакций необходимо более длительное время.

В КГ через 20 мин после соревнований в психофизиологических показателях значительных изменений относительно пред- и постсоревновательных показателей не произошло (табл. 5).



Таким образом, однократный сеанс ТЭС не оказывает выраженного влияния на психофизиологическое состояние спортсменов силовых видов спорта в покое в подготовительном периоде тренировочного процесса, но способствует снижению напряжения регуляторных систем. Сеанс ТЭС приводит к статистически значимому сокращению времени на восстановление регуляции вегетативных функций организма и сокращению времени простых сенсомоторных реакций спортсменов после соревновательных нагрузок.

## 5. ВЛИЯНИЕ СЕАНСА ТЭС НА СПЕЦИАЛЬНУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И СРОЧНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ БОРЦОВ

Успешность соревновательной деятельности в борьбе определяется технико-тактическим мастерством и уровнем развития общей и специальной работоспособности.

Специальная работоспособность очень сложное комплексное качество. Конкретные проявления специальной работоспособности связаны, в частности, с путями и механизмами энергообеспечения, со способностями реализации энергопотенциала, с координацией вовлекаемых двигательных единиц, с психической деятельностью спортсмена, с развитием утомления и восстановлением, интеллектуальными способностями и пр. (Павлов В.И., 2010). Способность рационально расходовать энергию и восстанавливать работоспособность во время схватки и соревнований в целом во многом определяет результативность борцов.

Влияние сеанса ТЭС на результаты теста специальной работоспособности представлены на рисунке 10.

Анализ результатов предварительного стандартного теста со специфической физической нагрузкой борцов (тест № 1) не показал достоверных различий между показателями индекса выносливости (ИВ) спортсменов ОГ и КГ (рис. 10).

После сеанса ТЭС, проведенного в основной группе перед тестом со специфической физической нагрузкой (тест № 2), показатели ИВ борцов ОГ были достоверно ( $p \leq 0,05$ ) выше, чем КГ и составили  $0,916 \pm 0,03$  у.е. и  $0,856 \pm 0,01$  у.е. соответственно (рис. 11).

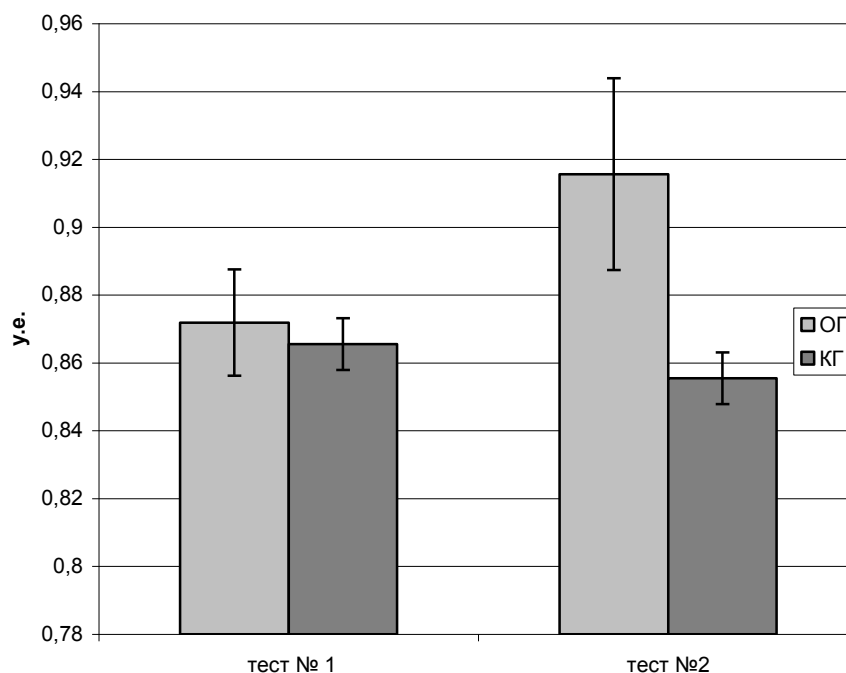


Рис. 11. Показатели индекса выносливости (ИВ, у.е.) при выполнении предварительного (тест № 1) и после ТЭС (тест № 2) тестов со специфической физической нагрузкой у борцов

Также под влиянием сеанса ТЭС при выполнении специального нагрузочного теста у борцов изменились показатели функционального состояния.

По мнению Дембо А.Г. (1989) формирование типа кровообращения зависит от направленности тренировочного процесса. У борцов преимущественно встречается гиперкинетический тип (Дембо А.Г., 1989; Быков Е.В., 1996; Гарганеева Н.П., 2009-2012; Таминова И.Ф., 2011). Данный тип кровообращения спортсменов-борцов является вполне закономерным, так как в процессе тренировок к выполнению кратковременной работы максимальной мощности совершенствуются преимущественно механизмы срочной адаптации системы кровообращения: отмечается склонность к подъему артериального давления, интенсивность кровотока в состоянии покоя повышается (Дембо А.Г., Земцовский Э.В., 1989).

Показатели динамики систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления КГ и ОГ представлены на рисунке 12.

Исходные показатели АД спортсменов обеих групп достоверно не отличались и находились в пределах нормы для здоровых людей. Показатели САД на 1 минуте восстановления в ОГ ниже, чем в КГ,  $159,4 \pm 2,6$  и  $165,6 \pm 2,0$  мм рт.ст. соответственно, на 5 мин САД ОГ  $141,9 \pm 2,5$  мм рт.ст., КГ  $147,5 \pm 1,6$  мм рт.ст.

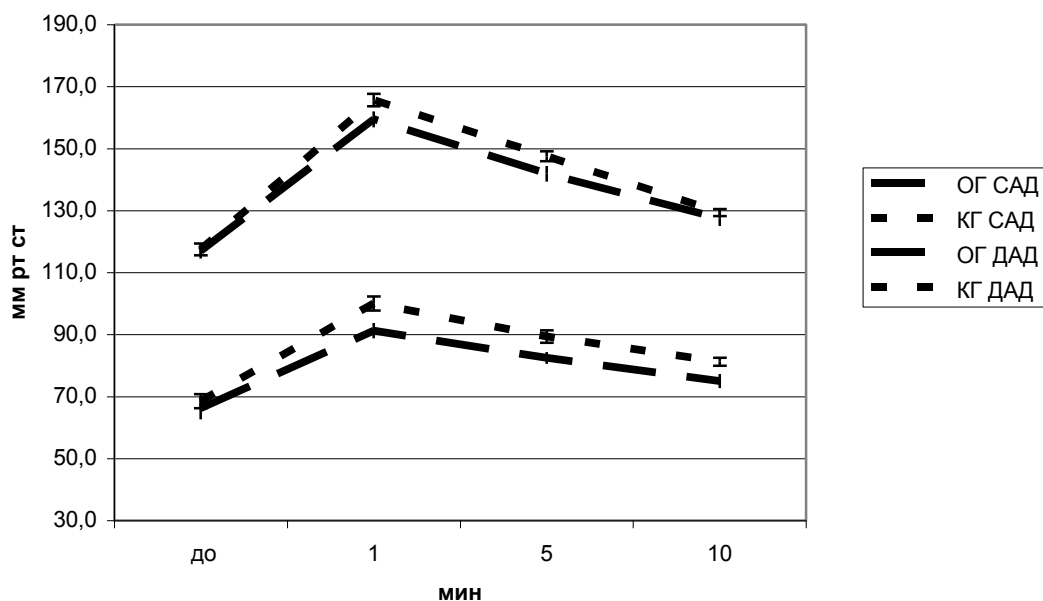


Рис. 12. Динамика систолического (САД) и диастолического (ДАД) АД спортсменов КГ и ОГ до и после нагрузочного теста

К 10 минуте восстановления после нагрузки показатели САД спортсменов обеих групп не отличались и составили 110% исходных.

ДАД спортсменов ОГ на 1 ( $91,3 \pm 2,5$  мм рт.ст.) и 5 ( $100,0 \pm 2,3$  мм рт.ст.) минутах восстановления достоверно ( $p \leq 0,05$ ) ниже, чем в КГ. К 10 минуте восстановления показатели ДАД спортсменов ОГ составили 113 % исходного уровня, КГ 119 %.

Таким образом, сеанс ТЭС оказывает преимущественное влияние на ускорение восстановления уровня ДАД, что оптимизирует функцию сосудистого звена кровообращения.

Динамика пульсового давления (ПД), косвенно отражающая ударный объем крови, представлена на рисунке 13.

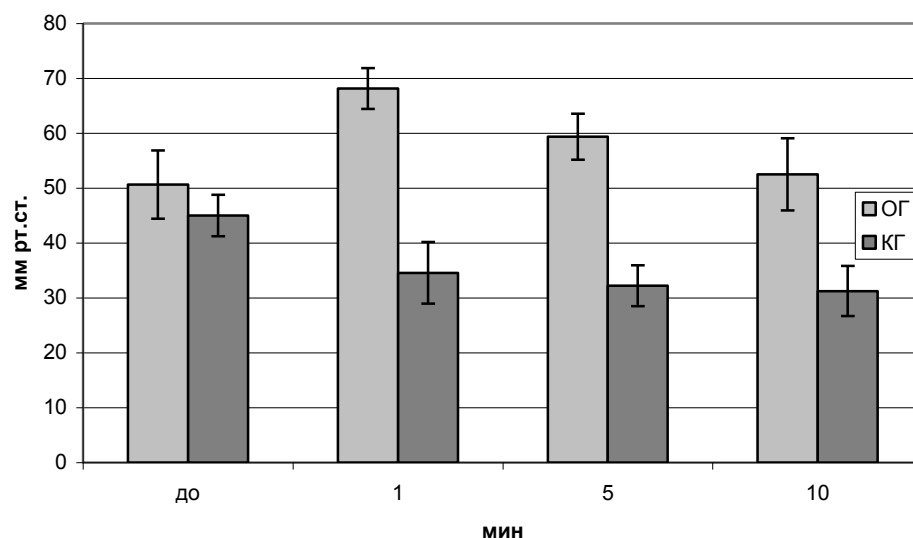


Рис. 13. Динамика ПД борцов ОГ и КГ до и после нагрузочного теста

До выполнения нагрузки достоверных различий показателей ПД между группами не было, после физической нагрузки показатели ПД ОГ выше исходных, что соответствует нормотонической реакции ССС на нагрузку. В КГ показатели ПД в течение всего периода восстановления ниже исходных, что соответствует гипотоническому типу реакции.

Фоновые показатели ЧСС спортсменов контрольной и основной групп до выполнения теста достоверных различий не имели и составили  $64 \pm 1,6$  уд/мин в ОГ и  $68,1 \pm 1,7$  уд/мин в КГ (табл. 5). После теста ЧСС составила  $173,3 \pm 3,1$  уд/мин в ОГ и  $177,1 \pm 3,6$  уд/мин в КГ. На 5 минуте восстановления показатели ЧСС у спортсменов ОГ были достоверно ниже, чем у спортсменов КГ ( $p \leq 0,05$ ), и составили  $96,0 \pm 4,5$  уд/мин и  $108,0 \pm 1,6$  уд/мин соответственно. На 10 минуте восстановления показатели ЧСС не достигли исходных в обеих группах, но в КГ составили 127% от исходной, а в ОГ

119%. Таким образом, сеанс ТЭС достоверно уменьшает время восстановления ЧСС после физической нагрузки.

Ударный объем (УО) и минутный объем (МОК) крови являются важнейшими гемодинамическими показателями, которые позволяют оценить производительность сердца как насоса и охарактеризовать скорость циркуляции крови в организме (Белоцерковский З.Б., 2009; Кудря О.Н., 2011). Динамика УО и МОК борцов ОГ и КГ до нагрузки и в процессе восстановления представлена в таблице 6.

Таблица 6

Основные показатели работы сердца борцов ОГ и КГ до и после нагрузочного теста ( $M \pm m$ )

Показатели	ОГ			
	до	1 мин	5 мин	10 мин
УО, мл	68,3±3,1	63,5±1,7	63,8±1,3	63,5±2,2
МОК, л/мин	4,4±0,2	11,0±0,2	6,1±0,3	4,8±0,1
ЧСС, уд/мин	64±1,6	173,3±3,1	96±4,5*	76,5±3,6
	КГ			
УО, мл	64,7±4,2	57,2±10,1	59,2±6,4	58,4±5,1
МОК, л/мин	4,2±0,1	10,1±0,4	6,4±0,2	5,1±0,2
ЧСС, уд/мин	68,1±1,7	177,1±3,6	108±1,6*	86,4±2,0

Примечание: в таблице отражены достоверные различия при межгрупповом (\*) сравнении; достоверность различий при  $p < 0,05$ .

Показатели УО борцов обеих групп после физической нагрузки снизились, что соответствует гипотоническому типу реакции ССС на нагрузку. Однако в КГ снижение УО более выражено. Показатели МОК после нагрузки увеличились в обеих группах больше за счет учащения ЧСС, а не увеличения УО.

Одним из показателей функционального состояния ССС является двойное произведение (ДП), косвенно отражающее потребление миокардом кислорода и величину коронарного кровотока. Динамика ДП борцов ОГ и КГ до нагрузки и в процессе восстановления представлена на рисунке 14.

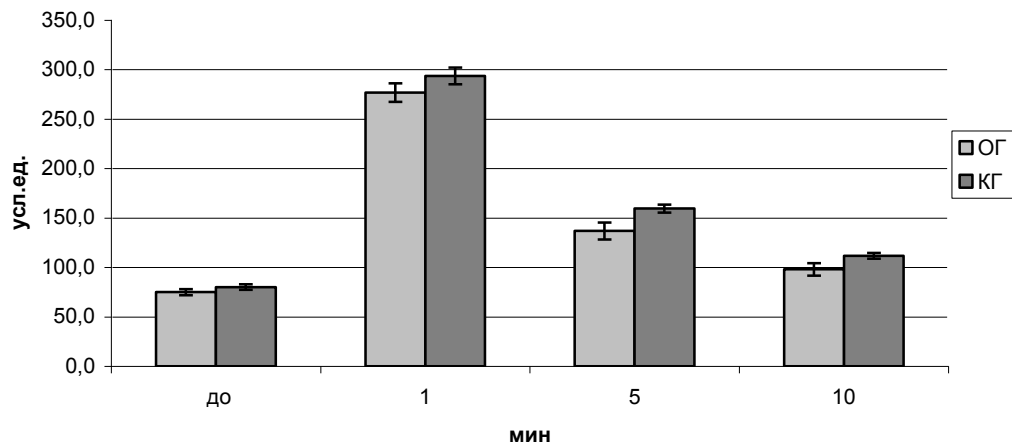


Рис. 14. Динамика ДП борцов ОГ и КГ до и после нагрузочного теста

Величина ДП борцов обеих групп до физической нагрузки соответствовала среднему уровню функционального состояния миокарда, что характерно для представителей видов спорта, не тренирующих выносливость. В процессе восстановления после физической нагрузки показатель ДП борцов ОГ ниже, чем в КГ, что характерно для экономизации расходования миокардом кислорода. Следовательно, ТЭС способствует оптимизации коронарного кровотока и потреблению кислорода миокардом.

Анализ variability сердечного ритма (ВСР) является высокоэффективным методом оценки функционального состояния организма человека, общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы. Являясь результатом многоконтурной и многоуровневой реакции системы регуляции кровообращения, показатели ВСР отражают адаптационную реакцию целостного организма (Баевский Р.М., 1984; Кудря О.Н., 2011; Шлык Н.И., 2009).

Показатели ВСР борцов ОГ и КГ до и после выполнения ими нагрузочного теста представлены в таблице 7.

Показатели кардиоинтервалографии борцов ОГ и КГ до и после физической нагрузки (Me, Qb; Qs )

Показатели	ОГ		КГ	
	до	после	до	после
ЧСС, уд/м	61,2 (60,1; 66,5)	85,0 (80,3; 88,8)*	74,0 (68,4; 75,8)	94,5 (90,2;104,5)*
R-Rcp,мс	930,0 (903,0; 80,0)	706,0 (676,0; 742,0)*	811,0 (791,0; 873,0)	635,0 (574,0; 647,0)*
R-Rmin, мс	842,0 (802,0; 853,0)	642,0 (602,0;689,0)*	685,0 (676,0; 726,0)	590,0 (529,0; 595,0)*
R-Rmax,мс	1100,0 (1035,0; 1141,0)	830,0 (716,0; 850,0)	885,0 (883,0; 972,0)	687,0 (626,0; 787,0)
SDNN,мс	61,0 (50,0; 79,0)	34,0 (17,0; 43,0)	44,0 (40,0; 47,0)	25,0 (20,0; 30,0)
коэф вар %	7,6 (5,2; 7,8)	4,5 (2,5; 6,2)	5,9 (5,0; 6,1)	4,3 (3,2; 4,5)
Mo,мс	975,0 (875,0; 995,0)	725,0 (675,0; 735,0)*	825,0 (775,0; 860,0)	625,0 (575,0; 675,0)*
AMo,%	37,0 (32,7; 39,6)	46,0 (44,0; 64,7)	43,0(40,0; 45,5)	62,0(58,9; 67,3)
ИН, у.е.	84,0 (48,3; 85,6)	186,3 (140,6; 603,4)*	130,4 (125,3; 205,7)	554,9 (519,7; 606,3)*
pNN50,%	14,0 (11,0; 15,2)	1,0 (1,0; 4,0)	9,0 (7,0; 12,1)	2,0 (2,0; 2,4)
RMSSD, мс	553,7 (528,7; 573,2)	220,4 (206,3; 320,5)*	410,2 (396,2; 418,9)	199,6 (163,9; 225,0)*

Примечание: в таблице отражены достоверные различия при межгрупповом (\*) сравнении; достоверность различий при  $p \leq 0,05$

До проведения теста со специфической физической нагрузкой, показатели ВСР борцов ОГ и КГ достоверно не различались и соответствовали типу регуляции сердечного ритма с умеренным преобладанием парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (Шлык Н.И., 2009), что является характерным для спортсменов и согласуется с данными других авторов (Кудря О.Н., 2011; Замчий Т.П., 2013; Корягина Ю.В., 2013; Шлык Н.И., 2009). Физическая нагрузка вызывала выраженное напряжение регуляторных механизмов и системы органов кровообращения



спортсменов обеих групп, о чем свидетельствовало увеличение ЧСС, снижение SDNN, коэффициента вариации и  $M_0$ , увеличение ИН. Сеанс ТЭС, предваряющий нагрузочный тест у борцов ОГ, приводил к возникновению достоверных различий в показателях ВСР, с показателями КГ: ЧСС, средняя ( $R-R_{cp}$ ) и минимальная ( $R-R_{min}$ ) длительность кардиоинтервалов. При анализе активности гуморального канала регуляции сердечной деятельности (по показателям  $M_0$ ) нами выявлено увеличение данного показателя ( $p \leq 0,05$ ) у борцов ОГ. Показатель ИН спортсменов КГ более чем в 2 раза превысил данный показатель спортсменов ОГ, что указывало на более выраженный у них процесс централизации регуляции сердечного ритма. У борцов ОГ достоверно выше значения показателя преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим (RMSSD), чем у борцов КГ. Следовательно, сеанс ТЭС приводил к ослаблению симпатических влияний на ритм сердца спортсменов и уменьшению напряжения регуляторных систем организма при выполнении физической нагрузки.

Спектральный метод исследования ВРС показывает распределение мощности по отдельным частотам в общем спектре сердечного ритма. В настоящее время выявлено, что высокочастотные колебания (HF) сопряжены с дыханием и отражают преимущественное влияние парасимпатической вегетативной системы на сердечный ритм спортсменов, мощность низкочастотной составляющей спектра (LF) отражает состояние симпатического отдела ВНС (Баевский Р.М., 1984; Кудря О.Н., 2011; Шлык Н.И., 2009).

VLF (очень низкочастотные колебания) имеют метаболическое происхождение и связаны с наработкой и использованием энергии за счет анаэробных путей ресинтеза аденозинтрифосфата (Кудря О.Н., 2009), отражают энергодефицитные состояния и состояния гипердаптации (Шлык Н.И. и др., 2012).

На рисунках 15 и 16 представлено соотношение частотных спектров борцов ОГ и КГ до и после выполнения теста со специфической физической нагрузкой.

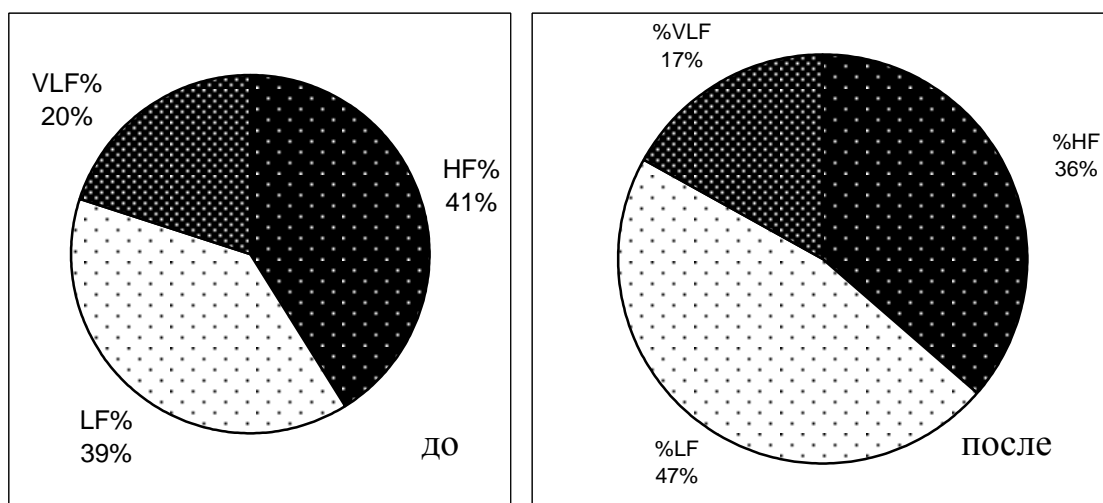


Рис. 15. Спектральная характеристика ВРС спортсменов ОГ до и после нагрузочного теста

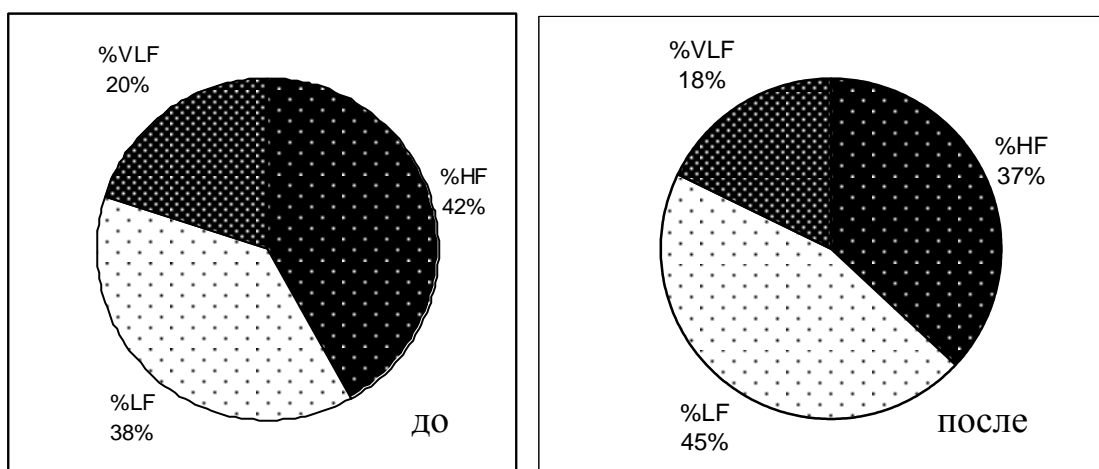


Рис. 16. Спектральная характеристика ВРС спортсменов КГ до и после нагрузочного теста

В норме структура спектра соответствует: HF>LF>VLF (Шлык Н.И., 2009). До выполнения нагрузочного теста у борцов ОГ структура спектра имела соотношение HF>LF>VLF (41:39:20), в КГ HF>LF>VLF (42:38:19). После физической нагрузки в обеих группах увеличилась доля низкочастотной составляющей спектра (LF>HF>VLF), 47:36:17 у борцов ОГ и

45:37:18 у борцов КГ, что характеризует усиление симпатических влияний на регуляцию сердечного ритма.

Таким образом, сеанс ТЭС, предваряющий специфическую физическую нагрузку, способствует повышению специальной работоспособности борцов, снижению напряжения регулирующих систем при ее выполнении. Также способствует экономизации деятельности сердечно-сосудистой системы борцов при выполнении специальной стандартной нагрузки и ускорению восстановления функционального состояния организма после нее.

## 6. ВЛИЯНИЕ КУРСОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ БОРЦОВ И ПАУЭРЛИФТЕРОВ

### 6.1. Влияние курса ТЭС на функциональное состояние нервной системы пауэрлифтеров и борцов

Долговременная адаптация к определенному виду физических нагрузок вызывает изменения биоэлектрической активности мозга (Сазонова Е.А., 2013, Корюкалов Ю.И., 2014). Функциональное состояние мозга определяется фоновым уровнем активации, которое зависит как от импульсной активности, так и от медленных градуальных изменений потенциалов (Хало П.В., Бородянский Ю.М., 2014). Поэтому, функциональные состояния мозга можно понимать, как текущий уровень тонических и фазических процессов фоновой активности его систем, определяющий степень готовности этих систем к выполнению функций. Учитывая, что ведущей системой, лимитирующей работоспособность в силовых видах спорта и единоборствах является нейрогуморальная, важнейшей задачей является оценка и оптимизация ее функционального состояния.

В нашем исследовании регистрация ЭЭГ проводилась для решения двух задач: во-первых, критерием отбора в экспериментальную группу являлось отсутствие ЭЭГ признаков пароксизмальной активности нейронов: спайков, острых волн, комплексов быстрая волна – медленная волна, в связи с тем, что эпилепсия является противопоказанием для проведения ТЭС. Во-вторых, исследование влияния ТЭС на паттерн биоритмов головного мозга спортсменов, в зависимости от спортивной специализации.

Выявлены достоверные различия биоэлектрической активности головного мозга пауэрлифтеров и борцов (рис.17).

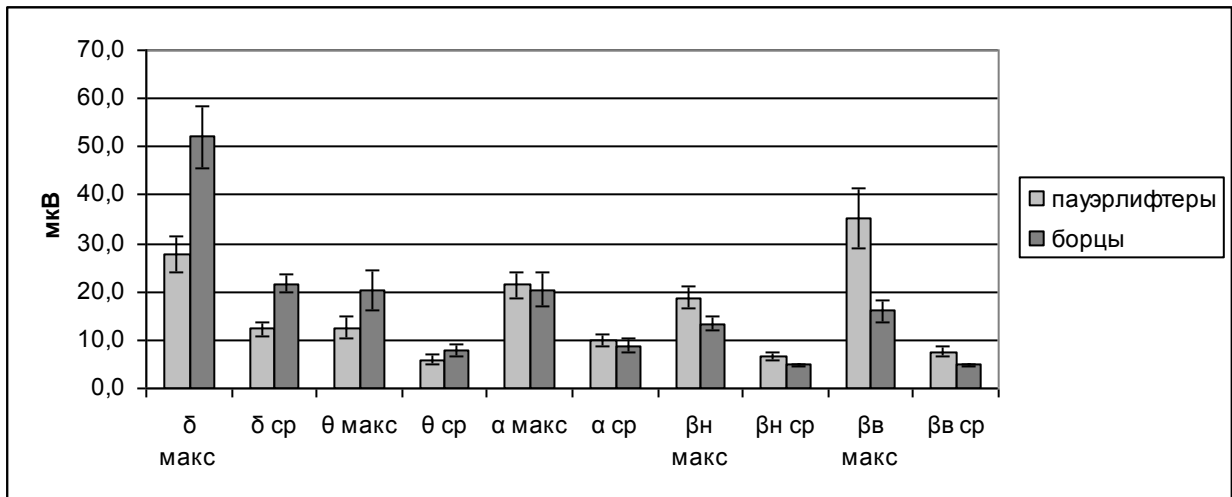


Рис.17. Распределение частотных диапазонов ЭЭГ ритмов борцов и пауэрлифтеров

У борцов выявлено доминирование активности в  $\delta$ -диапазоне, достоверные различия с показателями пауэрлифтеров по максимальной амплитуде ( $p \leq 0,01$ ) и средней амплитуде ( $p \leq 0,005$ )  $\delta$ -ритма. У пауэрлифтеров доминировала активность в  $\beta$ -высокочастотном диапазоне по максимальной и средней амплитуде ( $p \leq 0,05$ ) и  $\beta$ -низкочастотном диапазоне по максимальной амплитуде ( $p \leq 0,05$ )  $\beta$ -ритма.

Медленные волны  $\delta$ -диапазона у борцов регистрировались преимущественно в передних и центральных отведениях правого и левого полушарий. Высокочастотный и низкочастотный  $\beta$ -ритмы у пауэрлифтеров доминировали в центральных и затылочных отведениях левого полушария.

Проведенный спортсменам курс ТЭС из 10 ежедневных процедур, по-разному отразился на показателях биоэлектрической активности головного мозга борцов и пауэрлифтеров. Достоверные изменения паттерна ЭЭГ ритмов пауэрлифтеров регистрировались в  $\beta$ -диапазоне левого полушария и  $\alpha$ -диапазоне правого полушария. Динамика максимальной и средней амплитуды  $\beta$ -высокочастотного ритма пауэрлифтеров представлена на рисунке 18. Максимальная амплитуда ритма снизилась во всех отведениях левого полушария, в передних ( $p \leq 0,05$ ), центральных ( $p \leq 0,005$ ) и затылочных ( $p \leq 0,01$ ) отведениях это снижение было достоверным.

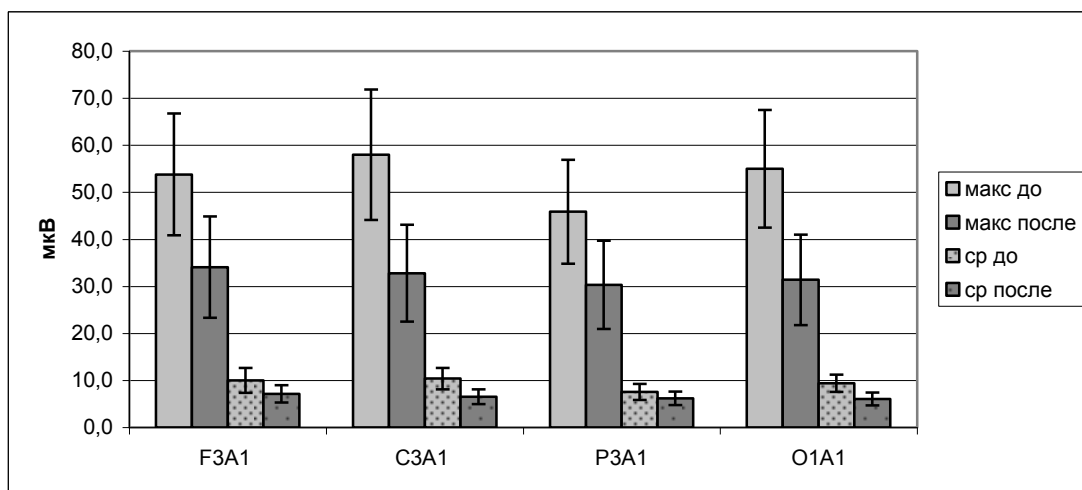


Рис. 18. Динамика максимальной и средней амплитуды  $\beta$ -высокочастотного ритма левого полушария пауэрлифтеров до и после курса ТЭС (ось x – F3A1 передние; C3A1 центральные; P3A1 теменные; O1A1 затылочные отведения левого полушария)

Аналогичная тенденция наблюдалась в  $\beta$ -низкочастотном диапазоне (рис. 19). Максимальная и средняя амплитуда ритма снизилась во всех отведениях, в центральных и затылочных это снижение было достоверным ( $p \leq 0,05$ ).

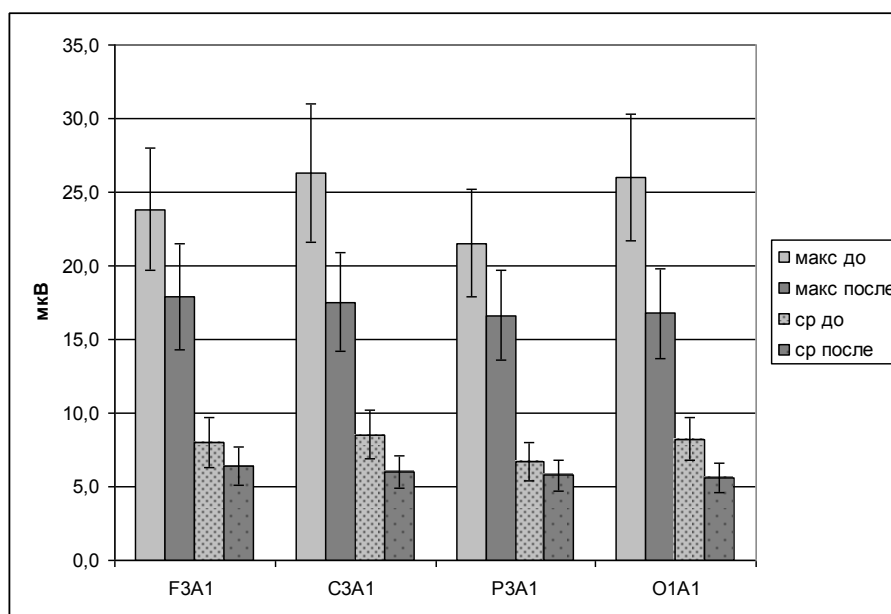


Рис. 19. Динамика максимальной и средней амплитуды  $\beta$ -низкочастотного ритма левого полушария пауэрлифтеров до и после курса ТЭС (ось x – F3A1 передние; C3A1 центральные; P3A1 теменные; O1A1 затылочные отведения левого полушария)

Зарегистрированы изменения после курса ТЭС в  $\alpha$ -диапазоне правого полушария (рис. 20).

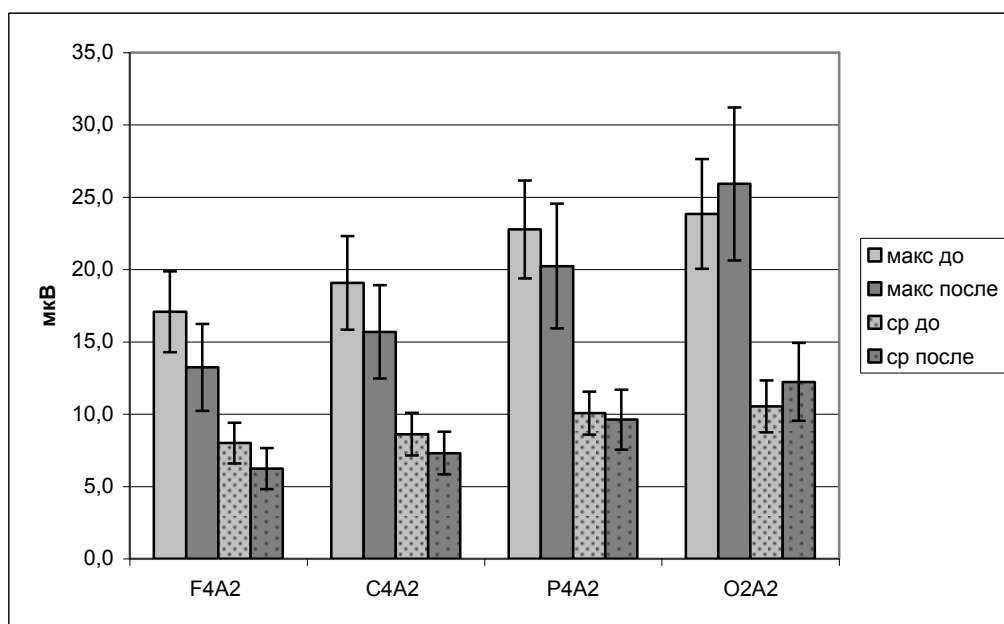


Рис. 20. Динамика максимальной и средней амплитуды  $\alpha$ -ритма правого полушария пауэрлифтеров до и после курса ТЭС (ось x – F4A2 передние; C4A2 центральные; P4A2 теменные; O2A2 затылочные отведения правого полушария)

В передних, центральных и теменных отведениях максимальная и средняя амплитуда  $\alpha$ -ритма снизилась, в центральных отведениях – достоверно ( $p \leq 0,05$ ). В затылочных отведениях амплитуда  $\alpha$ -ритма повысилась.

Доминирование медленноволновой активности ( $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов) не характерно для ЭЭГ здоровых бодрствующих людей, но по данным литературы (Сазонова Е.А., 2013; Еремеева О.В., 2014; Корюкалов Ю.И., 2014) у высококвалифицированных спортсменов частым вариантом изменения паттерна фоновой ЭЭГ является ослабление  $\alpha$ -активности и замещение ее низкочастотной  $\beta$ -активностью, а в ряде случаев,  $\theta$ - и даже  $\delta$ -активностью. По мнению ряда авторов (Сазонова Е.А., 2013; Корюкалов

Ю.И., 2014) такие изменения служат достоверным признаком утомления, перетренированности.

В нашем исследовании у борцов до проведения курса ТЭС  $\delta$ -ритм доминировал без межполушарной асимметрии в передних отделах мозга. Курс ТЭС в большей степени отразился на биоэлектрической активности правого полушария (рис. 21).

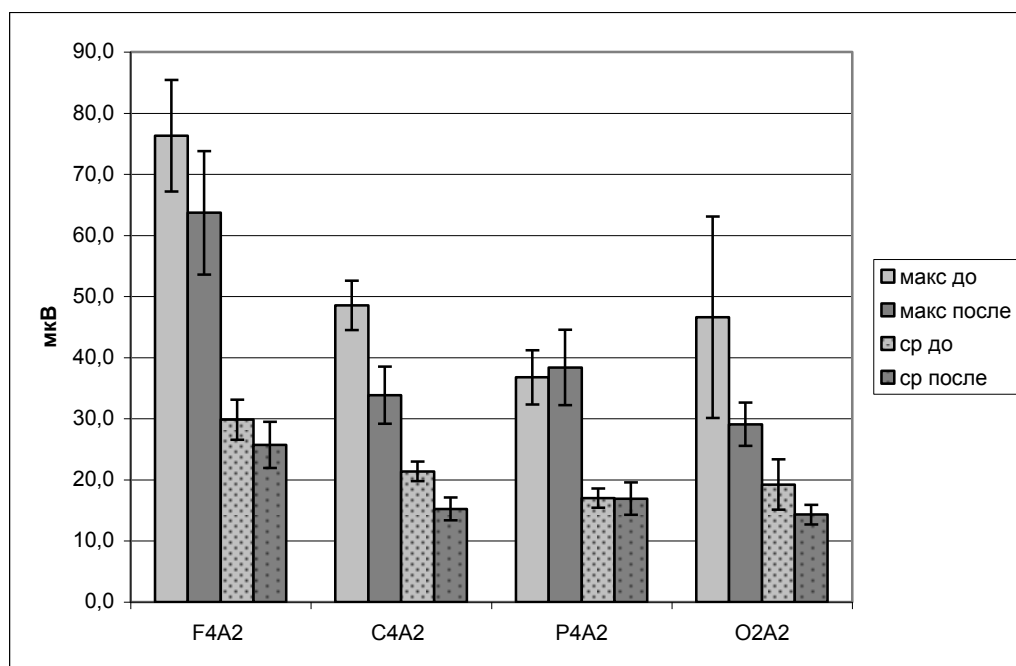


Рис. 21. Динамика максимальной и средней амплитуды  $\delta$ -ритма правого полушария борцов до и после курса ТЭС (ось x – F4A2 передние; C4A2 центральные; P4A2 теменные; O2A2 затылочные отведения правого полушария)

Здесь регистрировалось достоверное снижение амплитуды  $\delta$ -ритма ( $p \leq 0,05$ ) в центральных отведениях, в передних и затылочных эта тенденция сохранялась, в теменных отведениях амплитуда  $\delta$ -ритма не изменялась.

Таким образом, у спортсменов обеих специализаций под влиянием курса ТЭС происходит синхронизация ЭЭГ ритмов, снижение доминирующей  $\delta$ - и  $\beta$ -активности, что свидетельствует об улучшении функционального состояния головного мозга.



Характер спортивной деятельности проявляется в формировании психофизиологических особенностей представителей различных видов спорта, что связано со стажем и спортивной квалификацией. Нами выявлены различия психофизиологических показателей борцов и пауэрлифтеров (табл. 8).

Таблица 8

Психофизиологические показатели пауэрлифтеров и борцов до курса ТЭС  
( $M \pm m$ )

Группы	Вр. р-ции на свет (с)	Вр. р-ции на звук (с)	Р-ция на движ. объект (с)	Вр. р-ции выбора (с)	Эффективн. работы (с)	Степень вработ.	Психич. устойчив.
Пауэрлифтеры	0,237±0,02	0,494±0,13	0,759±0,21*	0,371±0,02	37,062±1,72	1,014±0,04	1,009±0,03
Борцы	0,288±0,03	0,295±0,01	0,215±0,09*	0,413±0,03	40,952±2,62	1,043±0,04	1,020±0,04

Примечание: (\*) – достоверность межгрупповых различий при  $p \leq 0,01$

Анализ показателей простых сенсомоторных реакций показал, что время реакции на свет у пауэрлифтеров меньше, чем у борцов, а время реакции на звук меньше у борцов, а так же у них значительно меньше ( $p \leq 0,01$ ) время реакции на движущийся объект, что отражает специфику спортивной деятельности. Показатели сложных сенсомоторных реакций (время реакции выбора) у спортсменов значительно не отличались и были несколько ниже у пауэрлифтеров. Эффективность работы в тесте Шульте, характеризующая работоспособность при выполнении работы, требующей внимания, у спортсменов разных специализаций значительно не отличалась, и борцы и пауэрлифтеры при выполнении этого теста характеризовались плохой вработываемостью и плохой психической устойчивостью.

После курса ТЭС психофизиологические показатели изменились в обеих группах спортсменов (рис. 22).

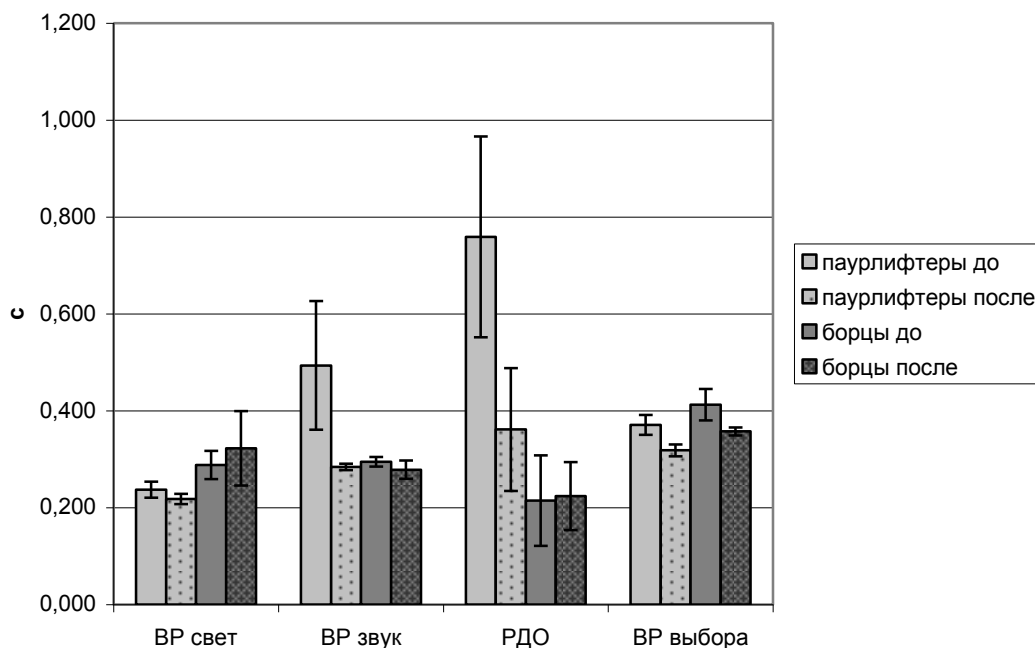


Рис. 22. Динамика показателей простых и сложных сенсомоторных реакций пауэрлифтеров и борцов до и после курса ТЭС (ВР свет – время реакции на свет; ВР звук – время реакции на звук; РДО – реакция на движущийся объект; ВР выбора - время реакции выбора)

У пауэрлифтеров улучшились показатели простых сенсомоторных реакций, особенно время реакции на звук и движущийся объект. У спортсменов обеих групп достоверно улучшились показатели времени реакции выбора, у пауэрлифтеров при  $p \leq 0,005$ , у борцов при  $p \leq 0,05$ . У спортсменов обеих специализаций улучшилась степень вработываемости, а у борцов и показатель психической устойчивости.

Таким образом, курс ТЭС способствует оптимизации биоэлектрической активности головного мозга пауэрлифтеров и борцов, увеличивает скорость простых и сложных сенсомоторных реакций, повышает психическую работоспособность.

## 6.2. Влияние курса ТЭС на деятельность сердечно-сосудистой системы и механизмы вегетативной регуляции функций пауэрлифтеров и борцов

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) отражает работу сердечно-сосудистой системы и работу механизмов регуляции целостного организма. В настоящее время ВСР относят к высокоэффективным методам оценки функционального состояния организма человека, который позволяет прогнозировать общие тенденции в развитии различных процессов в организме, в том числе адаптационного к различным факторам внешней среды (Баевский Р.М., 1984; Шлык Н.И., 2009; Кудря О.Н., 2011; Нунунен Е, 2015; Takeda M., 2015). Экспресс-оценка преобладающего типа вегетативной регуляции производилась по количественным критериям показателей ВСР ИН (у.е.) и VLF (мс<sup>2</sup>).

По результатам экспресс-оценки у исследуемых спортсменов выявлены четыре типа вегетативной регуляции (рис. 23).

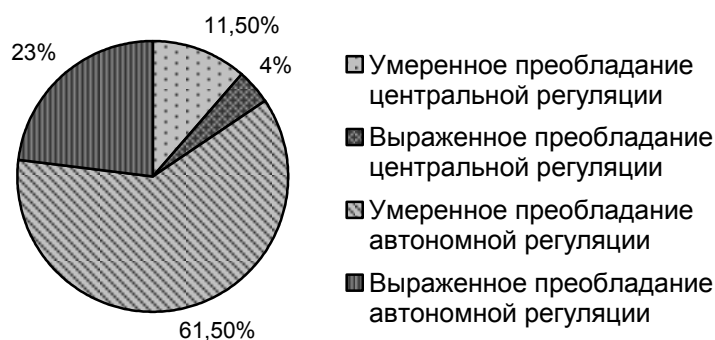


Рис. 23. Соотношение типов вегетативной регуляции у пауэрлифтеров и борцов

Большая часть спортсменов (61,5%) характеризовалась умеренным преобладанием парасимпатической активности ( $25 < \text{ИН} < 100$  у.е.,  $\text{VLF} > 240$  мс<sup>2</sup>), что по данным Н.И. Шлык (2009) соответствует оптимальному состоянию регуляторных систем организма. 23% исследованных спортсменов

характеризовались выраженным преобладанием парасимпатической активности (ИН<25 у.е., VLF>500 мс<sup>2</sup>), что отражает состояние переутомления, перенапряжения, перетренированности. 11,5% исследованных спортсменов характеризовались умеренным преобладанием симпатической активности (ИН>100 у.е., VLF>240 мс<sup>2</sup>), что отражает умеренное напряжение регуляторных систем организма. Выраженное преобладание симпатической активности (ИН>100 у.е., VLF<240 мс<sup>2</sup>), соответствующее вегетативной дисфункции, регистрировалось у 4% спортсменов.

В группе с умеренным преобладанием центральной регуляции (ПЦР I) до курса ТЭС показатели временного анализа ВСР (RRNN, SDNN, RMSSD, pNN50, CV) в состоянии покоя имели низкие значения, что характеризует преобладание симпатической регуляции сердечного ритма (табл. 9).

Таблица 9

Показатели временного анализа variability сердечного ритма группы ПЦР I до и после курса ТЭС (Me, Qb; Qs )

Показатели	До курса ТЭС		После курса ТЭС	
	покой	ортопроба	покой	ортопроба
R-Rmin,мс	674,0 (626,0;701,0)	531,0 (272,0;590,0)	663,0 (312,0;749,0)	538,0 (433,0;623,0)
R-Rmax,мс	876,0 (814,0;906,0)	715,0 (706,0;805,0) *	921,0 (856,0;1056,0)	708,0 (679,0;898,0) *
RRNN,мс	759,0 (746,0;812,0)	630,0 (571,0;693,0)	783,0 (759,0;912,0)	643,0 (515,0;732,0)
SDNN,мс	23,0 (21,0;49,0)	36,0 (32,0;42,0) *	54,0 (40,0;56,0)	28,0 (26,0;47,0) *
RMSSD,мс	20,0 (14,0;36,0)	18,0 (9,0;21,0) *	35,0 (31,0;42,0)	9,0 (8,0;16,0) *
pNN50,%	0,8 (0,0;16,0)	0,6(0,0;1,0)*	11,3(1,8;20,8)	0,3(0,0;1,1)*
CV,%	2,9 (2,9;6,5)	5,2 (5,0; 7,4)	5,9 (5,3;7,1)	5,4 (4,1;6,5)
К 30:15		Me 1,2 (1,1;1,3)		Me 1,2 (1,1;1,5)

Примечание: в таблице отражены достоверные различия при внутригрупповом (\*) сравнении; достоверность различий при  $p \leq 0,05$ .

Показатели вариационной пульсометрии (АМо, ИН) в состоянии покоя до курса ТЭС имели высокие значения, а ВПР, ИВР, ПАПР – низкие, что также характерно для напряжения регуляторных систем организма (табл.10).

Таблица 10

Показатели вариационной пульсометрии группы ПЦР I до и после курса ТЭС  
(Me, Qb; Qs )

Показатели	До курса ТЭС		После курса ТЭС	
	покой	ортопроба	покой	ортопроба
ЧСС, уд/мин	79,0 (74,0;81,0)	96,0 (87,0;105,0) *	77,0 (66,0;79,0)	94,0 (82,0;117,0) *
Мо, с	0,8 (0,7;0,8)	0,7 (0,6;0,7)	0,8 (0,8;0,9)	0,7 (0,5;0,7)
АМо, %	61,0 (42,2;78,0)	48,7 (42,9;51,5) *	37,9 (34,2;61,5)	61,7(41,4;75,2)*
ВР, с	0,2 (0,1;0,3)	0,2 (0,2;0,2)	0,3 (0,2;0,3)	0,2 (0,2;0,3)
ВПР, у.е.	6,9 (4,8;9,5)	7,6 (6,5;8,7)	4,9 (3,5;6,1)	8,0 (5,2;8,9)
ИВР, у.е.	349,0 (151,0;557,0)	217,0 (199,0;278,0)	133,0 (124,0;286,0)	306,0 (150,0;363,0)
ПАПР, у.е.	73,9 (56,2;104,0)	74,2 (59,9;93,2)*	43,4 (41,0;80,3)	93,1 (59,3;148,0) *
ИН, у.е.	211,0 (100,0;372,0)	197,0(139,0;212,0)*	84,1(66,8;187,0)	274,0(108,0;301,0) *

Примечание: в таблице отражены достоверные различия при внутригрупповом (\*) сравнении; достоверность различий при  $p \leq 0,05$

Структура частотного спектра группы ПЦР I в покое до курса ТЭС характеризовалась преобладанием очень низкочастотных волн, снижением вклада в спектр высокочастотных и низкочастотных волн ( $VLF > HF > LF$ ), что характеризует переход регуляции сердечного ритма с рефлекторного уровня вегетативного руководства на гуморально-метаболический (рис. 24).

Функциональное состояние регуляторных систем отражает индивидуальный характер долговременной адаптации к физическим нагрузкам и может быть как оптимальным для определенного периода тренировочного процесса, так и патологическим, поэтому для оценки нужно

проведение функциональных проб (Шлык Н.И., 2009). Активная ортостатическая проба дает возможность изучить функциональные резервы вегетативной регуляции.

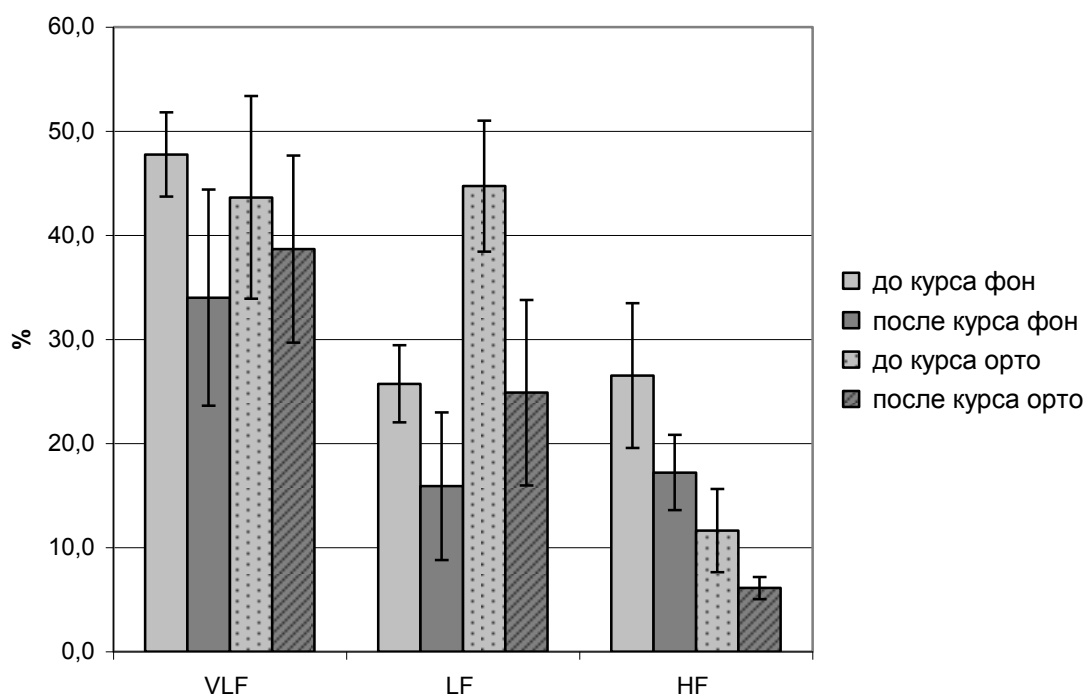


Рис. 24. Соотношение мощности составляющих спектральный компонент в покое и при ортостатической пробе группы ПЦР I до и после курса ТЭС, %

Анализ показателей ВСП при проведении ортостатической пробы спортсменов группы ПЦР I до курса ТЭС выявил неадекватную реакцию регуляторных систем (табл. 8, табл. 9, рис. 23). Значения показателей временного анализа ВСП (RRNN, SDNN, RMSSD, pNN50, CV) были еще ниже, чем в состоянии покоя, снижались показатели ЧСС, ВПР, ИВР, АМо, ИН. Структура частотного спектра характеризовалась снижением общей мощности спектра с преобладанием низкочастотных волн и очень низкочастотных волн, еще большим снижением вклада в спектр высокочастотных волн ( $LF > VLF > HF$ ). Значение коэффициента 30:15 (К 30:15) соответствовало низкой парасимпатической реактивности. Такие изменения показателей ВСП свидетельствовали о понижении адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы спортсменов группы ПЦР I.

После курса ТЭС показатели ВСП спортсменов группы ПЦР I в состоянии покоя значительно не изменились, и соответствовали состоянию преобладания центральной регуляции сердечного ритма, снижению активности автономного контура регуляции. При проведении ортостатической пробы отмечалась сдвиги в показателях ВСП: снижение значений RRNN, SDNN, RMSSD, pNN50, CV, увеличение значений ЧСС, ИВР, ПАПР, АМо, ИН, повышение до нормы показателя К30:15. В структуре спектра отмечалось снижение мощности высокочастотных волн (HF), увеличение суммарной мощности низкочастотных (LF) и очень низкочастотных (VLF) волн. Таким образом, после курса ТЭС реакция на ортостаз спортсменов группы ПЦР I характеризовалась повышением симпатической активности, т.е. увеличивался диапазон адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы.

Полученные результаты показывают, что курс 10 процедур ТЭС в группе спортсменов с умеренным преобладанием центральной регуляции не приводит к изменению типа регуляции, но повышает функциональные резервы регуляторных систем.

В группе с выраженным преобладанием автономной регуляции (ПАР IV) до курса ТЭС показатели временного анализа ВСП (RRNN, SDNN, RMSSD, pNN50, CV) в состоянии покоя имели высокие значения, что характеризует преобладание парасимпатической регуляции сердечного ритма (табл. 11).

Показатели вариационной пульсометрии (АМо, ИН) в состоянии покоя до курса ТЭС имели низкие значения, а ВР, ВПР, ИВР, ПАПР – высокие, что так же характерно для преобладания автономного контура регуляции (табл. 12).

Таблица 11

Показатели временного анализа variability сердечного ритма группы  
ПАР IV до и после курса ТЭС (Me, Qb; Qs )

Показатели	До курса ТЭС		После курса ТЭС	
	покой	ортопроба	покой	ортопроба
R-Rmin,мс	673,0 (480,0;736,0)	571,0 (542,0;587,0)	740,5 (624,0;774,0)	494,0 (340,0;589,0)
R-Rmax,мс	1353,0 (1284,0;1582,0)	1001,0 (834,0;1130,0)*	1394,0 (1282,0;1472,0)	840,5 (724,0;1033,0)*
RRNN,мс	951,0 (897,0;1346,0)	695,0 (642,0;765,0)	1047,0 (973,0;1102,0)	686,5 (566,0;705,0)
SDNN,мс	113,0 (94,0;135,0)	79,0 (51,0;90,0) *	108,5 (95,0;115,0)	44,0 (42,0;82,0)*
RMSSD,мс	122,0 (115,0;218,0)	39,0 (16,0;66,0)*	116,5(98,0;129,0)	19,0 (12,0;46,0)*
pNN50,%	64,3 (60,1;67,3)	11,3 (1,4;18,4) *	60,0 (47,4;67,8)	3,5(0,0;12,9)*
CV,%	10,1 (8,2;11,8)	11,8 (7,31;2,8)	9,1 (8,8;11,8)	7,0 (6,1;11,3)
К 30:15		1,4 (1,3;1,5)		1,3 (1,1;1,3)

Примечание: в таблице отражены достоверные различия при внутригрупповом (\*) сравнении; достоверность различий при  $p \leq 0,05$

Таблица 12

Показатели вариационной пульсометрии группы ПАР IV до и после  
курса ТЭС (Me, Qb; Qs )

Показатели	До курса ТЭС		После курса ТЭС	
	покой	ортопроба	покой	ортопроба
ЧСС,уд/мин	64,0 (45,0;69,0)	87,0 (80,0;94,0)	58,0 (55,0;63,0)	88,0 (86,0;107,0)
Mo,с	1,0 (0,9;1,3)	0,7 (0,6;0,8)	1,1 (1,0;1,1)	0,7 (0,6;0,7)
AMo,%	21,0 (19,4;30,5)	35,4 (24,7;41,7)	26,6 (19,5;29,8)	44,1 (31,0;50,2)
BP,с	0,7 (0,6;0,8)	0,5 (0,3;0,5)	0,7 (0,5;0,7)	0,3 (0,2;0,7)
ВПР,у.е.	1,7 (0,9;1,7)	2,7 (2,4;5,1)	1,4 (1,3;1,7)	5,9 (2,0;7,6)
ИВР, у.е.	31,7 (31,5;38,1)	58,5 (45,5;143,0)*	40,4 (29,4;44,4)	180,0 (43,4;209,0)*
ПАПР, у.е.	21,7 (20,2;23,2)	57,0 (32,5;62,5)	22,1 (18,8;28,2)	65,0 (44,9;86,5)
ИН, у.е.	13,6 (12,4;16,4)	47,1(29,9;107)*	19,9 (14,3;32,0)	130,0 (31,3;185,0)*

Примечание: в таблице отражены достоверные различия при внутригрупповом (\*) сравнении; достоверность различий при  $p \leq 0,05$



Структура частотного спектра группы ПАР IV в покое до курса ТЭС характеризовалась резким преобладанием высокочастотных волн над низкочастотными и очень низкочастотными волнами ( $HF > LF > VLF$ ), что характерно для ритмограммы спортсменов (рис. 25).

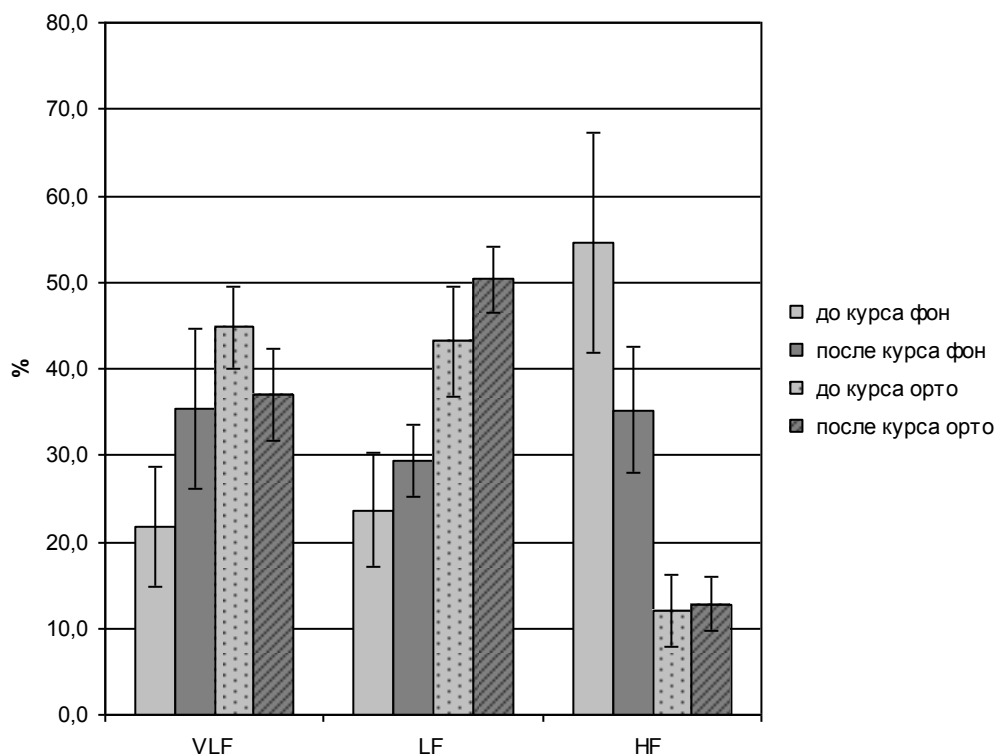


Рис. 25. Соотношение мощности составляющих спектральный компонент в покое и при ортостатической пробе группы ПАР IV до и после курса ТЭС, %

Значения показателей RRNN, SDNN, RMSSD, pNN50, CV, Mo и BP при проведении ортостатической пробы снижались, а ЧСС, AMo, ВПР, ИВР, ПАПР, ИН – повышались, что отражает снижение парасимпатической активности. Структура спектра соответствовала  $VLF > LF > HF$  и характеризовалась выраженным снижением HF волн, ростом суммарной мощности VLF и LF волн, т.е. адаптационная реакция происходила не только за счёт активизации симпатoadреналовой системы и выброса в кровь катехоламинов, но сопровождалась активизацией ренин-ангиотензин-

альдостероновой системы, что приводило к уменьшению диапазона адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы.

После курса ТЭС показатели ВСР спортсменов группы ПАР IV в состоянии покоя значительно не изменились, кроме показателя ИН, который увеличился в 2 раза от значения до курса ТЭС. Этот показатель отличается очень высокой чувствительностью к усилению тонуса СНС и характеризует активацию центрального контура регуляции. При проведении ортостатической пробы отмечалась сдвиги в показателях ВСР: снижение значений RRNN, SDNN, RMSSD, pNN50, CV, Mo и BP, увеличение значений ЧСС, ИВР, ПАПР, АМо, ИН. Распределение структуры спектра соответствовала LF>VLF>HF, отмечалось большее, чем до курса ТЭС снижение общей мощности спектра, увеличение вклада низкочастотных волн (LF), снижение очень низкочастотных волн (VLF). Таким образом, после курса ТЭС реакция на ортостаз спортсменов группы ПАР IV происходила за счёт активизации симпатoadренальной системы и выброса в кровь катехоламинов, увеличивался диапазон адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы.

В группе спортсменов с умеренным преобладанием автономного контура регуляции (ПАР III) достоверных различий в показателях ВСР до и после курса ТЭС не выявлено, что соответствует гомеостатической направленности метода, т.е. отсутствию влияния ТЭС на нормально протекающие процессы.

Таким образом, влияние курса ТЭС на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и механизмы вегетативной регуляции у пауэрлифтеров и борцов заключается в повышении функциональных резервов вегетативной нервной системы, независимо от исходного типа вегетативной регуляции и, как следствие, оптимизации функции сердечно-сосудистой системы.

### 6.3. Влияние курса ТЭС на гемодинамику пауэрлифтеров и борцов

Долговременная адаптация к физическим нагрузкам проявляется в изменениях параметров регионарной гемодинамики спортсменов, в зависимости от специфики физической нагрузки. Адаптация мозгового кровообращения к задержке дыхания у спортсменов силовых видов спорта проявляется в снижении периферического сосудистого сопротивления и тонуса артерий мозга, также отмечаются признаки венозного застоя (Замчий Т.П., Корягина Ю.В., 2012).

#### 6.3.1. Влияние курса ТЭС на состояние гемодинамики головного мозга пауэрлифтеров и борцов

Анализ структуры показателей гемодинамики головного мозга (РЭГ) пауэрлифтеров до курса ТЭС показал, что наиболее значимым фактором (доля общей дисперсии (ДОД) 31%), являются показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока мозга, тонус крупных, средних и мелких артерий мозга, состояние оттока из артерий в вены, периферическое сосудистое сопротивление бассейна внутренней сонной артерии (табл. 13).

Вторым по значимости фактором (ДОД 15%) являются показатели, характеризующие асимметрии кровоснабжения в бассейне внутренней сонной артерии. Третий фактор (ДОД 14%) – тонус мелких и средних артерий и периферическое сосудистое сопротивление артерий вертебробазилярного бассейна слева. Четвертый фактор (ДОД 12%) – тонус экстракраниальных сосудов вертебробазилярного бассейна.

После проведенного курса ТЭС, наиболее значимым фактором (ДОД 24%) стали показатели, характеризующие тонус мелких и средних артерий и периферическое сосудистое сопротивление артерий вертебробазилярного бассейна, состояние оттока из артерий в вены справа (табл. 14).

Факторный анализ показателей церебральной гемодинамики пауэрлифтеров  
до курса ТЭС

факторы	показатели	Значение фактора (общая доля дисперсии)
1	Интенсивность артериального кровотока (РИ, у.е.)	14,9 (31%)
	Скорость быстрого наполнения ( $V_{max}$ , Ом/с) и скорость медленного наполнения ( $V_{ср}$ , Ом/с)	
	Состояние оттока из артерий в вены (ДИА, %)	
	Периферическое сосудистое сопротивление в бассейне внутренней сонной артерии слева и справа ( $A_{вен}/A_{арт}$ , %)	
2	Коэффициент асимметрии бассейна внутренней сонной артерии ( $K_{aPI}$ , %)	7,4 (15%)
3	Тонус мелких и средних артерий вертебробазилярного бассейна (Альфа 2, с) слева	6,8 (14%)
	Периферическое сосудистое сопротивление в вертебробазилярном бассейне ( $A_{вен}/A_{арт}$ , %) слева	
4	Тонус экстракраниальных сосудов вертебробазилярного бассейна ( $Q_x$ , с) слева и справа	5,6 (12%)

Вторым по значимости фактором (ДОД 15%) стали показатели, характеризующие тонус артерий вертебробазилярного бассейна и венозный отток бассейна внутренней сонной артерии слева. Третий фактор (ДОД 15%) – интенсивность артериального кровотока, тонус крупных артерий бассейна внутренней сонной артерии с обеих сторон и тонус средних и мелких артерий бассейна внутренней сонной артерии слева. Четвертый фактор (ДОД 12%) – тонус крупных артерий бассейна внутренней сонной артерии слева.

Анализ структуры показателей церебральной гемодинамики борцов до курса ТЭС показал, что наиболее значимым фактором (ДОД 29%) являются показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока, тонус крупных, средних и мелких артерий и периферическое сосудистое сопротивление бассейна внутренней сонной артерии (табл. 15).

Таблица 14

Факторный анализ показателей церебральной гемодинамики пауэрлифтеров  
после курса ТЭС

факторы	показатели	Значение фактора (общая доля дисперсии)
1	Тонус мелких и средних артерий вертебробазиллярного бассейна (Альфа 2, с) справа	11,6 (24%)
	Состояние оттока из артерий в вены (ДИА, %) справа	
	Периферическое сосудистое сопротивление в вертебробазиллярном бассейне (Авен/Аарт, %) справа	
2	Тонус артерий вертебробазиллярного бассейна (ДИК, %) слева	7,3 (15%)
	Показатель венозного оттока бассейна внутренней сонной артерии (ПВО, %) слева	
3	Интенсивность артериального кровотока бассейна внутренней сонной артерии (РИ, у.е.) справа и слева	7,0 (15%)
	Скорость быстрого наполнения бассейна внутренней сонной артерии ( $V_{max}$ , Ом/с) справа и слева	
	Скорость медленного наполнения бассейна внутренней сонной артерии ( $V_{ср}$ , Ом/с) слева	
4	Тонус крупных артерий бассейна внутренней сонной артерии (Альфа 1, с) слева	5,6 (12%)

Вторым по значимостью фактором (ДОД 21%) являются показатели, характеризующие тонус мелких и средних артерий и показатель венозного оттока вертебробазиллярного бассейна справа, состояние оттока из артерий в вены вертебробазиллярного бассейна слева.

Третий фактор (ДОД 11%) – показатель тонуса экстракраниальных сосудов. Четвертый фактор (ДОД 9%) – показатель тонуса артерий бассейна внутренней сонной артерии.

Таблица 15

Факторный анализ показателей церебральной гемодинамики борцов до курса  
ТЭС

факторы	показатели	Значение фактора (общая доля дисперсии)
1	Интенсивность артериального кровотока (РИ, у.е.)	13,9 (29%)
	Скорость быстрого наполнения ( $V_{max}$ , Ом/с) и скорость медленного наполнения ( $V_{ср}$ , Ом/с) артерий бассейна внутренней сонной артерии	
	Тонус артерий бассейна внутренней сонной артерии (ДИК, %) справа	
	Периферическое сосудистое сопротивление в бассейне внутренней сонной артерии (Авен/Аарт, %) справа	
2	Тонус мелких и средних артерий вертебробазилярного бассейна (Альфа 2, с)	10,0 (21%)
	Скорость медленного наполнения артерий вертебробазилярного бассейна ( $V_{ср}$ , Ом/с) справа	
	Состояние оттока из артерий в вены вертебробазилярного бассейна (ДИА, %) слева	
	Показатель венозного оттока вертебробазилярного бассейна (ПВО, %) справа	
3	Тонус экстракраниальных сосудов (Q х, с)	5,5 (11%)
4	Тонус артерий бассейна внутренней сонной артерии (Альфа, с)	4,4 (9%)

После проведенного курса ТЭС, наиболее значимым фактором (ДОД 30%) стали показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока, тонус крупных, средних и мелких артерий, состояние оттока из артерий в вены и периферическое сосудистое сопротивление в бассейне внутренней сонной артерии (табл. 16).

Вторым по значимости фактором (ДОД 14%) стали показатели, характеризующие тонус артерий и периферическое сосудистое сопротивление вертебробазилярного бассейна справа.

Третий фактор (ДОД 13%) – коэффициент асимметрии бассейна внутренней сонной артерии и тонус артерий бассейна внутренней сонной артерии справа.

Таблица 16

Факторный анализ показателей церебральной гемодинамики борцов после курса ТЭС

факторы	показатели	Значение фактора (общая доля дисперсии)
1	Интенсивность артериального кровотока (РИ, у.е.)	14,3 (30%)
	Скорость быстрого наполнения ( $V_{max}$ , Ом/с) и скорость медленного наполнения ( $V_{ср}$ , Ом/с)	
	Состояние оттока из артерий в вены (ДИА, %) в бассейне внутренней сонной артерии	
	Периферическое сосудистое сопротивление в бассейне внутренней сонной артерии ( $A_{вен}/A_{арт}$ , %) справа	
2	Тонус артерий вертебробазилярного бассейна (ДИК, %) справа	6,5 (14%)
	Периферическое сосудистое сопротивление в вертебробазилярном бассейне ( $A_{вен}/A_{арт}$ , %) справа	
3	Тонус артерий бассейна внутренней сонной артерии (Альфа, с) справа	6,0 (13%)
	Коэффициент асимметрии бассейна внутренней сонной артерии ( $K_{aPI}$ , %)	

Таким образом, курс ТЭС у пауэрлифтеров оказывает влияние преимущественно на средние и мелкие сосуды вертебробазилярного бассейна. У борцов курс ТЭС преимущественно влияет на сосуды бассейна внутренней сонной артерии.

Среди реоэнцефалографических показателей время восходящей части волны ( $\alpha$ , с) характеризует тонус артерий и делится на два периода:  $\alpha_1$  – время быстрого наполнения, зависящее от упругости стенок крупных

церебральных артерий и  $\alpha 2$  – время медленного наполнения, обусловленное тонусом сосудов среднего и мелкого калибра. Среди исследованных спортсменов была выявлена группа (n=13), у которой показатели тонуса средних и мелких артерий вертебробазиллярного бассейна превышали нормальные значения (рис. 26). После курса ТЭС эти показатели снизились, в левом полушарии – достоверно ( $p \leq 0,01$ ).

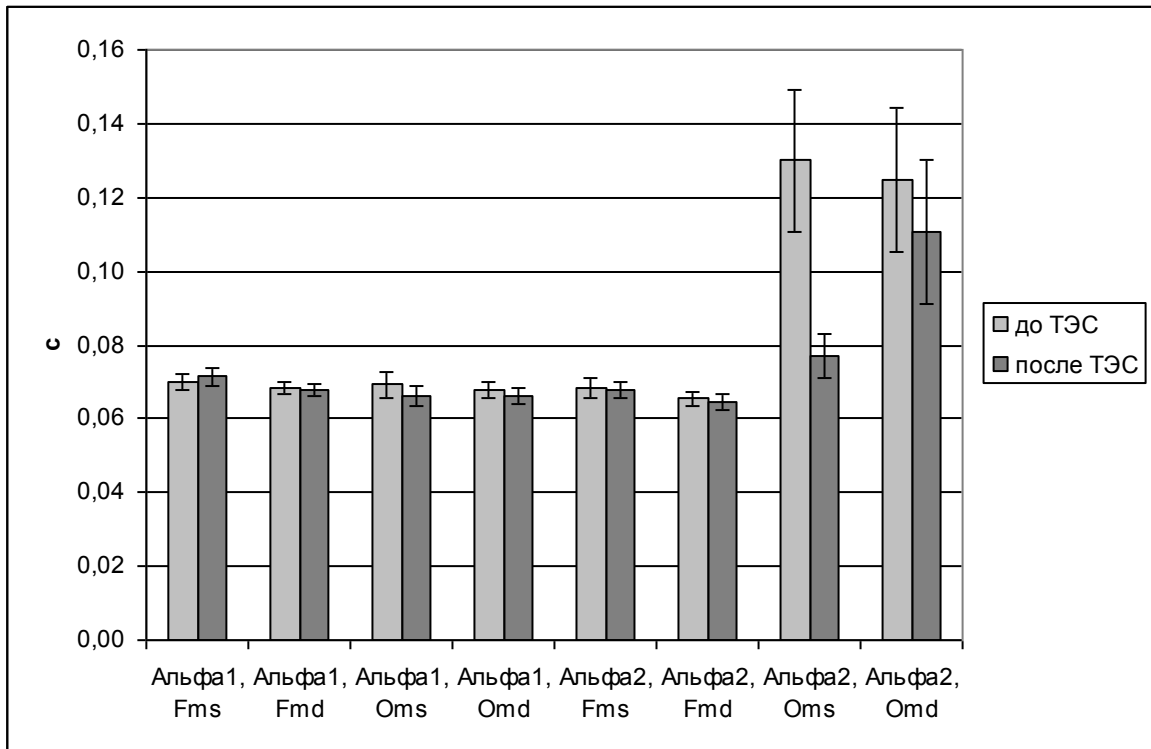


Рис. 26. Динамика показателей, характеризующих тонус церебральных артерий до и после курса ТЭС (ось x: Альфа1 - время быстрого наполнения; Альфа2 - время медленного наполнения; Fms - фронто-мастоидальные отведения слева, Fmd - фронто-мастоидальные отведения справа, Oms - окципито-мастоидальные отведения слева, Omd - окципито-мастоидальные отведения справа)

По результатам факторного анализа показателей церебральной гемодинамики, состояние периферического сосудистого сопротивления, определяемого тонусом мелких и средних сосудов мозга (Авен/Аарт, %) после курса ТЭС стало наиболее значимым фактором у спортсменов обеих специализаций. Среди исследованных спортсменов выявлены две группы:



группа 1 (n=8), показатель Авен/Аарт которой был ниже нормы (N Авен/Аарт 55-70% для бассейна внутренней сонной артерии, 60-75% для вертебробазилярного бассейна) и группа 2 (n=6), у которой этот показатель был выше нормы (рис. 27).

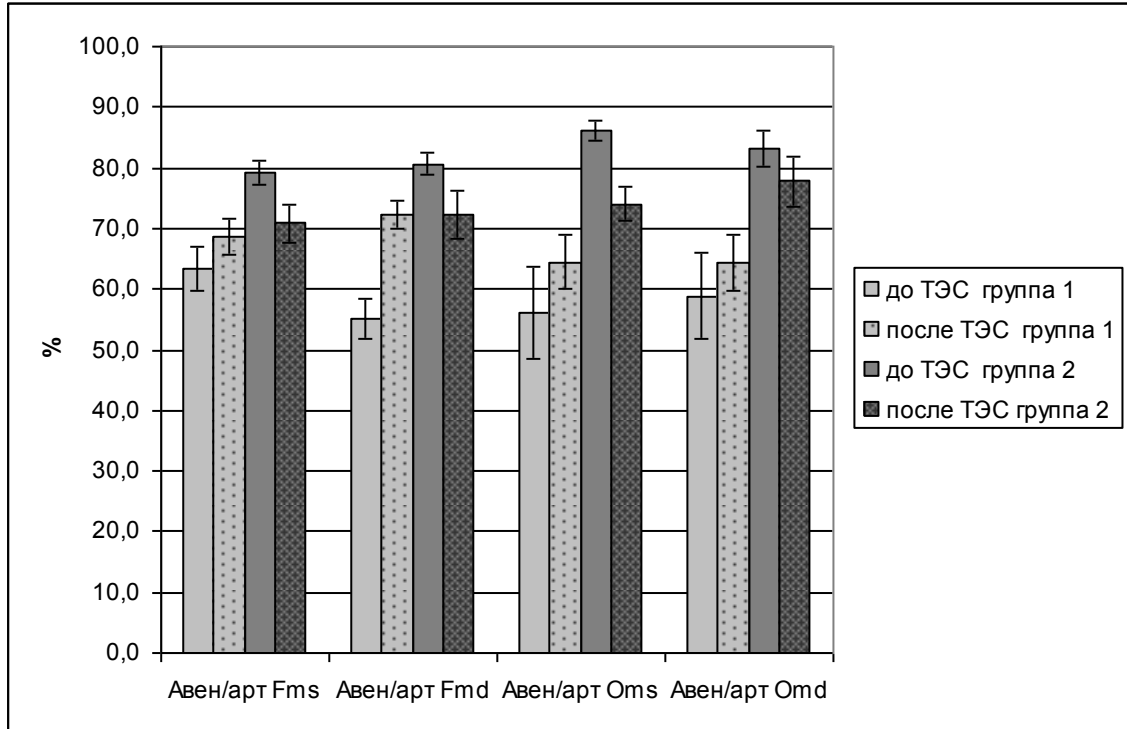


Рис. 27. Динамика показателей, характеризующих периферическое сосудистое сопротивление церебральных сосудов до и после курса ТЭС (ось х: Fms - фронто-мастоидальные отведения слева, Fmd - фронто-мастоидальные отведения справа, Oms - окципито-мастоидальные отведения слева, Omd - окципито-мастоидальные отведения справа)

После проведенного курса ТЭС у спортсменов группы 1 показатели периферического сосудистого сопротивления повысились, в бассейне внутренней сонной артерии достоверно ( $p \leq 0,05$ ) в обоих полушариях, в вертебробазилярном бассейне достоверно ( $p \leq 0,05$ ) в левом полушарии. У спортсменов группы 2 показатели периферического сосудистого сопротивления достоверно снизились ( $p \leq 0,05$ ) в обоих полушариях.

Полученные результаты показывают гомеостатическую направленность ТЭС на тонус мелких и средних церебральных сосудов.

Показатели дикротического индекса (ДИК, %), дающего дополнительную информацию о тоне церебральных артерий и диастолического индекса (ДИА, %), отражающего состояние оттока крови из артерий в вены, после курса ТЭС стали наиболее значимым фактором, определяющим состояние церебральной гемодинамики спортсменов обеих специализаций. Нормальные значения ДИК находятся в пределах 50-65% для бассейна внутренней сонной артерии и 55-70% для вертебробазилярного бассейна, ДИА составляет 55-80% для бассейна внутренней сонной артерии и 60-85% для вертебробазилярного бассейна. Среди исследованных спортсменов выявлены две группы, показатели ДИК и ДИА которых были ниже нормы (n=21) и выше нормы (n=5).

Динамика ДИК и ДИА спортсменов с низкими значениями показателей представлена на рисунке 28.

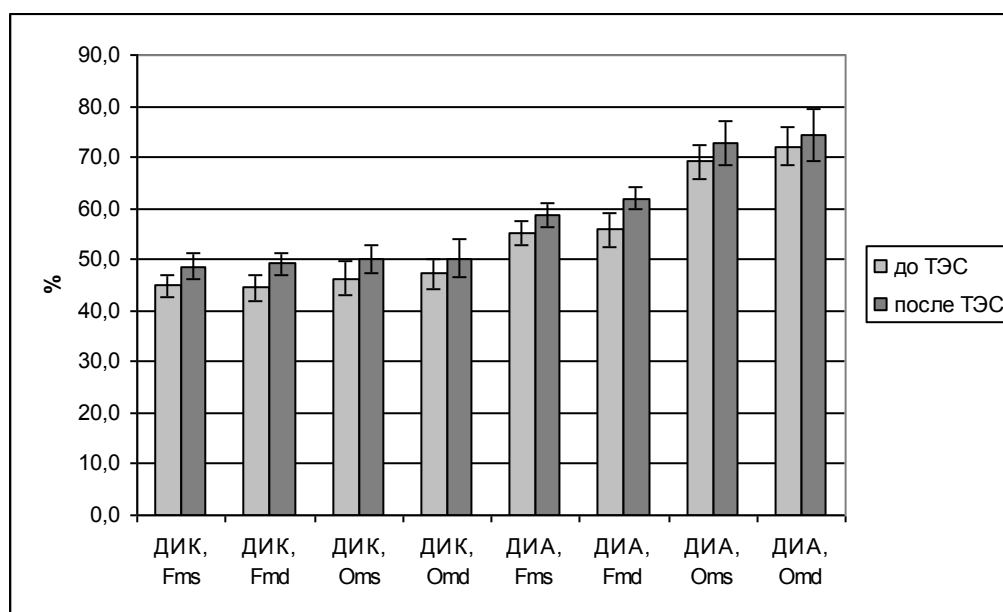


Рис. 28. Динамика ДИК и ДИА спортсменов с низкими значениями показателей до и после курса ТЭС (ось x: Fms - фронто-мастоидальные отведения слева, Fmd - фронто-мастоидальные отведения справа, Oms - окципито-мастоидальные отведения слева, Omd - окципито-мастоидальные отведения справа)

После курса ТЭС отмечается повышение показателей ДИК и ДИА у спортсменов 1 группы, что свидетельствует о повышении сниженного тонуса церебральных артерий и улучшении оттока крови из артерий в вены.

Динамика ДИК и ДИА спортсменов с высокими значениями показателей представлена на рисунке 29.

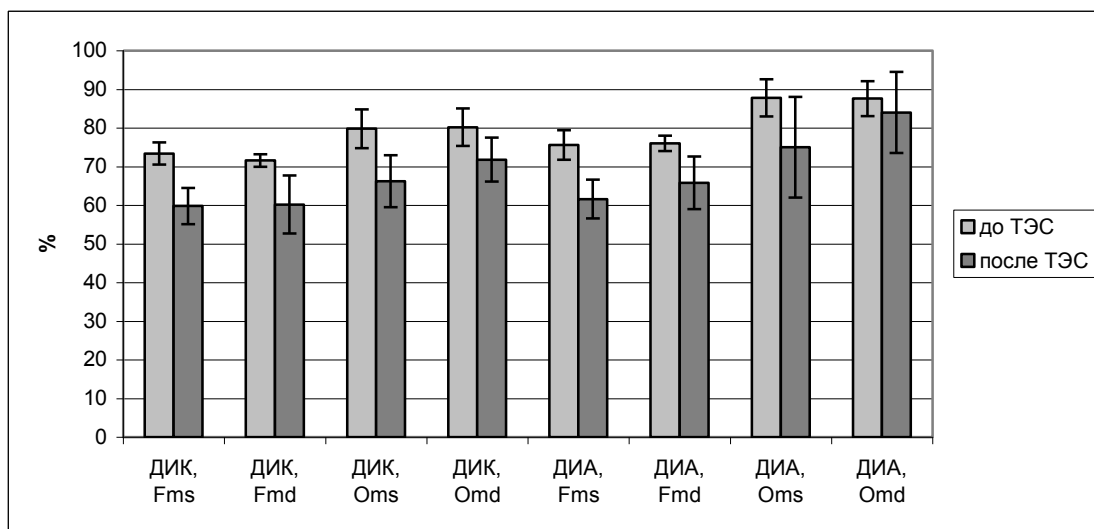


Рис. 29. Динамика ДИК и ДИА спортсменов с высокими значениями показателей до и после курса ТЭС (ось x: Fms - фронто-мастоидальные отведения слева, Fmd - фронто-мастоидальные отведения справа, Oms - окципито-мастоидальные отведения слева, Omd - окципито-мастоидальные отведения справа)

После курса ТЭС отмечается снижение показателей ДИК и ДИА у спортсменов 2 группы, что свидетельствует о снижении повышенного тонуса церебральных артерий и улучшении оттока крови из артерий в вены.

Показатель венозного оттока (ПВО, %) крови из полости черепа в норме составляет 0 – 20%. Среди исследованных спортсменов у 14 человек выявлено повышение этого показателя (рис. 30).

После проведенного курса ТЭС отмечается улучшение ПВО, более выраженное в левом полушарии, в вертебробазилярном бассейне – достоверно ( $p \leq 0,05$ ).

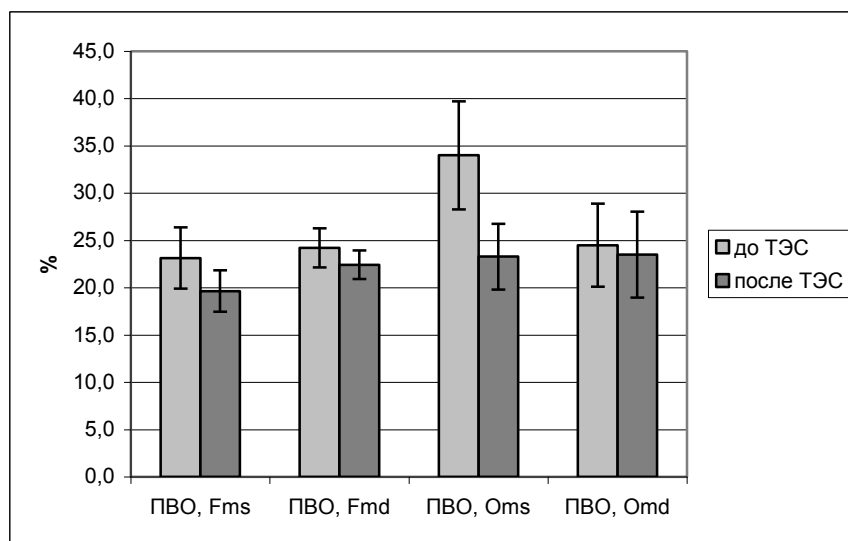


Рис. 30. Динамика показателя венозного оттока (ПВО) до и после курса ТЭС (ось x: Fms - фронто-мастоидальные отведения слева, Fmd - фронто-мастоидальные отведения справа, Oms - окципито-мастоидальные отведения слева, Omd - окципито-мастоидальные отведения справа)

Следовательно, курс ТЭС у пауэрлифтеров оказывает преимущественное влияние на средние и мелкие сосуды вертебробазилярного бассейна, у борцов – на сосуды бассейна внутренней сонной артерии. Полученные результаты показывают гомеостатическую направленность ТЭС на тонус мелких и средних церебральных сосудов. У спортсменов с высокими и низкими значениями показателей венозного оттока, тонуса и сопротивления сосудов головного мозга курс ТЭС оказывал гомеостатическое воздействие, нормализуя данные показатели.

### 6.3.2. Влияние курса ТЭС на функциональное состояние гемодинамики дистальных отделов нижних конечностей пауэрлифтеров и борцов

Адаптация к физической нагрузке силового и скоростно-силового характера пауэрлифтеров проявляется в изменении параметров кровообращения нижних конечностей (Кужугет А.А., Рубанович В.Б.,

Михайлов А.М., 2010; Спицин А.П., Калабин О.В., 2011; Браун Н.А., Калинина И.Н., 2011; Замчий Т.П., Корягина Ю.В., 2011, 2012).

Анализ структуры показателей гемодинамики дистальных отделов нижних конечностей пауэрлифтеров до курса ТЭС показал, что наиболее значимым фактором (доля общей дисперсии (ДОД) 35%), являются показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока, тонус и эластичность артерий стоп, венозный отток голеней (табл. 17).

Таблица 17

Факторный анализ показателей гемодинамики дистальных отделов нижних конечностей пауэрлифтеров до курса ТЭС

факторы	показатели	Значение фактора (общая доля дисперсии)
1	Интенсивность артериального кровотока (РИ, у.е.) стоп	18,3 (35%)
	Тонус и эластичность артерий стоп (Альфа, с)	
	Периферическое сосудистое сопротивление и сосудистый тонус на уровне прекапилляров (ДИК, %) и посткапилляров (ДИА, %) стоп	
	Венозный отток (ПВО, % ; ИВО Сим, %) голеней	
2	Интенсивность артериального кровотока голеней (РИ, у.е.)	9,7 (19%)
	Скорость быстрого наполнения ( $V_{max}$ , Ом/с) и скорость медленного наполнения ( $V_{ср}$ , Ом/с) голеней	
3	Асимметрии интенсивности артериального кровотока (КаРИ, %) голеней	6,2 (12%)

Вторым по значимостью фактором (ДОД 19%) являются показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока, тонус и эластичность артерий голеней. Третий фактор (ДОД 12%) – показатель асимметрии интенсивности артериального кровотока голеней.

После проведенного курса ТЭС, наиболее значимым фактором (ДОД 35%) стали показатели, характеризующие тонус и эластичность артерий стоп,

состояние сосудов и кровотока микроциркуляторного русла стоп, венозный отток голеней и стоп (табл. 18).

Таблица 18

Факторный анализ показателей гемодинамики дистальных отделов нижних конечностей пауэрлифтеров после курса ТЭС

факторы	показатели	Значение фактора (общая доля дисперсии)
1	Тонус и эластичность артерий стоп (Альфа, с)	18,4 (35%)
	Время медленного кровенаполнения артерий стоп (Альфа 2, с)	
	Периферическое сосудистое сопротивление и сосудистый тонус на уровне посткапилляров (ДИА, %) голеней и стоп	
	Скорость медленного наполнения ( $V_{ср}$ , Ом/с) и соотношение времени быстрого и медленного наполнения (Альфа1/Альфа2) стоп	
	Венозный отток (ПВО, % ; ИВО Сим, %) голеней и стоп	
2	Интенсивность артериального кровотока голеней и стоп (РИ, у.е.)	8,4 (16 %)
	Скорость быстрого наполнения ( $V_{max}$ , Ом/с) голеней	
3	Время распространения пульсовой волны ( $Q_x$ , с) голеней и стоп	5,7 (11%)

Вторым по значимости фактором (ДОД 16%) стали показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока голеней и стоп и тонус артерий крупного калибра голеней.

Третий фактор (ДОД 11%) – время распространения пульсовой волны голеней и стоп.

Таким образом, ведущими факторами регионарной гемодинамики в сегментах голень-стопа пауэрлифтеров до курса ТЭС являлись показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока, тонус и эластичность артерий стоп, венозный отток голеней. После проведенного курса ТЭС, на первый план вышли показатели, характеризующие состояние

сосудов и кровотока микроциркуляторного русла стоп (периферическое сосудистое сопротивление и сосудистый тонус на уровне прекапилляров, процесс оттока крови из артерий в вены и тонус венозных сосудов, главным образом на уровне посткапилляров), а так же показатель венозного оттока всех исследуемых сегментов нижних конечностей. Данный характер изменений свидетельствует о преимущественном влиянии курса ТЭС на сосуды микроциркуляторного русла дистальных отделов нижних конечностей пауэрлифтеров.

Анализ структуры показателей гемодинамики дистальных отделов нижних конечностей борцов до курса ТЭС показал, что наиболее значимым фактором (ДОД 41%) являются показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока голеней и стоп, тонус и эластичность артерий голеней, состояние сосудов и кровотока микроциркуляторного русла голеней и стоп, тонус артерий крупного и мелкого калибра стоп, венозный отток голеней и стоп (табл. 19).

Таблица 19

Факторный анализ показателей гемодинамики дистальных отделов нижних конечностей борцов до курса ТЭС

факторы	показатели	Значение фактора (общая доля дисперсии)
1	Интенсивность артериального кровотока голеней и стоп (РИ, у.е.)	21,4 (41%)
	Тонус и эластичность артерий голеней (Альфа, с)	
	Периферическое сосудистое сопротивление и сосудистый тонус на уровне прекапилляров (ДИК, %) и посткапилляров (ДИА, %) голеней и стоп	
	Скорость быстрого наполнения ( $V_{max}$ , Ом/с) и скорость медленного наполнения ( $V_{ср}$ , Ом/с) стоп	
	Венозный отток голеней и стоп (ИВО Сим, %.)	
2	Венозный отток голеней (ПВО, %)	8,3 (16%)
3	Время медленного кровенаполнения артерий голеней (Альфа 2, с)	6,4 (12%)
4	Ассиметрии интенсивности артериального кровотока голеней (КаРИ, %)	5,7 (11%)

Вторым по значимости фактором (ДОД 16%) являются показатели, характеризующие венозный отток голеней. Третий фактор (ДОД 12%) – показатель тонуса артерий среднего и мелкого калибра голеней. Четвертый фактор (ДОД 11%) – показатель асимметрии интенсивности артериального кровотока голеней.

После проведенного курса ТЭС, наиболее значимым фактором (ДОД 32%) стали показатели, характеризующие тонус и эластичность артерий голеней и стоп мелкого калибра, состояние сосудов и кровотока микроциркуляторного русла на уровне прекапилляров стоп (табл. 20).

Таблица 20

Факторный анализ показателей гемодинамики дистальных отделов нижних конечностей борцов после курса ТЭС

факторы	показатели	Значение фактора (общая доля дисперсии)
1	Время медленного кровенаполнения артерий голеней и стоп (Альфа 2, с)	16,7 (32%)
	Тонус и эластичность артерий голеней и стоп (Альфа, с)	
	Периферическое сосудистое сопротивление и сосудистый тонус на уровне прекапилляров (ДИК, %) стоп	
	Соотношение времени быстрого и медленного наполнения (Альфа1/Альфа2) голеней и стоп	
2	Интенсивность артериального кровотока голеней и стоп (РИ, у.е.)	11,5 (22%)
	Асимметрии интенсивности артериального кровотока стоп (КаРИ, %)	
	Скорость быстрого наполнения ( $V_{max}$ , Ом/с) и скорость медленного наполнения ( $V_{ср}$ , Ом/с) стоп	
3	Время распространения пульсовой волны голеней и стоп ( $Q_x$ , с).	5,8 (11%)



Вторым по значимости фактором (ДОД 22%) стали показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока голеней и стоп, асимметрии интенсивности артериального кровотока стоп, тонус артерий стоп крупного и мелкого калибра. Третий фактор (ДОД 11%) – время распространения пульсовой волны голеней и стоп.

Таким образом, ведущими факторами регионарной гемодинамики в сегментах голень-стопа борцов до курса ТЭС являлись показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока голеней и стоп, тонус и эластичность артерий голеней, состояние сосудов и кровотока микроциркуляторного русла голеней и стоп, тонус артерий крупного и мелкого калибра стоп, венозный отток голеней и стоп. После проведенного курса ТЭС, на первый план вышли показатели, характеризующие тонус и эластичность артерий голеней и стоп мелкого калибра, состояние сосудов и кровотока микроциркуляторного русла на уровне прекапилляров стоп. Данный характер изменений свидетельствует о преимущественном влиянии курса ТЭС на артериальное звено сосудистого русла дистальных отделов нижних конечностей борцов.

Показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока в сегментах голень-стопа являлись ведущими факторами регионарной гемодинамики пауэрлифтеров и борцов до проведения курса ТЭС. Среди исследуемых спортсменов выявлена группа (n=15), показатели реографического индекса (РИ, у.е.) которой превышали норму (0,65-1,00 у.е. для голени и 0,9-1,5 у.е. для стопы) (рис. 31). Изменения периферической гемодинамики связаны с подъемом тяжестей и вероятными механизмами перестройки в сосудистом русле из-за: 1) сдвига симпато-вагусного баланса, 2) повышения тонуса мышц и периодических задержек дыхания, создающих условия для затруднения оттока крови (Замчий Т.П., Корягина Ю.В., 2011, 2012).

После курса ТЭС показатели РИ голеней снизились. В стопах до курса ТЭС отмечалась асимметрия показателей интенсивности артериального

кровотока (РИ правой стопы > РИ левой стопы). После курса ТЭС этот показатель стал симметричным.

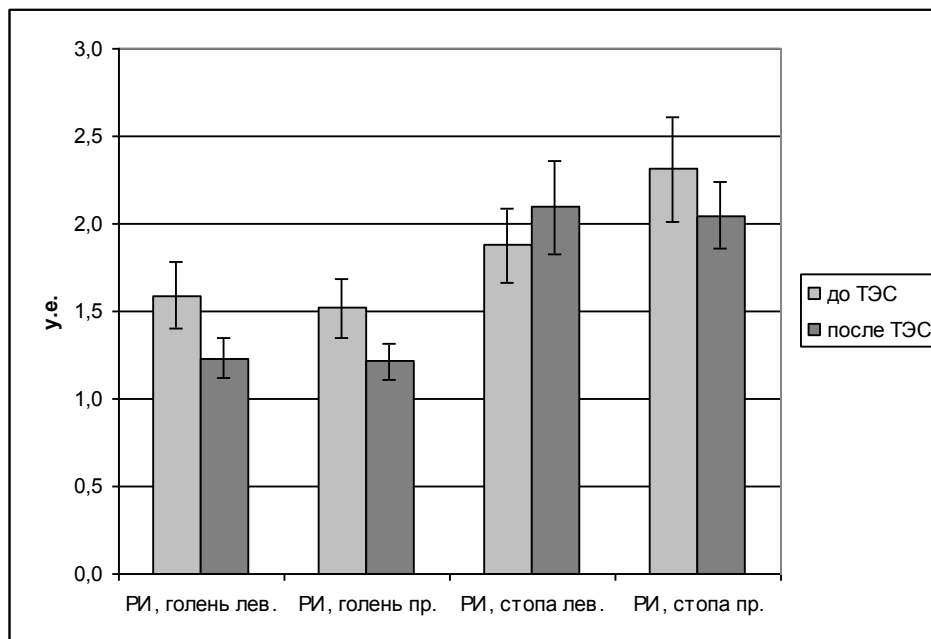


Рис. 31. Динамика реографического индекса (РИ, у.е.) до и после курса ТЭС

Из показателей, характеризующих тонус и эластичность сосудов, анализировали дикротический индекс (ДИК), отражающий периферическое сосудистое сопротивление и сосудистый тонус на уровне прекапилляров и диастолический индекс (ДИА), отражающий процесс оттока крови из артерий в вены и тонус венозных сосудов, главным образом на уровне посткапилляров. Среди исследуемых спортсменов выявлены группы, показатели ДИК и ДИА которых были ниже нормы (n=10) (N ДИК 30-45%, N ДИА 34-43%) и выше нормы (n=13) (рис. 32).

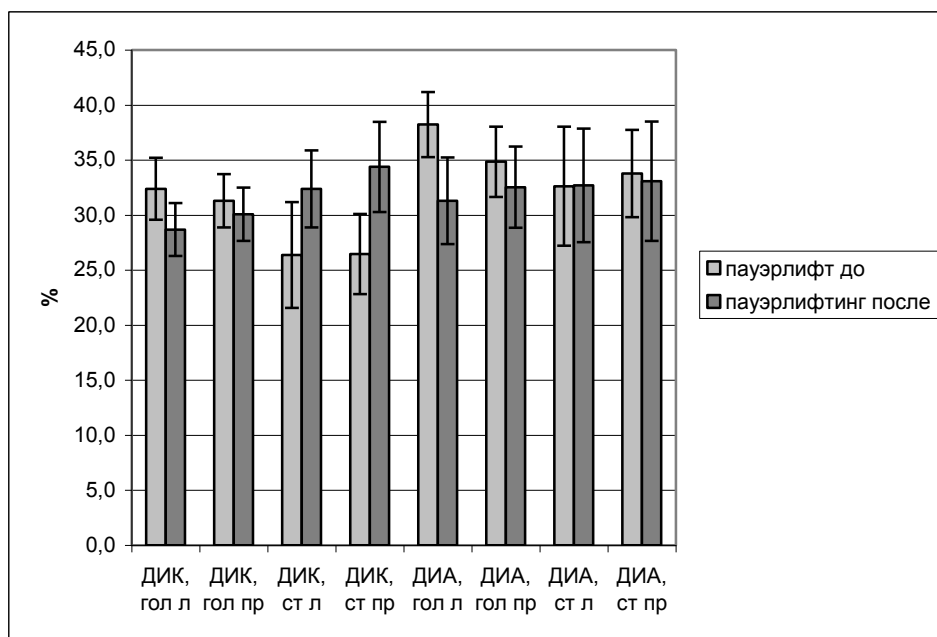


Рис. 32. Динамика ДИК и ДИА спортсменов с низкими показателями до и после курса ТЭС

После курса ТЭС показатели ДИК и ДИА в группе спортсменов с низкими значениями показателей повысились во всех исследуемых сегментах конечностей, ДИК достоверно в левой голени и обеих стопах ( $p \leq 0,05$ ). Также отмечается уменьшение имеющейся асимметрии показателей.

Динамика ДИК и ДИА спортсменов с высокими значениями показателей, представлена на рисунке 33. Достоверное ( $p \leq 0,05$ ) снижение показателей ДИК отмечается в обеих голених, не выражено в стопах, снижение ДИА отмечается в во всех исследуемых сегментах конечностей, достоверно в левой голени ( $p \leq 0,05$ ).

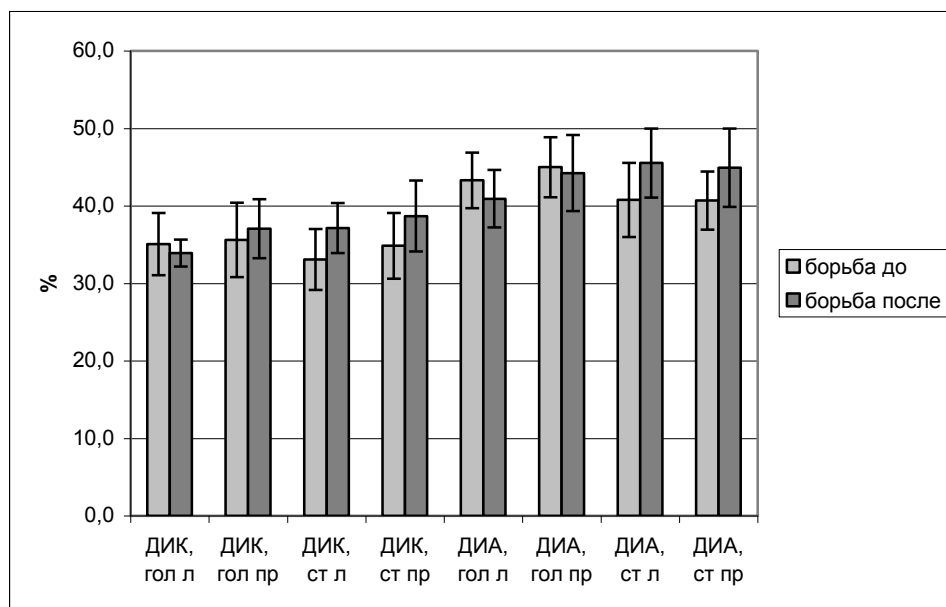


Рис. 33. Динамика ДИК и ДИА спортсменов с высокими показателями до и после курса ТЭС

Полученные результаты показывают гомеостатическую направленность ТЭС на тонус сосудов микроциркуляторного русла.

Из показателей, характеризующих венозный отток, анализировали показатель состояния венозного оттока (ПВО, %) по венам более крупного калибра и индекс Симонсона (ИВО Сим, %) по венам более мелкого калибра. Среди исследуемых спортсменов выявлена группа ( $n=6$ ), показатели ПВО и ИВО Сим которой превышали норму ( $N$  ПВО 0-25%,  $N$  ИВО Сим  $< 60\%$ ) (рис. 34).

После курса ТЭС отмечается снижение показателей ПВО и ИВО Сим во всех исследуемых сегментах нижних конечностей, достоверно ( $p \leq 0,05$ ) в стопах.

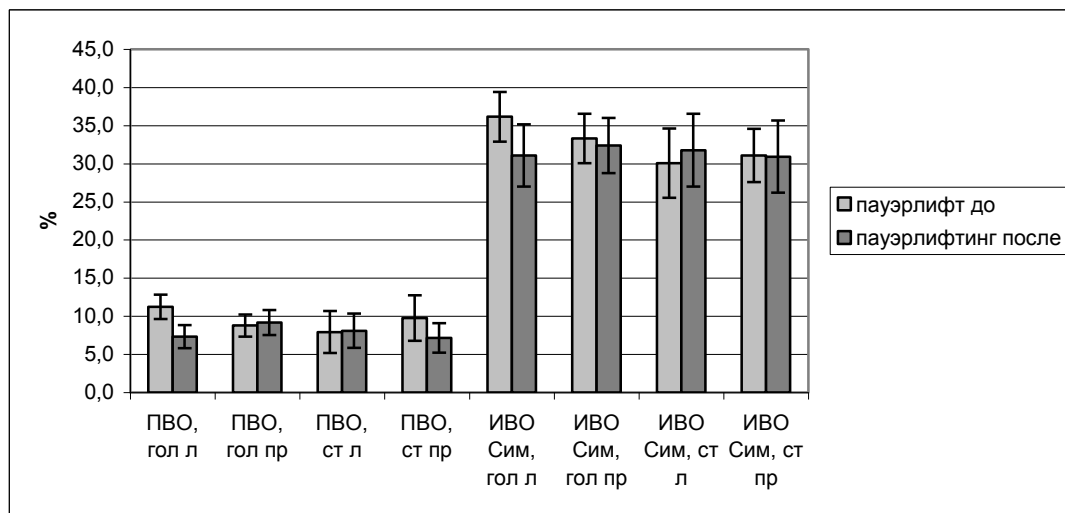


Рис. 34. Динамика ПВО и ИВО Сим спортсменов с высокими показателями до и после курса ТЭС

Следовательно, курс ТЭС у пауэрлифтеров преимущественно влияет на сосуды микроциркуляторного русла дистальных отделов нижних конечностей. У борцов курс ТЭС воздействует на артериальное звено сосудистого русла дистальных отделов нижних конечностей. У спортсменов с изменениями гемодинамики (выход показателей за пределы нормы) курс ТЭС имел гомеостатическую направленность на тонус сосудов микроциркуляторного русла и способствовал улучшению венозного оттока в дистальных отделах нижних конечностей, как по венам крупного, так и мелкого калибра.

## 7. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проблема оптимизации функционального состояния организма человека в условиях напряженной мышечной деятельности продолжает оставаться ведущей проблемой спортивной физиологии. Повышение требований к работоспособности спортсменов, для которых расширение резервных возможностей организма является важнейшей составляющей роста спортивных результатов, обуславливает поиск новых эффективных средств и методов повышения работоспособности (Горбанева Е.П., 2012; Ростовцев В.Л., 2008).

Физиотерапевтические методы, имеющие в основе своего воздействия природные и искусственно созданные физические факторы, оказывая существенное физиологическое действие на организм, не имеют побочных эффектов, характерных для фармакологических средств и не внесены в список запрещенных субстанций и методов ВАДА. Поэтому применение их в спортивной практике для повышения адаптационного потенциала и полноценного восстановления спортсменов, после тренировочных и соревновательных нагрузок, является перспективным. Однако большинство физиотерапевтических методов нашли свое применение в комплексной реабилитации спортсменов после перенесенных травм. Включение физиотерапевтических методов в тренировочный процесс с целью оптимизации функционального состояния организма спортсменов, ограничено недостаточной изученностью физиологических механизмов воздействия на организм спортсменов в зависимости от специфики спортивной деятельности и периода тренировочного процесса.

Особый интерес представляют методы, способные быстро нивелировать последствия стресса, неизбежно сопровождающего экстремальные физические нагрузки, восстанавливать функциональное состояние организма, в первую очередь состояние регулирующих систем. Транскраниальная электростимуляция, широко и успешно применяется в разных областях

медицины, однако ее использование в спорте высших достижений пока еще не имеет достаточного научного обоснования.

Эффекты транскраниальной электростимуляции связаны с действием  $\beta$ -эндорфинов, серотонина, холинэргических веществ, вырабатываемых в структурах антиноцицептивной системы мозга (Лебедев В.П. и соавт., 1985-1991). С помощью ЯМР-томографии было установлено, что при сагиттальном расположении электродов ток распространяется внемозговым и внутримозговым путями и достигает структур антиноцицептивной системы мозга (вентральных ядер гипоталамуса, околопроводного серого вещества, ядер шва). Вне мозга ток следует по цепи последовательно связанных ликворных цистерн на базальной поверхности мозга. Внутрь мозга ток попадает через тонкую медиальную стенку передних рогов боковых желудочков, проходит по передним рогам и через отверстие Монро поступает в III желудочек. Затем по силвиеву водопроводу ток достигает IV желудочка. Оба пути имеют соединения через гипоталамические структуры дна III желудочка и боковые отверстия Люшки в IV желудочке (Лебедев В.П., 2005).

Ритмическая активность мозга отражает текущее функциональное состояние организма (Гнездицкий В.В., 2000, Святогор И.А., 2000, Штарк М.Б., 2003), уровень приспособленности (Сороко С.И., 2010), особенности поведенческих стратегий (Небылицин В.Д., 1966). Специфика спортивной деятельности, объем и интенсивность физической нагрузки, период тренировочного процесса, успешность или неуспешность соревновательной деятельности спортсменов и другие факторы вызывают функциональную перестройку центральной нервной системы. По данным Ю.И. Корюкалова (2014), исследовавшего ЭЭГ ритмы при локальной мышечной деятельности, повышение медленноволновой активности совпадает с первыми субъективными признаками утомления, а при нарастании утомления, наблюдается депрессия альфа-ритма и отмечается резкий рост мощности бета-ритма в лобно-центральных отведениях. Дезорганизация

биоэлектрической активности мозга характерна так же для центральных проявлений стресса (Bhat P., 2010, Шаляпина В.Г., 2005).

Проведенные нами исследования показали, что у борцов и пауэрлифтеров под влиянием курса ТЭС происходило изменение паттерна ритмов головного мозга, заключающееся в синхронизации ЭЭГ ритмов, снижении доминирующей  $\delta$ - и  $\beta$ -активности. Эти изменения сочетались с улучшением таких психофизиологических показателей спортсменов, как скорость простых и сложных сенсомоторных реакций, психическая работоспособность. Положительные изменения психофизиологических показателей регистрировались не только при курсовом воздействии, но и при однократном сеансе ТЭС.

Следует отметить, что достоверное улучшение психофизиологических показателей при однократном сеансе зарегистрировано в условиях соревновательного стресса, когда интенсивная физическая и эмоциональная нагрузка приводила к значительному напряжению регуляторных, обеспечивающих и исполнительных систем организма пауэрлифтеров. Тогда как сеанс ТЭС, проведенный в условиях покоя в подготовительном периоде тренировочного процесса, достоверных изменений психофизиологических показателей не вызвал. Это связано с гомеостатической направленностью воздействия ТЭС, не влияющей на нормально протекающие процессы.

Интенсивные физические нагрузки, недостаточное восстановление после них, соревновательный стресс, могут приводить к перенапряжению регуляторных систем, прежде всего нейроэндокринной, нарушению гомеостаза и, в конечном итоге, срыву адаптации.

C-FOS – ген раннего реагирования, его экспрессия повышается при любых воздействиях на клетку, поэтому он является надежным маркером активации нейронов. Метод транскраниальной электростимуляции угнетает вызванную стрессом экспрессию C-FOS в разных областях коры, особенно выражено в глубоких областях, где расположена большая часть афферентных нейронов, медиальных ядрах таламуса и в большинстве гипоталамических



ядер, особенно, паравентрикулярном и супраоптическом а так же в центральном ядре миндалины (Лебедев В.П., Козловски Дж. П., 2005).

Антистрессорное действие  $\beta$ -эндорфина и серотонина в нашем исследовании проявилось не только в оптимизации функционального состояния центральной нервной системы, но и в состоянии вегетативной регуляции. Однократный сеанс ТЭС в подготовительном периоде тренировочного процесса спортсменов силовых видов спорта приводил к статистически значимому снижению напряжения регуляторных систем, в условиях соревновательного стресса, сеанс ТЭС способствовал уменьшению времени восстановления вегетативной регуляции после нагрузки.

В исследовании, где сеанс ТЭС предвлял выполнение борцами стандартной специфической нагрузки, выявлено повышение специальной работоспособности, которое сопровождалось менее выраженным напряжением регуляторных систем, чем в контрольной группе. То есть под влиянием ТЭС не только повышалась физическая работоспособность, но и снижалась «цена адаптации» к физической нагрузке. А так же сеанс ТЭС способствовал ускорению восстановления функционального состояния организма борцов на каждой ступени срочного восстановления.

В исследовании влияния курсового воздействия ТЭС на функциональное состояние регуляторных систем, проявилось гомеостатическое действие метода. Статистически значимые изменения показателей вариабельности сердечного ритма зарегистрированы в группах спортсменов с умеренным преобладанием центрального контура регуляции и выраженным преобладанием автономного контура регуляции и отсутствовали в ваго-нормотонической группе. Влияние курса ТЭС заключалось в увеличении функциональных резервов вегетативной нервной системы, причем независимо от исходного типа вегетативной регуляции.

Под влиянием ТЭС происходит угнетение сомато-симпатических рефлексов, которые лежат в основе прессорных реакций артериального давления на внешние воздействия (Лебедев В.П. и соавт., 2005). При

нормальном АД и отсутствии прессорных реакций кровотоков через жизненно важные органы под влиянием ТЭС не изменяется, слегка увеличивается в головном мозге (Медведев О.С. и соавт., 2005). Так же В.П. Лебедев с соавт. (2005) показали, что эндорфины, выделяющиеся под влиянием ТЭС, оказывают непосредственное влияние на структуры вазомоторного центра продолговатого мозга, блокируя передачу любых влияний со стороны вставочных нейронов вазомоторного центра на его выходные симпатизирующие нейроны.

В нашем исследовании эти эффекты ТЭС проявились в оптимизации регионарной гемодинамики головного мозга и нижних конечностей. Положительные изменения наблюдались во всех звеньях гемодинамики: повышении экономизации деятельности сердечно-сосудистой системы спортсменов, как в состоянии покоя, так и при соревновательной и специальной стандартной физической нагрузке. А так же под влиянием ТЭС происходило ускорение восстановления функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов на каждой ступени срочного восстановления.

Таким образом, физиологическое воздействие применения метода транскраниальной электростимуляции у борцов и спортсменов силовых видов спорта заключалось в оптимизации функционального состояния ЦНС, повышении адаптационного потенциала, оптимизации центральной и периферической гемодинамики. Одновременно с этим повышалась физическая и психическая работоспособность спортсменов (рис.35).

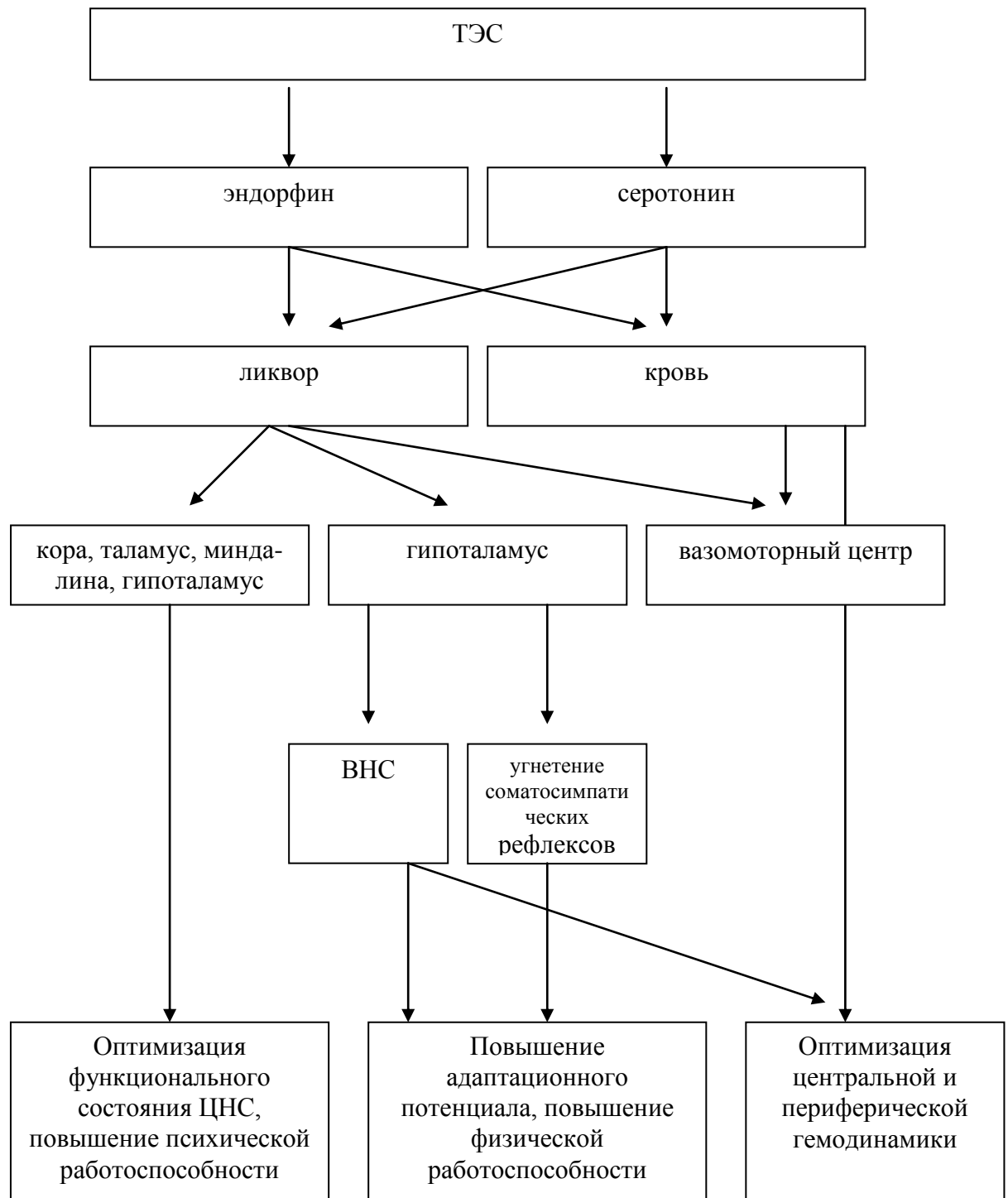


Рис. 35. Физиологический механизм влияния транскраниальной электростимуляции на функциональное состояние борцов и пауэрлифтеров

## ВЫВОДЫ

1. Проведение одного сеанса ТЭС в состоянии покоя в подготовительном периоде тренировочного процесса у борцов и спортсменов силовых видов спорта способствует снижению ЧСС и ИН и не вызывает изменения психофизиологических показателей.
2. Сеанс ТЭС после соревновательной нагрузки у пауэрлифтеров приводит к ускорению процессов срочного восстановления психофизиологических показателей и оптимизации вегетативной регуляции.
3. Применение сеанса ТЭС перед специальной стандартной нагрузкой у борцов способствует повышению специальной работоспособности и экономизации деятельности сердечно-сосудистой системы, выражающейся в снижении ЧСС и двойного произведения. Сеанс ТЭС оказывает преимущественное влияние на ускорение восстановления уровня диастолического артериального давления, что оптимизирует функцию сосудистого звена кровообращения.
4. Под влиянием курсового применения ТЭС у пауэрлифтеров и борцов происходят изменения, связанные с улучшением функционального состояния мозга, что выражается в синхронизация ЭЭГ ритмов головного мозга, снижении доминирующей  $\delta$ - и  $\beta$ -активности. Одновременно с этим увеличивается скорость простых и сложных сенсомоторных реакций, повышается психическая работоспособность.
5. Влияние курса ТЭС на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и механизмы вегетативной регуляции у пауэрлифтеров и борцов заключается в повышении экономичности сердечной деятельности и функциональных резервов вегетативной нервной системы, независимо от исходного типа вегетативной регуляции.
6. Курс ТЭС вызывает изменения гемодинамики головного мозга спортсменов. У пауэрлифтеров курс ТЭС оказывает преимущественное влияние на средние и мелкие сосуды вертебробазилярного бассейна, у борцов – на сосуды бассейна внутренней сонной артерии. У спортсменов обеих

специализаций отмечается гомеостатическая направленность ТЭС на тонус мелких и средних церебральных сосудов, показателей венозного оттока, тонуса и сопротивления сосудов.

7. Под влиянием курса ТЭС изменяется периферическая гемодинамика нижних конечностей спортсменов: у пауэрлифтеров преимущественно улучшается кровообращение в сосудах микроциркуляторного русла дистальных отделов нижних конечностей. У борцов курс ТЭС воздействует на артериальное звено сосудистого русла дистальных отделов нижних конечностей. У спортсменов с изменениями гемодинамики курс ТЭС оказывает гомеостатическую направленность на тонус сосудов микроциркуляторного русла, улучшает венозный отток в дистальных отделах нижних конечностей, как по венам крупного, так и мелкого калибра.

## Практические рекомендации

1. В подготовительном периоде тренировочного процесса однократное применение сеанса транскраниальной электростимуляции (длительностью 20 мин, биполярный импульсный ток 1-3 мА) до тренировки показано спортсменам силовых видов спорта и борцам с целью снижения напряжения регуляторных систем при выполнении физической нагрузки и для повышения работоспособности, или после тренировки, с целью ускорения восстановления после тренировочной нагрузки.
2. В соревновательном периоде тренировочного процесса однократное применение сеанса транскраниальной электростимуляции (длительностью 20-30 мин, биполярный импульсный ток 1-3 мА) после соревновательной нагрузки показано всем спортсменам, независимо от спортивной специализации для ускорения процесса восстановления.
3. Проведение сеанса ТЭС (длительностью 20-30 мин, биполярный импульсный ток 1-3 мА) непосредственно перед соревнованиями показано борцам, с целью снижения болевой чувствительности, напряжения регуляторных систем, повышения специальной работоспособности, скорости сенсомоторных реакций. При этом нужно учитывать индивидуальные особенности предстартовых состояний, ТЭС особенно показана при выраженных проявлениях предстартовой тревоги.
4. Курсовое воздействие ТЭС (10 ежедневных процедур, длительностью 30 мин, биполярный импульсный ток 1-3 мА) показано спортсменам в подготовительном и переходном периодах тренировочного процесса для оптимизации функционального состояния регуляторных систем, повышения адаптационного потенциала, работоспособности, экономизации работы сердечно-сосудистой системы при выполнении тренировочных нагрузок, полноценного восстановления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А. Соревновательный стресс у представителей различных видов спорта по показателям вариабельности сердечного ритма / Н.А. Агаджанян // Теория и практика физической культуры. - 2006. - №1. - С. 2-4.
2. Аикин В.А. Современные тенденции в медико-биологическом обеспечении высококвалифицированных спортсменов за рубежом / В.А. Аикин, Ю.В. Корягина // Вестник спортивной науки. 2014. - № 3. - С. 50-55.
3. Айрапетов Л.Н. Об изменении уровня бета эндорфина в мозге и спинномозговой жидкости при спинномозговой электроанестезии / Л.Н. Айрапетов [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 78-90.
4. Акимов Г.А. Применение транскраниального электрического воздействия для лечения болевых неврологических синдромов / Г.А. Акимов [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 352-355.
5. Александров В.А. Влияние транскраниальной электростимуляции и даларгина на рост злокачественных опухолей и эффективность противоопухолевой химиотерапии в эксперименте / В.А. Александров [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 221-240.
6. Анисимова А. Ю. Организация и планирование занятий физической культурой студентов на основе показателей срочного и отставленного тренировочного эффекта //Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2009. – №. 6. – С. 23-26.
7. Бабунц И. В. Азбука анализа вариабельности сердечного ритма / И. В. Бабунц, Э.М. Мириджанян, Ю. А. Машаех. // Ставрополь: Принтмастер. - 2002. – 112 с.

8. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе/Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М., 1984. – 221с.
9. Баевский, Р. М. Проблемы физиологической нормы: математическая модель функциональных состояний на основе анализа variability сердечного ритма / Р.М. Баевский, А. Г Черникова // Авиакосм. и экол. мед.- 2002.- Т.36. - № 6. – 2002. – С. 11-17.
10. Банов С.М. Возможности применения транскраниальной электростимуляции в интенсивной терапии абстиненции при опийной наркомании: лечебный эффект и влияние на иммунный статус / С.М. Баннов, В.П. Лебедев // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 195-205.
11. Банов С.М. Возможности применения транскраниальной электростимуляции в интенсивной терапии абстиненции при опийной наркомании: лечебный эффект и влияние на иммунный статус / С.М. Баннов, В.П. Лебедев // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 195-205.
12. Белоцерковский З.Б. Адаптация спортсменов к выполнению специфических статических нагрузок / З.Б. Белоцерковский [и др.] // Теория и практика физической культуры.- 2000.- №7.- С. 46-48.
13. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов/З.Б. Белоцерковский. – 2-е изд., доп. – Москва: Советский спорт, 2009. – 348с.
14. Берест Д.Г. Применение транскраниальной электростимуляции (ТЭС-терапии) в лечении гастроэзофагеальной рефлюксной болезни / Д.Г. Берест [и др.] // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2009.- Т. 3.- С. 66-71.
15. Бирюкова Е.А. К вопросу оптимизации процессов восстановления в спорте / Е.А. Бирюкова, И.А. Котешева // Лечебная физкультура и спортивная медицина.- 2011.- № 11.- С. 57-62.



16. Браун Н.А. Эпидемиологическая характеристика нарушений венозного кровообращения у спортсменов ситуационных видов спорта / Н.А. Браун, И.Н. Калинина // Вестник ЮУрГУ. – 2006. - № 3. – С. 18-21.
17. Бураков А.М. Лечение аффективных нарушений у больных алкоголизмом в ремиссии с помощью транскраниального электрического воздействия / А.М. Бураков [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 498-510.
18. Быков Е.В. Сравнительная оценка изменений гемодинамики действующих и завершивших выступления спортсменов: дис. канд .мед. наук / Е.В. Быков.- Челябинск, 1996.- 171 с.
19. Вавилова В. П. Транскраниальная электростимуляция как метод реабилитации часто болеющих детей / В. П. Вавилова и др. // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования. том 3 – СПб, 2009. – С.289-298.
20. Виноградова О.Л. Использование метода транскраниальной электростимуляции для коррекции психофизиологического статуса спортсменов / О.Л. Виноградова [и др.] // Актуальные проблемы ТЭС-терапии. Международная конференция, посвященная методу ТЭС.- СПб, 2008.- С. 22-23.
21. Виноградова О.Л. Использование метода транскраниальной электростимуляции для коррекции психофизиологического статуса спортсменов / О.Л. Виноградова [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2009.- Т. 3.– С. 256-273.
22. Воробьев А.Н. Тяжелоатлетический спорт. Очерки по физиологии и спортивной тренировке / А.Н. Воробьев.- М.: Физкультура и спорт, 1977.- 255 с.
23. Гаврилова Е.А. Спортивное сердце. Стрессорная кардиомиопатия / Е.А. Гаврилова.- М.: Советский спорт, 2007.- 200 с.

24. Гаманилина М.А. Применение метода транскраниальной электростимуляции в процессе подготовки спортсменов / М.А. Гаманилина, А.В. Калинин // Актуальные проблемы ТЭС-терапии. Международная конференция, посвященная методу ТЭС.- СПб, 2008.- С. 25-26.
25. Гарганеева Н.П. Адаптационные возможности спортсменов с признаками дисплазии соединительной ткани сердца в зависимости от типа кровообращения, уровня физической работоспособности и спортивной специализации / Н.П. Гарганеева [и др.] // Кубанский научный медицинский вестник.- 2009.- №6 (111).- С. 30-34.
26. Гарганеева Н.П. Оценка состояния центральной гемодинамики и физической работоспособности у спортсменов с признаками дисплазии соединительной ткани сердца / Н.П. Гарганеева, И.Ф. Таминова, И.Н. Ворожцова // Сибирское медицинское обозрение.- 2010.- Т. 61.- № 1.- С. 32-35.
27. Гарганеева Н.П. Функциональные особенности сердечно-сосудистой системы у квалифицированных спортсменов разных видов спорта в зависимости от интенсивности и типа физической нагрузки / Н.П. Гарганеева [и др.] // Сибирский медицинский журнал (г. Томск). 2012.- Т. 27.- № 4.- С. 47-51.
28. Голиков А.П. Влияние транскраниальной электростимуляции опиоидных систем на репаративные процессы у больных инфарктом миокарда / А.П. Голиков [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 432-439.
29. Горбанева Е.П. Физиологические механизмы и характеристики функциональных возможностей организма человека в процессе адаптации к специфической мышечной деятельности: автореф. дис...докт.мед.наук/Е.П. Горбанева, Волгоград, 2012. – 49с.
30. Городниченко Э.А. Общие закономерности возрастно-половых адаптационных реакций сердечно-сосудистой системы при статических

нагрузках / Э.А. Городниченко // Успехи современного естествознания. - 2008. - № 5. - С. 90-91.

31. Гувакова И. В. Нарушения вегетативного статуса у спортсменов ациклических видов спорта и их коррекция средствами технологии игрового биоуправления и транскраниальной стимуляции / И. В. Гувакова, Л. А. Кузнецова // Бюллетень сибирской медицины. – 2010. – Т. 9. – №. 2. – С. 68-72.

32. Гувакова И.В. Опыт применения транскраниальной электростимуляции, игрового биоуправления и стимула в коррекции вегетативного статуса у спортсменов-единоборцев / И.В. Гувакова // Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений.- Омск: Изд-во СибГУФК, 2013.- С. 157-168.

33. Гурова М.Б. Электрофизиологические особенности нервно-мышечной системы при силовой тренировке различной направленности / М.Б. Гурова, Л.В. Капилевич, Т.Г. Неупокоев // Теория и практика физической культуры.- 2010.- № 10.- С. 46-49.

34. Гурова М.Б. Электрофизиологические характеристики нервно-мышечной системы у спортсменов в тренировочном процессе различной направленности: автореф. дис. канд. биол. наук / М.Б. Гурова.- Томск, 2011.- 24 с.

35. Дембо А.Г. Спортивная кардиология / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский.- Л.: Медицина, 1989.- 138 с.

36. Дробышев В.А. Применение транскраниальной электростимуляции и игрового биоуправления в коррекции вегетативных изменений у атлетов циклических видов спорта / В.А. Дробышев, И.В. Гувакова, Л.А. Кузнецова // Сибирское медицинское обозрение.- 2010.- Т. 64.- № 4.- С. 73-77.

37. Евсеев Е.А. Применение транскраниальной электростимуляции в практике врача скорой помощи: противоболевой, гипотермический и антистрессорный эффекты / Е.А. Евсеев [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 489-497.

38. Емельянов Д.Н. Применение ТЭС-терапии в лечении хронических диффузных заболеваний печени / Д.Н. Емельянов, А.В. Тумаренко // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2009.- Т. 3.- С. 124-134.
39. Енин Л.Д. Периферический компонент анальгетического действия транскраниальной электростимуляции / Л.Д. Енин, В.П. Лебедев // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 149-160.
40. Еремеев С.И. Динамика активности модуляторов ритма мозга у спортсменов в соревновательном периоде макроцикла по данным спектрального анализа количественных электроэнцефалограмм и ее регуляция средством нейробиоуправления / С. И. Еремеев, О. В. Еремеева, В. С. Кормилец // Вестник Югорского гос. ун-та. – 2008. – Т. 11. – №. 4. – С. 35-43.
41. Еремеева О. В. Частота типов электроэнцефалограммы у спортсменов высокой квалификации в возрасте 18–25 лет / О. В. Еремеева, С. И. Еремеев // Научный медицинский вестник Югры. - № 1–2 (5–6). 2014 – С. 48-50.
42. Заболотных И.И. Эффективность лечения больных с психоорганическим синдромом различной этиологии с помощью транскраниального электровоздействия / И.И. Заболотных [и др.] // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2005.- С. 478.
43. Замчий Т.П. Морфологические, функциональные и психологические особенности спортсменов и спортсменок силовых видов спорта с позиций полового диморфизма / Т.П. Замчий, Ю.В. Корягина // Лечебная
44. Замчий Т.П. Особенности региональной гемодинамики спортсменов, развивающих выносливость, силу и силовую выносливость / Т.П. Замчий, Ю.П. Салова, Ю.В. Корягина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. - 2012. - № 7. - С. 23-27.
45. Замчий Т.П. Морфофункциональные аспекты адаптации к силовым видам спорта: монография / Т.П. Замчий, Ю.В. Корягина.- Омск: Изд-во СибГУФК, 2012.- 156 с.

- 46.Замчий Т.П. Состояние церебральной гемодинамики у тяжелоатлетов в покое и при задержке дыхания / Т.П. Замчий, Ю.В. Корягина // Физкультурное образование Сибири. - 2012. - Т. 29. - № 1. - С. 53-56.
- 47.Замчий Т.П. Половые особенности вегетативных реакций на соревновательную нагрузку у спортсменов, занимающихся тяжелой атлетикой / Т.П. Замчий, Ю.В. Корягина, М.Х. Спатаева // Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений. - 2013. - Т. 1, № 1. - С. 43-50.
- 48.Замчий Т. П. Функциональная характеристика системы кровообращения пауэрлифтеров высокой квалификации / Т. П. Замчий, М. В. Кузин, М. Х. Спатаева // Омский научный вестник. – 2014. – №. 4 (131).- С.125-128.
- 49.Зюзина Н. А. Повышение Эффективности гипотензивной терапии с помощью транскраниальной электростимуляции / Зюзина Н. А., Елисеева Л. Н., Каде А. Х. // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования. том 3 – СПб, 2009. – С.237-243.
- 50.Земцовский Э.В. Функциональная диагностика состояния вегетативной нервной системы / Э.В. Земцовский [и др.]- СПб.: ИНКАРТ, 2004.- С. 56-67.
- 51.Зинурова Н.Г. Особенности адаптации сердечно-сосудистой и постуральной систем спортсменов, занимающихся сложно-координационными видами спорта, к физическим нагрузкам по результатам факторного анализа / Н.Г. Зинурова // Актуальные проблемы подготовки и сохранения здоровья спортсменов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 40-летию кафедры спортивной медицины и физической реабилитации (г. Челябинск, 20 декабря 2013г.) / Под ред. Е.В. Быкова. – Челябинск: УралГУФК, 2013.- С.161-166.
- 52.Иванова Н.В. Оценка функционального состояния кардиореспираторной системы спортсменов с различной спецификой мышечной деятельности в соревновательном периоде подготовки / Н.В. Иванова // Вестник спортивной науки.- 2011.- № 1.- С. 64-68.

- 53.Иванова Н.В. Функциональное состояние кардиореспираторной системы спортсменов с различной спецификой мышечной деятельности в подготовительном и соревновательном периодах подготовки : дис. канд. биол. наук / Н.В. Иванова.- Москва: Всерос. науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта, 2010.- 182 с.
- 54.Ильин Е. П. Психомоторная организация человека / Е. П Ильин. – М.: 2003. – 384 с.
- 55.Исаев А.П. Особенности сократительных и релаксационных характеристик мышц у спортсменов высоких квалификаций различных видов спорта / А.П. Исаев [и др.] // Теория и практика физ. культуры : тренер : журнал в журнале. - 2006. - N 1. - С. 28-33.
- 56.Калабин О. В. Показатели вариабельности сердечного ритма у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом, в зависимости от квалификации / О.В. Калабин, А.П. Спицин // XII-ой открытой итоговой научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Молодежь и медицинская наука в XXI веке».- 2011.- С. 178.
- 57.Калинин А.В. Применение транскраниальной электростимуляции в процессе подготовки спортсменов-единоборцев / А.В. Калинин, В.П. Лебедев, С.Ф. Лейкин // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 151-155.
- 58.Касаткин С.Н. Влияние ТЭС-терапии на клиничко-лабораторные показатели при гастродуоденальных язвах / С.Н. Касаткин, А. А. Панов, С.Г. Касаткина // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2009.- Т. 3.- С. 84-91.
- 59.Каташинский Н. В. и др. Нестабильность навыков: характеристики мозговых настроек //Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. – 2010. – №. 1. - <http://cyberleninka.ru/article/n/nestabilnost-navykov-harakteristiki-mozgovyh-nastroek>

60. Кирьянова М.А. Методика комплексной оценки центрального и периферического кровообращения квалифицированных спортсменов с учетом специфики мышечной деятельности / М.А. Кирьянова, И.Н. Калинина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011. - № 4(88). – С. 13-19.
61. Ковалев М.Г. Сравнительное экспериментальное изучение анальгетического эффекта нового метода транскраниального электровоздействия и метода лиможа / М.Г. Ковалев // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005а.- Т. 1.- С. 76-78.
62. Ковалев, М. Г. Возможности применения метода транскраниальной электроаналгезии в торакальной и абдоминальной хирургии / М. Г. Ковалев, А. В. Лебедева, В. П. Лебедев и др. // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб., 2005б. – С. 259–295.
63. Коломиец О.И. Механизмы регуляции сократительной функции сердца у спортсменов различных видов спорта / О. И. Коломиец, Е. Ф. Орехов, Е. В. Быков // Научно-теоретический журнал «Ученые записки», № 12 (118) – 2014. - С. 103-109.
64. Корягина Ю.В. Физиология силовых видов спорта / Ю.В. Корягина. - Омск, 2003 - 55 с.
65. Корягина Ю.В. Аппаратно-программный комплекс «Спортивный психофизиолог» // Ю.В. Корягина, С.В. Нопин / Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. -2011. - № 1. - С. 308.
66. Корягина Ю.В. Особенности процессов восприятия времени и пространства и их ритмическая организация у спортсменов / Ю.В. Корягина // Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Томский государственный университет. Томск, 2007. – 343 с.
67. Корягина Ю.В. Медико-биологические средства повышения работоспособности и восстановления спортсменов / Ю.В. Корягина, Л.Г.

Рогулева, Т.П. Замчий, К.С. Зайцев // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 10–8. – С. 1753-1757.

68.Корягина Ю.В. Аппаратно-программные комплексы исследования психофизиологических особенностей спортсменов / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин // *Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений*. - 2013. - Т. 1. № 1. - С. 70-78.

69.Корягина Ю.В. Физиологические эргогенные средства: современные тенденции в подготовке спортсменов / Ю.В. Корягина, Е.А. Реуцкая, Л.Г. Рогулева, С.В. Нопин // *Теория и практика физической культуры*. - 2015. - № 4. - С. 14-17.

70.Коц Я.М. Спортивная физиология / Я.М. Коц - М.: Физкультура и спорт, 1998.- 200 с.

71.Корюкалов Ю.И. Синхронизация альфа- и бета-ритмов ЭЭГ при локальной мышечной деятельности / Ю.И. Корюкалов // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 8 – С. 74-78.

72.Красюков А.В. Влияние транскраниальной электростимуляции в анальгетическом режиме на соматосимпатические рефлексy / А.В. Красюков, В.П. Лебедев, Я.С. Кацнельсон, А.Б. Фан // *Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей*. – СПб., 2005б. – С. 183–194.

73.Кривец Е.В. Срочные реакции мозгового кровообращения на задержку дыхания у спортсменок, занимающихся синхронным плаванием / Е.В. Кривец // *Физическое воспитание студентов*.- 2001.- № 1.- С. 3-6.

74.Кудря О.Н. Влияние физических нагрузок разной направленности на вариабельность ритма сердца у спортсменов/ О.Н. Кудря // *Бюллетень Сибирской медицины*. – 2009. - № 1. – С. 36-43.

75.Кудря О.Н. Вегетативное обеспечение мышечной деятельности у спортсменов: монография/О.Н. Кудря. – Омск: СибГУФК, 2011. – 200 с.



- 76.Кудря О.Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к нагрузкам разной направленности / О.Н. Кудря, Л.Е. Белова, Л.В. Капилевич // Вестник ТГУ. – 2012а. – №3(356). – С. 162–166.
- 77.Кудря О.Н. Механизмы адаптации аппарата кровообращения у спортсменов к нагрузкам разной направленности / О.Н. Кудря, Л.В. Капилевич // VII Сибирский съезд физиологов. Материалы съезда / Под ред. Л.И. Афтанаса, В.А. Труфакина, В.Т. Манчука, И.П. Артюхова. – Красноярск, 2012б. – С. 275-276
- 78.Кудря О.Н. Особенности периферической гемодинамики спортсменов при адаптации к нагрузкам различной направленности / О.Н. Кудря, М.А. Кирьянова, Л.В. Капилевич // Бюллетень сибирской медицины.- 2012 в.- № 3. - С. 48-53.
- 79.Кужугет А.А. Функциональные особенности внешнего дыхания и кровообращения у спортсменов в зависимости от квалификации / А.А. Кужугет, В.Б. Рубанович, А.М. Михайлов // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Психолого-педагогические и медико-биологические проблемы ФКС и Т. - 2010а. - С. 160-164.
- 80.Кужугет А.А. Функциональные особенности внешнего дыхания и кровообращения у спортсменов в зависимости от квалификации / А.А. Кужугет, В.Б. Рубанович, А.М. Михайлов // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Психолого-педагогические и медико-биологические проблемы ФКС и Т. - 2010б. - С. 160-164.
- 81.Кулагина Н.В. Восстановительное немедикаментозное лечение после органосберегающих операций на матке / Н.В. Кулагина [и др.] // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2009.- Т. 3.- С. 189-193.
- 82.Лебедев В.П. Транскраниальная электростимуляция: новый подход / В.П. Лебедев // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 22-38.
- 83.Лебедев В.П. Транскраниальная электростимуляция угнетает вызванную стрессом экспрессию C-FOS в отдельных областях мозга крыс / В.П. Лебедев,

Козловски Дж. П. // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 163-183.

84.Лебедев В.П. Влияние неинвазивной транскраниальной электростимуляции на утомление и связанные с ним психофизиологические показатели состояния человека / В.П. Лебедев [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 69-93.

85.Лебедев В.П. Разработка и обоснование лечебного применения транскраниальной электростимуляции защитных механизмов мозга с использованием принципов доказательной медицины / В.П. Лебедев, В.И. Сергиенко // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 11-68.

86.Лебедев В.П. Транскраниальная электростимуляция как активатор репаративной регенерации: от эксперимента к клинике / В.П. Лебедев, В.И. Сергиенко // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 293-301.

87.Лебедев В.П. Наркоз лабораторных животных при сочетанном воздействии постоянного и импульсного токов / Лебедев В.П. [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 58-61.

88.Лебедев В.П. Экспериментальная терапия алкогольного цирроза печени с помощью транскраниальной электростимуляции эндорфинных структур мозга / В.П. Лебедев [и др.] // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2009.- Т. 3.- С. 112-119.

89.Леоско В.А. Основные характеристики электрических воздействий и типы аппаратов для транскраниальной электроанальгезии / В.А. Леоско, Г.И. Шлемис, А.Л. Барановский // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 73-76.

- 90.Литвинцев С.В. Применение транскраниальной электростимуляции эндорфинных структур мозга при коррекции психоэмоционального состояния лиц, перенесших экстраординарную психическую травму / С.В. Литвинцев [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 131-137.
- 91.Лунина Н. В. Особенности вегетативного статуса спортсменов-пауэрлифтеров в период предсоревновательной подготовки / Н. В. Лунина // Актуальные проблемы современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции. 13-14 декабря 2013 г.: в 4 ч. Ч.1 / отв. ред. А.А. Сукиасян. - Уфа: РИЦ БашГУ, 2013.. – 2013. – С. 166-169.
- 92.Малинский И.И. Компоненты аэробной производительности квалифицированных борцов, как фактор индивидуализации их подготовки / И.И. Малинский // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. наук. пр. під ред. Єрмакова С.С.. - Харків: ХХПІ, 2000. - №2. -С.42-48.
- 93.Маркина Л.Д. Поддержание оптимального уровня адаптации методом транскраниальной электростимуляции / Л.Д. Маркина, Е.А. Кратина // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 172-178.
- 94.Мацевский В.П. Методика формирования силовых способностей у спортсменов-пауэрлифтеров / В.П. Мацевский, М.Б. Гурова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти В.С. Пирусского: «Физическая культура, здравоохранение и образование».- Томск.- 2010.- С. 160-163.
- 95.Медведев О.С. Экспериментальное изучение влияния транскраниальной электроанальгезии на некоторые показатели системной и регионарной гемодинамики / О.С. Медведев [и др.] // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 194-196.

96. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. - М.: Медицина, 1988. - 256 с.
97. Меерсон Ф.З. Развитие адаптации к стрессу в результате курса транскраниальной электростимуляции. / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова с соавт. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 1994. - №1. - С.16-18.
98. Мешавкин В.К. Повышение физической работоспособности под влиянием транскраниальной электростимуляции / В.К. Мешавкин, А.В. Торопов, Н.В. Кост с соавт. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 1996. - №8. - С.128-130.
99. Милостной Ю.П. Особенности гемодинамики и эмоционального состояния у дзюдоистов после интенсивной нагрузки и их коррекция с использованием транскраниальной электростимуляции : дис. канд. биол. наук / Ю.П. Милостной.- Курск, 2007.- 157 с.
100. Мирошникова В.В. Транскраниальная электростимуляция в комплексном лечении хронической ежедневной боли / В.В. Мирошникова, В.А. Рыбак, В.П. Лебедев // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С.220-226.
101. Мишустин В.Н. Управление тренировочными нагрузками тяжелоатлетов с использованием показателей адаптации сердечно-сосудистой системы к натуживанию / В.Н. Мишустин, В.М. Ченегин, Е.Д. Докучаев // Совершенствование управления многолетним процессом становления спортивного мастерства: сб. науч. трудов, Волгоград. - 1994. - С. 122-130.
102. Нижниченко Д.А. Особенности адаптационных реакций сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма пауэрлифтеров на физическую нагрузку на этапе предварительной базовой подготовки / Д.А. Нижниченко // Физическое воспитание студентов творческих специальностей.- 2009.- № 1.- С. 109-115.

103. Окулов Т.С. Реакция сердечно-сосудистой системы на дозированные изометрические нагрузки у квалифицированных спортсменов / Т.С. Окулов, М.Н. Кондратьева, С.Л. Совершаева // Экология человека.- 2009.- № 2.- С. 50-52.
104. Павлов В.И. Дифференцированное определение функциональных резервов спортсменов в условиях максимального кардиореспираторного теста / В.И. Павлов, М.В. Шаройко, А.В. Пачина и др. // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2010. – № 9 (81). – С. 28 – 34.
105. Павлов, В. А. Влияние транскраниальной электростимуляции на опиодные системы и течение инфаркта миокарда : автореф. дис. канд. мед. наук / В. А. Павлов. – М., 1989. – 17 с.
106. Панасюк И.Я. Эффективность транскраниальной электростимуляции мозга в коррекции болевых синдромов и психовегетативного статуса при лечении поясничной дорсопатии / И.Я. Панасюк, А.А. Шутов, Ю.В. Каракулова // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2009.- Т. 3.- С. 47-51.
107. Панков В.А. Адаптация сердечно-сосудистой системы к соревновательным упражнениям в пауэрлифтинге / В.А. Панков, Е.С. Тришин // Вестник спортивной науки.- 2010.- №5.- С. 34-35.
108. Пинигина И.А. Типологические предикторы склонности к формированию гипертрофии левого желудочка при занятиях спортом в условиях Севера / И.А. Пинигина, С.Г. Кривощёков // VII Сибирский съезд физиологов. Материалы съезда / Под ред. Л.И. Афтанаса, В.А. Труфакина, В.Т. Манчука, И.П. Артюхова. – Красноярск, 2012. – С. 421-422.
109. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения./ В. Н. Платонов. – М.: Советский спорт , 2005. – 820 с.
110. Платонов, В. Н. Теория адаптации и резервы совершенствования системы подготовки спортсменов (часть 1) / В. Н. Платонов // Вестник спортивной науки. – М., 2010. - № 2. – С. 8 – 14.

111. Пономаренко Г.Н. Биофизические основы физиотерапии: Учебное пособие / Г.Н. Пономаренко, И.И. Турковский. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2006. – 176 с.
112. Романенко В. А. Реакция организма дзюдоистов 12-13 лет на специфические тренировочные нагрузки / В. А. Романенко и др. //Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2010. – №. 2. - С.122-125.
113. Ростовцев В.Л. Биологическое обоснование технологии применения внутренировочных средств для повышения работоспособности спортсменов высокой квалификации: автореф.дис...докт.биолог.наук/ В.Л. Ростовцев. – М.: ВНИИФК, 2008. – 45с.
114. Рыбак В.А. Транскраниальная стимуляция в лечении предменструального синдрома / В.А. Рыбак, О.В. Курушина // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2009.- Т. 3.- С. 159-164.
115. Савин А. А. Влияние острого физического утомления на показатели стабильности у борцов высокого класса / А. А. Савин, Л. В. Емельянова, А. А. Мельников //Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. – Т. 110. – №. 9.- С.155-158.
116. Сазонова Е.А. Особенности биоэлектрической активности головного мозга спортсменов некоторых видов спорта / Е.А. Сазонова // Актуальные проблемы подготовки и сохранения здоровья спортсменов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 40-летию кафедры спортивной медицины и физической реабилитации (г. Челябинск, 20 декабря 2013г.) / Под ред. Е.В. Быкова. – Челябинск: УралГУФК, 2013.- С.454-456.
117. Сахибгареев Р.М. Психомоторные показатели пауэрлифтеров различной квалификации в переходном цикле //Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Физическая активность подрастающего поколения и взрослого населения России: вовлечение в физкультурно-

спортивную деятельность».-Санкт-Петербург: ФГУ СПбНИИФК, 2010.-130 с. – 2010. – С. 90-93.

118. Сеин О.Б. Коррекция гемодинамики и эмоционального состояния у дзюдоистов после физических нагрузки с использованием транскраниальной электростимуляции / О.Б. Сеин, В.А. Иванов, Ю.П. Милостной // Актуальные проблемы ТЭС-терапии. Международная конференция, посвященная методу ТЭС.- СПб, 2008.- С.103-105.

119. Сеин О.Б. Коррекция гемодинамики у дзюдоистов после физических нагрузок / О.Б. Сеин, В.А. Иванов, Ю.П. Милостной // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2009.- Т. 3– С. 274-281.

120. Сеин, О.Б. Способ восстановления организма борцов после максимальной и субмаксимальной нагрузки / О.Б. Сеин, В.А. Иванов, Ю.П. Милостной [и др.]. Патент на изобретение № 2239465. - 2004.

121. Сентябрёв Н.Н. Актуальные проблемы управления психофункциональными состояниями в спорте / Н.Н. Сентябрёв // Теория и практика физической культуры. -2010. -№ 8. -С. 47-50.

122. Синяков А.Ф. Реакция на натуживание у тяжелоатлетов по данным измерения артериального давления и частоты сердечных сокращений / А.Ф. Синяков, С.В. Степанова // Клинико-физиологические характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов: сборник посвящ. 25-летию кафедры спортивной медицины им. проф. В.Л. Карпмана / .- М.: РГАФК, 1994.- С. 79-82.

123. Солодков А.С. Адаптация к мышечной деятельности - механизмы и закономерности / А. С. Солодков // Физиология в высших учебных заведениях России и СНГ/ СПб., ГМУ им. Павлова. - 1998. - С.75-77.

124. Солодков А. С. Адаптивные изменения функций организма при мышечной деятельности / А. С. Солодков // Физиология мышечной деятельности: Тез. докл. Междунар. конф.-М.: МГУ. – 2000. – С. 135-136.

125. Солодков А.С. Итоги и перспективы исследований проблемы адаптации в спорте / А.С. Солодков // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.- 2005.- № 18.- С. 65-75.
126. Солодков А. С. Некоторые итоги исследований физиологической адаптации в спорте / А. С. Солодков // Теория и практика физической культуры. – 2006. – №. 10. – С. 42-44.
127. Солопов И.Н. Изменение параметров гемодинамики у спортсменов при предельных физических нагрузках в жарком климате с помощью эргогенических средств / И.Н. Солопов, В.П. Катунцев, А.Г. Камчатников, Н.Н. Сентябрев, Е.П. Горбанева, А.Р. Джураев // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 6. - С. 1386.
128. Спатаева М.Х. Функциональное состояние тяжелоатлетов в условиях соревновательной деятельности / М.Х. Спатаева, Т.П. Замчий, Ю.В. Корягина // Физкультурное образование Сибири. - 2012. - Т. 29, № 1. С. 69-71.
129. Спатаева М.Х. Стратегия подготовки спортсменов в пауэрлифтинге / М.Х. Спатаева, Т.П. Замчий. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2013. – 108 с.
130. Спицин А.П. Особенности регионального кровообращения у спортсменов, занимающихся силовым троеборьем (пауэрлифтингом) / А.П. Спицин, О.В. Калабин // Новые исследования.- 2011.- Т. 1.- № 28.- С. 75-82.
131. Стаценко Е.А. Использование седативных средств с целью поддержания процессов восстановления после стрессовых физических нагрузок / Е.А. Стаценко [и др.] // Военная медицина.- 2009.- № 4 (13).- С. 116-118.
132. Сысоев В.Н. Оптимизация военно-профессиональной адаптации курсантов военного вуза с использованием ТЭС- терапии / В.Н. Сысоев, А.С. Ковалев // Актуальные проблемы ТЭС-терапии. Международная конференция, посвященная методу ТЭС.- СПб, 2008.- С. 117-119.
133. Сысоев В.Н. Транскраниальная электростимуляция мозга оптимизирует процесс профессиональной адаптации молодого поколения армии / В.Н. Сысоев // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 138-150.



134. Таминова И.Ф. Оценка аэробного энергообразования и уровня физической работоспособности по результатам велоэргометрии у высококвалифицированных спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса / И.Ф. Таминова, Н.П. Гарганеева, И.Н. Ворожцова // Сибирский медицинский журнал (г. Томск).- 2008.- Т. 23.- № 2.- С. 66-68.
135. Таминова И.Ф. Особенности сердечно-сосудистой системы и физической работоспособности у спортсменов высокой квалификации с разной спецификой видов спорта / И.Ф. Таминова // Сибирское медицинское обозрение.- 2009.- Т. 55.- № 1.- С. 73-77.
136. Тарасова С.В. Лечение хронической ежедневной головной боли флувоксамином, amitриптилином и транскраниальной электростимуляцией мозга / С.В. Тарасова, А.В. Амелин, А.А. Скоромец // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2009.- Т. 3.- С. 29-36.
137. Уразаева Ф.Х. Комплексная реабилитация эмоционально-аффективных нарушений с использованием транскраниальной электростимуляции и бинауральных ритмов / Ф.Х. Уразаева, К.Ф. Уразаев // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2009.- Т. 3.- С. 60-65.
138. Фарфель В.С. Физиологические основы классификации спортивных упражнений/В.С. Фарфель//Руководство по физиологии: Физиология мышечной деятельности, труда и спорта. Ленинград: Наука, 1969. – С. 425-439.
139. Филина Н.Ю. Немедикаментозная коррекция церебральных нарушений у детей с сахарным диабетом 1-го типа / Н.Ю. Филина, Н.В. Болотова, В.Ю. Манукян с соавт. // Журнал неврологии и психиатрии. – 12. – 2009. - С.66-70.
140. Фомина Е. В. Функциональная асимметрия мозга и адаптация человека к экстремальным спортивным нагрузкам : дис. – Елена Валентиновна Фомина.–Тюмень: Тюм. гос. ун-т,–2006.–40 с, 2006.
141. Фудин, Н. А. Функциональная самоорганизация тренировочной деятельности спортсменов как основа их спортивной результативности / Н.

- А. Фудин, С. Я. Классина // Вестник новых медицинских технологий. Электронный журнал. - Тула, 2013. – Том 7. - №1. – С. 76.
142. Хало П. В., Бородянский Ю. М. ЭЭГ-корреляты активации резервных возможностей организма //Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2014. – №. 10 (159).- С.24-32.
143. Шайхиев Р. Р. Особенности показателей частоты сердечных сокращений лиц, занимающихся каратэ и национальной борьбой" курэш" //Филология и культура. – 2007. – №. 9-10.
144. Шаляпина В.Г. Стресс как фактор нейроэндокринной патологии / В.Г. Шаляпина // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 50-58.
145. Шевченко А.Ю. Сравнительная характеристика основных параметров variability сердечного ритма у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса: автореф. дис. канд. биол. наук /А.Ю. Шевченко.- Ярославль, 2006.- 18 с.
146. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: монография/Н.И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский университет, 2009. – 255с.
147. Шлык Н.И. Об особенностях ортостатической реакции у спортсменов с разными типами вегетативной регуляции/Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова, Т.Г. Кириллова, А.П. Жужгов//Вестник Удмуртского университета: Биология. Науки о земле. – 2012. - № 1. – С. 114-125.
148. Шмырев В.И. Транскраниальная электростимуляция в комплексном лечении нарушений венозного кровообращения мозга / В.И. Шмырев, Н.В. Бабенков // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 2.- С. 254-259.
149. Шубин К.М. Функциональное состояние отдельных систем организма у юных тяжелоатлетов: Автореф. дис. канд. биол. наук / К.М. Шубин. - Краснодар. - 2004. – 21 с.

150. Царанков В. Л. Комплексный контроль в управлении тренировочным процессом / В.Л. Царанков, В.М. Степанцов, В.Н. Борсук. – 2013. Здоровье для всех: материалы V Международной научно-практической конференции, УО “Полесский государственный университет”, г. Пинск, 25 – 26 апреля 2013 г.: в 2 ч. Ч.2 / Национальный банк Республики Беларусь [и др.]; редкол.: К.К. Шебеко [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2013. – С. 234-237.
151. Эрлих В.В. Состояние гомеостаза и физической работоспособности юных тяжелоатлетов в процессе подготовки к соревнованиям / В.В. Эрлих, А.П. Исаев, Р.В. Хоменко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура.- 2011.- № 20 (237).- С. 26-33.
152. Angelakis E. Transcranial electrical stimulation: methodology and applications / E. Angelakis, E. Liouta // Journal of Neurotherapy.- 2011.- V. 15.- P. 337-357.
153. Enriquez-Geppert S. Boosting brain functions: Improving executive functions with behavioral training, neurostimulation, and neurofeedback / S. Enriquez-Geppert, R.J. Huster, C.S. Herrmann // International Journal of Psychophysiology. – 2013. – Vol. 88 (1). - P. 1-16.
154. Costill D. L. Physiology of sport and exercise / D. L. Costill, J. H. Wilmore, W. L. Kenney. - Human Kinetics. – 2012. - 640 p.
155. Gabis L. Immediate influence of transcranial electrostimulation on pain and beta-endorphin blood levels: an active placebo-controlled study / L. Gabis, B. Shklar, D. Geva // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. -2003. - 82(2). – P. 81-85.
156. Gabis L. Immediate Influence of Transcranial Electrostimulation on Pain and  $\beta$ -Endorphin Blood Levels. An Active Placebo-Controlled Study / L. Gabis, B. Shklar, D.Geva // Транскраниальная электростимуляция.- СПб., 2009.- Т. 3.- С. 52-59.

157. García-Pallarés J. et al. Physical fitness factors to predict male Olympic wrestling performance / J. García-Pallarés et al. // *European journal of applied physiology*. - 111.8. – 2011. – P. 1747-1758.
158. Goodall S. Supraspinal fatigue after normoxic and hypoxic exercise in humans / S. Goodall, J.Gonzalez-Alonso, L.Ali et al. // *Journal of Physiology*. – 2012a. - V. 590. - P. 2767-2782.
159. Goodall S. Transcranial magnetic stimulation in sport science: A commentary / S. Goodall [et al.] // *European Journal of Sport Science*, 2012b. - P.1-9.
160. Culbertson J. Y. Effects of Beta-Alanine on Muscle Carnosine and Exercise Performance: A Review of the Current Literature / J.Y. Culbertson, R. B. Kreider, M. Greenwood, M. Cooke // *Nutrients*. - 2010, № 2. – P. 75-98.
161. Guleyupoglu B. Classification of methods in transcranial Electrical Stimulation (tES) and evolving strategy from historical approaches to contemporary innovations / B.Guleyupoglu, P. Schestatsky, D. Edwards, F. Fregni, M. Bikson. // *Journal of Neuroscience Methods*. - 2013. – Vol. 219 (2). - P. 297-311.
162. Heller W. Regional brain activity and emotion: a framework for understanding cognition in depression / W. Heller , J.B. Nitchke // *Cognit. Emot.* - 1997.- Vol. 104. - P. 327-333.
163. Hollge J. Central fatigue in sports and daily exercises. A magnetic stimulation study / J. Hollge, M. Kunkel, U. Ziemann et al.// *International Journal of Sports Medicine*. - 1997. – V.18. – P. 614-617.
164. Horswill, Craig A. Applied physiology of amateur wrestling./ *Sports Medicine*. - 14.2. – 1992. – P. 114-143.
165. Hynynen E. Monitoring skier's stress and recovery – listen to the heart / E. Hynynen // 3<sup>rd</sup> International Congress on Science and Nordic Skiing - ICSNS 2015 5-8 of June 2015, Vuokatti, Finland. – 2015. - Vuokatti Sports Institute. – P. 25.
166. Kay, B. Hyperoxia during recovery improves peak power during repeated wingate cycle performance / B. Kay, S.R. Stannard, R.H. Morton // *Brazilian Journal of Biomotricity*. – 2008. – V. 2; I. 2; P. 92-100.

167. Kolosova L. I. Electrophysiological study of the effect of transcranial electrical stimulation on the effect of transcranial electrical stimulation on the functional recovery of the damaged sciatic nerve in the rat / L. I. Kolosova, V. P. Lebedev, G. N. Akoev et al. // Primary Sensory Neurone. – 1997. – № 2 (3). – P. 177–183.
168. Kirscha D. L. The use of cranial electrotherapy stimulation in the management of chronic pain: a review / D. L. Kirscha, R. B. Smith // NeuroRehabilitation. – 14. – 2000. – P. 85–94.
169. Kraemer W. The Physiological Basis of Wrestling: Implications for Conditioning Programs / W. J. Kraemer, J. D. Vescovi, P. Dixon. // Strength & Conditioning Journal. - 26.2. – 2004. – P. 10-15.
170. Semënov F. V. Analgesic effect of TES therapy in the early postoperative period in patients who underwent tonsillectomy / F. V. Semënov et al. // Vestnik otorinolaringologii. – 2012. – №. 3. – С. 44-47.
171. Koryagina Y. Psychophysiological Characteristics of Elite Powerlifter / Y. Koryagina, L. Roguleva, T. Zamchiy // 17 International scientific congress Olympic sport and sport for all. – Congress Proceeding. China. – Capital university of physical education and sport. - 2013.- P. 368.
172. Lee C.L. Effect of caffeine ingestion after creatine supplementation on intermittent high-intensity sprint performance / C.L. Lee, J.C. Lin, C.F. Cheng // Eur Journal Applied Physiology. - 2011. – V. 111. – P. 1669–1677.
173. McCormack W. P. Caffeine, energy drinks, and strength-power performance / W. P. McCormack, J. R. Hoffman // Strength and Conditioning Journal. - V. 34, № 4. - 2012. – P. 11-16.
174. Mirzaei B. Anthropometric and physical fitness traits of four-time World Greco-Roman wrestling champion in relation to national norms: A case study. / B. Mirzaei et al. // Journal of human sport & exercise. – V. 6, I. 2. - 2011. – P.406-413.
175. Paulus W. Transcranial electrical stimulation (tES – tDCS; tRNS, tACS) methods / W. Paulus // Neuropsychological rehabilitation.- 2011.- V. 21 (5).- P. 602-617.

176. Ross E. Z. Corticomotor excitability contributes to neuromuscular fatigue following marathon running in man / E. Z. Ross, N. Middleton, R. Shave et al. // *Experimental Physiology*. – 2007. V. 92. – P.417-426.
177. Ross E. Z. Muscle contractile function and neural control after repetitive endurance cycling / E. Z. Ross, W.Gregson, K.Williams et al. // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. - 2010. – V.42. – P. 206-212.
178. Schneiker K.T. Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes / K.T. Schneiker // *Med Science Sports Exercise*. – 2006. - V. 38. – P. 578–585.
179. Sidhu S. K. Cortical voluntary activation of the human knee extensors can be reliably estimated using transcranial magnetic stimulation / S. K. Sidhu, D. J. Bentley, T. J. Carroll // *Muscle & Nerve*, 2009. – V.39. – P. 186-196.
180. Shirreffs S.M. Fluid and electrolyte needs for training, competition and recovery / S.M. Shirreffs, M.N. Sawaka // *Journal of Sports Sciences*. - 2011. – V. 29. – P. 39–46.
181. Stellingwerff T. Nutrition for power sports: Middle-distance running, track cycling, rowing, canoeing/kayaking, and swimming /T. Stellingwerff, R. J. Maughan, L. M. Burke // *Journal of Sports Sciences*. – 2011.– V. 29 (1) .– P. 79–89.
182. Stellingwerff, T. Hyperoxia decreases muscle glycogenolysis, lactate production, and lactate efflux during steady-state exercise / T. Stellingwerff, P.J. Leblanc// *Hollidge Am J Physiol Endocrinol Metab*. - 2006. - 290. - P. 1180-1190.
183. Suchý, J. The effect of inhaling concentrated oxygen on performance during repeated anaerobic exercise / J. Suchý, J. Heller, V. Bunc // *Biol. Sport*. - 2010. - 27. – P. 169-175.
184. Takeda M. Resting heart rate as an index for monitoring physical condition during high altitude training incross-country skiers / M. Takeda // 3<sup>rd</sup> International Congress on Science and Nordic Skiing - ICSNS 2015 5-8 of June 2015, Vuokatti, Finland. – 2015. - Vuokatti Sports Institute. – P. 64.

185. Verin E. Effects of exhaustive incremental treadmill exercise on diaphragm and quadriceps motor potentials evoked by transcranial magnetic stimulation / E.Verin, E.Ross, A.Demoule et al. // Journal of Applied Physiology. – 2004. - V. 96. – P. 253-259.
186. Viganò A. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) of the visual cortex: a proof-of-concept study based on interictal electrophysiological abnormalities in migraine. / A. Viganò [et al.] // The journal of headache and pain. - 2013. – Vol. 14 (1). - P. 23.
187. Weicong X. The effects of a high dosage of creatine and caffeine supplementation on the lean body mass composition of rats submitted to vertical jumping training / X. Weicong, W. Hao // 17 International scientific congress Olympic sport and sport for all. 2013. – Congress Proceeding. China. – Capital university of physical education and sport. - P. 424.
188. Wilmore J.H. Physiology of Sport and Exercise (4th Edition) / J.H. Wilmore, D.L. Costill. - Human Kinetics, Champaign, 2007. – 549 p.
189. White P. F. Electroanalgesia: its role in acute and chronic pain management / Paul F. White [et al.] // Anesthesia and Analgesia. - 2001. V. 92. – P. 505–513.

## Приложения



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор СДЮСШОР №33

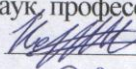
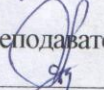
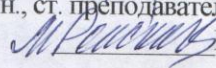
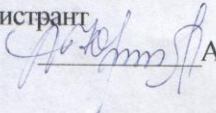

Е.М. Вставский

«28» апреля 2015 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт в том, что материалы диссертационной работы «Влияние транскраниальной электростимуляции на функциональное состояние спортсменов, занимающихся борьбой и силовыми видами спорта» аспирантки Рогулевой Л.Г. внедрены в процесс спортивной подготовки спортсменов силовых видов спорта на СДЮСШОР №33. Разработанные по результатам исследования практические рекомендации используются тренером-преподавателем высшей категории Матук С.В. в тренировочном процессе высококвалифицированных пауэрлифтеров. Применение разработанной методики транскраниальной электростимуляции у спортсменов способствует повышению адаптационного потенциала, специальной работоспособности, экономизации функций организма, ускорению процессов восстановления после тренировочных занятий и соревнований, улучшению спортивных результатов.

Авторы разработчики:

аспирант  Л.Г. Рогулевад-р биол. наук, профессор  
 О.В. КорягинаК.б.н., ст. преподаватель  
 Т.П. ЗамчийК.м.н., ст. преподаватель  
 М.С. РожковМагистрант  
 А.А. ЮренкоОт организации заказчика  
ответственный за внедрение:  
тренер-преподаватель высшей  
категории СДЮСШОР №33 С.В. Матук  
28.04.2015 г.



«УТВЕРЖДАЮ»  
Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВПО СибГУФК, д.п.н.,  
профессор

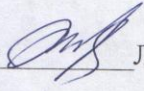
  
В.А. Аикин

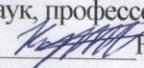
«28» апреля 2015 г.

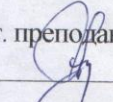
### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

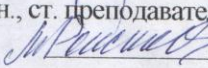
Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт в том, что материалы диссертационной работы «Влияние транскраниальной электростимуляции на функциональное состояние спортсменов, занимающихся борьбой и силовыми видами спорта» аспирантки Рогулевой Л.Г. внедрены в процесс спортивной подготовки борцов и спортсменов силовых видов спорта на кафедре теории и методики силовых видов спорта и единоборств СибГУФК. Разработанные по результатам исследования практические рекомендации используются преподавателями и студентами кафедры для повышения спортивного мастерства. Применение разработанной методики транскраниальной электростимуляции у борцов и спортсменов силовых видов спорта способствует повышению адаптационного потенциала, специальной работоспособности, экономизации функций организма, ускорению процессов восстановления после тренировочных занятий и соревнований.

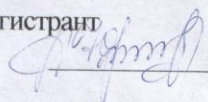
Авторы разработчики:

аспирант  Л.Г. Рогулева

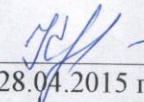
д-р биол. наук, профессор  
 Ю.В. Корягина

К.б.н., ст. преподаватель  
 Т.П. Замчий

К.м.н., ст. преподаватель  
 М.С. Рожков

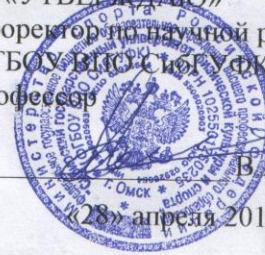
Магистрант  
 А.А. Юренко

От организации заказчика  
ответственный за внедрение:  
заведующий кафедрой теории  
и методики силовых видов  
спорта и единоборств  
СибГУФК, к.п.н., доцент

 Крикуха Ю.Ю.  
28.04.2015 г.



«УТВЕРЖДАЮ»  
 Проректор по научной работе  
 ФГБОУ ВПО «СибГУФК», д.п.н.,  
 профессор



В.А. Аикин

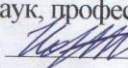
«28» апреля 2015 г.

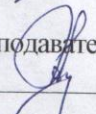
### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

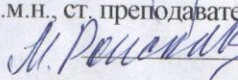
Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт в том, что материалы диссертационной работы «Влияние транскраниальной электростимуляции на гемодинамику и функциональное состояние спортсменов, занимающихся борьбой и силовыми видами спорта» аспирантки Роголевой Л.Г. внедрены в учебный процесс кафедры анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены СибГУФК. Полученные результаты используются для чтения лекций, проведения практических занятий и научно-исследовательской практики с магистрантами кафедры. Материалы используются в подготовке магистрантов направления подготовки 032300 «Физическая культура» профиля магистерской подготовки «Медико-биологическое сопровождение спорта высших достижений». Преподаватели кафедры используют разработанные материалы на занятиях по дисциплинам «Медико-биологические проблемы спорта высших достижений», «Физиологическое тестирование», «Общая и спортивная психофизиология».

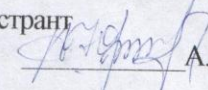
Авторы разработчики:

аспирант  Л.Г. Роголева

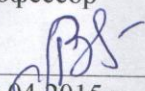
д-р биол. наук, профессор  
 Ю. В. Корягина

К.б.н., ст. преподаватель  
 Т.П. Замчий

К.м.н., ст. преподаватель  
 М.С. Рожков

Магистрант  
 А.А. Юренко

От организации заказчика  
 ответственный за внедрение:  
 заведующий кафедрой  
 анатомии, физиологии,  
 спортивной медицины и  
 гигиены СибГУФК, д.м.н.,  
 профессор

 Ляпин В.А.  
 28.04.2015 г.