

На правах рукописи



Гурова Мария Борисовна

**ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ У СПОРТСМЕНОВ  
В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ**

Специальность 03.03.01 – физиология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Томск – 2011

Работа выполнена на кафедре спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

**Научный руководитель:** доктор медицинских наук, профессор  
**Капилевич Леонид Владимирович**

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук, профессор  
**Васильев Владимир Николаевич**

доктор биологических наук, доцент  
**Ходанович Марина Юрьевна**

**Ведущая организация:** Научно-исследовательский институт  
физиологии СО РАМН (г. Новосибирск)

Защита состоится 21 декабря 2011 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.267.10 при ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Томского государственного университета.

Автореферат разослан «\_\_\_» ноября 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат биологических наук



Просекина Е.Ю.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Силовые способности – составная часть двигательных способностей человека. Во многих видах спорта они являются ведущим фактором, определяющим квалификацию спортсмена (Андреев В.Н., 2005). В то же время силовые способности неоднородны по своей природе, и у спортсменов разной специализации могут существенно различаться и по проявлениям, и по физиологическому обеспечению, и по методическим подходам к их развитию (Голованов С.А., 2010). Соответственно, в различных видах спорта и на различных этапах спортивного совершенствования предъявляются разные требования к спортсмену, поэтому проблема физиологического обоснования выбора тренирующих воздействий остается актуальной.

В настоящее время в литературе имеется немало сведений об изменениях функционального состояния центральной нервной системы и нервно-мышечного аппарата человека при статических (Люташин Ю.И., 2010; Мишустин В.Н., 2010) и динамических (Панков В.А., 2007; Beutler A.I., 2009) мышечных нагрузках. Однако проблема физиологического обеспечения двигательных действий у спортсменов, адаптированных к сложнокоординированной мышечной работе различной направленности, остается исследованной недостаточно.

Для физиологического контроля в спорте сегодня используется широкий арсенал методов, в эту сферу активно внедряются информационные технологии, что позволяет существенно ускорить процесс обработки и анализа полученной информации, повысить качество ее визуализации, сделав доступной не только для исследователя, но и для спортсмена (Капилевич Л.В., 2010). Наряду с традиционными электронейромиографическими методами (Николаев С.Г., 2003), значительные перспективы в исследовании физиологических основ двигательных способностей связывают с регистрацией вызванных потенциалов нервной системы (Замулина Е.В., 2007). Разработанные как методы функциональной диагностики поражений нервной системы на различных уровнях, эти методы сегодня активно внедряются в физиологию спорта, поскольку позволяют оценивать функциональные возможности и роль различных отделов нервной системы в формировании двигательных навыков (Капилевич Л.В., 2010).

Таким образом, актуальным остается исследование электрофизиологических характеристик нервно-мышечной системы при силовой тренировке у спортсменов с учетом специализации и уровня спортивного мастерства. Результаты таких исследований могут послужить основой для разработки практических рекомендаций по организации спортивного отбора на различных этапах спортивного совершенствования, для физиологического сопровождения тренировочного процесса и разработки методов оперативного контроля.

**Цель:** Исследовать электрофизиологические характеристики нервно-мышечной системы в тренировочном процессе у спортсменов в зависимости от специализации и уровня спортивного мастерства.

### **Задачи:**

1. Исследовать электрическую активность мышц в покое и при выполнении спортивных упражнений у спортсменов единоборцев и тяжелоатлетов разной квалификации.
2. Изучить особенности нервно-мышечной передачи у спортсменов единоборцев и тяжелоатлетов разной квалификации.
3. Выявить различия в характеристиках зрительных вызванных потенциалов головного мозга у спортсменов в зависимости от спортивной специализации и квалификации.
4. Исследовать структуру соматосенсорных вызванных потенциалов у спортсменов в зависимости от спортивной специализации и квалификации.
5. Изучить топическую характеристику соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга у спортсменов-единоборцев и тяжелоатлетов различной квалификации.

### **Научная новизна.**

Впервые проведено комплексное сравнительное исследование электрофизиологических характеристик нервно-мышечной системы при силовой тренировке у спортсменов единоборцев и тяжелоатлетов в зависимости от специализации и уровня спортивного мастерства. Показано, что для единоборцев характерно снижение амплитуды и частоты биоэлектрической активности мышц в покое, а также синхронизация работы двигательных единиц при выполнении ударных движений, проявляющаяся в значительном увеличении амплитуды осцилляций при снижении их частоты. У тяжелоатлетов способность к расслаблению выражена в меньшей степени, а при выполнении спортивной нагрузки наблюдается одновременное снижение амплитуды и частоты электромиограммы.

Впервые установлено, что у высококвалифицированных спортсменов-единоборцев наблюдаются более высокие показатели амплитуды М-ответа и более низкие латентного периода по сравнению с низкоквалифицированными спортсменами-единоборцами, а у тяжелоатлетов уже на ранних этапах спортивного совершенствования величина амплитуды и латентного периода М-ответа выше, чем у единоборцев.

Впервые показано, что у тяжелоатлетов с ростом спортивного мастерства наблюдается увеличение латентного периода и снижение амплитуды зрительных вызванных потенциалов, а у единоборцев, напротив, отмечается снижение латентного периода и увеличение амплитуды.

Впервые показано, что у единоборцев в процессе спортивного совершенствования наблюдается снижение латентных периодов и амплитуд соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга в затылочной области, в большей степени эти изменения выражены для компонентов, отражающих раннее наступление первичной корковой активации соматосенсорной зоны. У тяжелоатлетов в процессе роста квалификации характеристики соматосенсорных вызванных потенциалов не изменяются и, в итоге, амплитуда и латентный период их оказываются существенно выше, чем у единоборцев.

Показано, что у спортсменов-единоборцев выражены 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 также отмечаются признаки игнорирования качества поступающих стимулов в виде преобладания ранней позитивной волны во фронтальной области.

#### **Научно-практическая значимость:**

Полученные результаты раскрывают целый ряд важных аспектов функционирования различных отделов нервной системы и нервно-мышечного аппарата у спортсменов различных специализаций. В то же время, они могут послужить основой для разработки практических рекомендаций по организации спортивного отбора на различных этапах спортивного совершенствования, для физиологического сопровождения тренировочного процесса и разработки методов оперативного контроля:

- параметры М-ответа у тяжелоатлетов целесообразно использовать в целях первичного спортивного отбора и селекции;
- показатели интерференционной электромиографии при выполнении стандартных спортивных движений могут быть использованы как для оперативного контроля эффективности упражнений, так и для спортивной селекции на этапе спортивного совершенствования и высшего спортивного мастерства, как у тяжелоатлетов, так и у единоборцев;
- результаты исследования характеристик зрительных и соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга информативны у спортсменов высокой квалификации, причем преимущественно у единоборцев.

Данные о вовлечении систем внимания и распознавания стимулов могут быть полезны для организации психологического сопровождения спортивной тренировки. В частности, для спортсменов-единоборцев можно рекомендовать дополнительно включать в тренировочный процесс психологические тренировки и упражнения на развитие внимания и распознавание образов. У тяжелоатлетов, напротив, применение подобных тренировок может снизить результативность, для них рациональнее использовать упражнение на выработку стереотипных навыков.

Результаты диссертации внедрены в учебно-тренировочный процесс на факультете физической культуры Томского государственного университета, на кафедре спортивных дисциплин факультета физической культуры Томского политехнического университета, на кафедре физического воспитания и спорта Томского университета систем управления и радиоэлектроники, на кафедре биофизики и функциональной диагностики Сибирского государственного медицинского университета.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Физиологические изменения, обеспечивающие совершенствование силовой подготовленности спортсменов-тяжелоатлетов, преимущественно

сосредоточены в периферическом звене нервно-мышечной системы – на уровне самих мышц и нервно-мышечных контактов – и находят свое отражение в показателях электромиограммы при произвольных движениях и параметрах М-ответа. В то же время у спортсменов-единоборцев физиологические перестройки в равной степени затрагивают как периферические механизмы, так и центральное звено регуляции двигательной активности и находят свое отражение в параметрах зрительных и соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга.

2. Характер топического распределения соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга зависит от направленности тренировочного процесса: для спортсменов-единоборцев характерно преобладание ранней негативной волны во фронтальной области и снижение амплитуды и латентного периода вызванных потенциалов в затылочной области, что является признаками повышения произвольного и непроизвольного внимания, высокой готовности к распознаванию стимулов и двигательному акту. Для тяжелоатлетов, напротив, характерно преобладание позитивной волны во фронтальной области, что отражает игнорирование качества поступающих стимулов, а системы внимания задействованы в меньшей степени.

#### **Апробация и реализация работы:**

Основные результаты диссертации обсуждены на всероссийских и международных конгрессах: X Международный конгресс молодых учёных и специалистов «Науки о человеке» (Томск, 2009), «Физическая культура, здравоохранение и образование в свете идей выдающегося педагога В.С. Пирусского» (Томск, 2008, 2009, 2010), XXIII Съезд физиологического общества России (Калуга, 2010), «Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски решений» (Томск, 2007, 2008, 2009), V Международный конгресс «Человек, спорт, здоровье» (Санкт-Петербург, 2011 г.), XII Международный конгресс молодых учёных и специалистов «Науки о человеке» (Томск, 2011).

#### **Публикации:**

По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, из них 4 статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК.

#### **Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации:**

Автором самостоятельно разработано теоретическое обоснование физиологических подходов к оценке электрофизиологических характеристик нервно-мышечной системы спортсменов при силовой тренировке, определены направления исследования, сформулированы цель и задачи, разработан дизайн исследования. На основании изучения физиологических механизмов, определяющих особенности функционирования различных отделов нервной системы и нервно-мышечного аппарата у спортсменов различных специализаций, автором обоснованы принципы физиологического сопровождения тренировочного процесса в тяжелой атлетике и спортивных единоборствах.

Автором самостоятельно выполнен комплекс физиологических исследований, включающих исследование биоэлектрической активности мышц, соматосенсорных и зрительных вызванных потенциалов головного мозга.

Автором самостоятельно проведена статистическая обработка результатов, их научный анализ и обсуждение, сформулированы выводы и положения, выносимые на защиту.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 150 страницах машинописного текста и состоит из введения, глав: «Обзор литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты и обсуждение», заключения. Библиография включает 147 ссылки, в том числе 107 – работы отечественных авторов и 40 – зарубежных. Работа иллюстрирована 75 рисунками и 17 таблицами.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом настоящего исследования являлись 60 мужчин в возрасте от 18 до 23 лет (средний возраст составил  $19,8 \pm 2,83$  лет). Все обследуемые входили в основную медицинскую группу и регулярно занимались спортом. По характеру тренировочного процесса спортсмены были разделены на две группы - специализации «Единоборства (спортивное каратэ)» и «Тяжелая атлетика (пауэрлифтинг)». Каждая группа разделялась на две подгруппы по уровню спортивной квалификации (рис. 1).



Рисунок 1 – Распределение спортсменов по группам

К группам низкой квалификации относили спортсменов, тренирующихся в данной специализации менее года, не имеющих взрослых спортивных разрядов.

К группам высокой квалификации относили спортсменов, занимающиеся в избранной специализации свыше трех лет и имеющих спортивную квалификацию мастера спорта или кандидаты в мастера спорта.

Таким образом, было сформировано четыре группы наблюдения, различавшиеся по направлению тренировочного процесса и спортивной квалификации, каждая из которых состояла из 15 спортсменов одинакового возраста.

Критериями включения в группы служили:

- регулярное участие в тренировках по избранному виду спорта,
- документальное подтверждение достигнутой спортивной квалификации,

- информированное согласие на проведение нейрофизиологических исследований.

Критериями исключения служили:

- хронические заболевания, медицинские ограничения к занятиям спортом,
- последствия спортивных травм (период восстановительного лечения и реабилитации),
- нарушения режима тренировок,
- отказ от проведения нейрофизиологических исследований.

Исследование выполнялось на электронейромиографе Нейро-МВП-Микро (производство НПО Нейрософт, г. Иваново, Россия), который представляет собой многофункциональный компьютерный нейрофизиологический комплекс. Он предназначен для проведения электронейромиографических исследований, регистрации и анализа вызванных потенциалов мозга. Использовались поверхностные электроды, которые представляют собой металлические диски площадью 1 см<sup>2</sup>. В случае поверхностной интерференционной электромиографии электроды были вмонтированы в фиксирующую колодку для обеспечения постоянного расстояния между ними (20 мм).

Регистрация соматосенсорных вызванных потенциалов проводилась с точки Эрба, которая находится по внутренней дуге ключицы в месте прикрепления грудино-ключично-сосцевидной мышцы. Вторая точка регистрации – с шейного отдела спинного мозга, третья — со скальпа. Стимуляция производилась в дистальных отделах руки, в области запястья, в проекции срединного нерва. В качестве стимула использовали прямоугольные электрические импульсы длительностью 0,2-0,3 мс, частота стимуляции 3-5 Гц. Сила стимула подбиралась индивидуально, чтобы отмечалось небольшое сокращение мышц кисти. Заземляющий электрод накладывали на стимулируемую конечность проксимальнее места стимуляции – на верхнюю треть плеча для уменьшения артефакта стимула.

При регистрации зрительных вызванных потенциалов (ВП) активные электроды устанавливаются на голове согласно схеме «10-20» с соблюдением симметричности и равенства межэлектродных расстояний.

Фиксировались параметры компонентов ВП: латентность, амплитуда. Отмечалось наличие острых волн и пиков, комплексов «пик-волна».

Для описания полученных количественных данных каждой выборки использовались параметры распределения. В случае, если закон распределения соответствовал нормальному (значения признака у большинства объектов близки к их среднему и с равной вероятностью отклоняются от него в большую или меньшую сторону): объем выборки (Valid N), выборочное среднее (Mean), выборочное стандартное отклонение (Standard Deviation). Если закон распределения не соответствовал нормальному (значения признака распределены несимметрично относительно среднего): объем выборки (Valid N), медиана (50-й перцентиль, Median), 25-й и 75-й перцентили (Lower & upper quartiles). Для определения нормального закона распределения показателей каждого параметра в исследуемых выборках использовался критерий



Колмагорова-Смирнова. Если распределение данных подчиняется нормальному закону, то для определения достоверных различий применялись параметрические критерии; если не подчиняется – применялись непараметрические критерии. Для независимых групп применялись как параметрические критерии (критерий Стьюдента), так и непараметрические (Mann-Whitney test), предварительно была проведена проверка однородности дисперсий в сравниваемых выборках с нормальным законом распределения по критерию Фишера-Снедекора. Анализ проводился с использованием пакета статистического анализа данных STATISTICA 6.0. За статистически значимое различие принималось значение  $p < 0,05$ .

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Развитие силовых способностей у единоборцев и тяжелоатлетов имеет целый ряд принципиальных различий. У спортсменов-тяжелоатлетов основной целью тренировочного процесса является развитие силовой выносливости, которая позволяет спортсмену длительное время удерживать груз, совершать повторы через незначительные промежутки времени. Также важным показателем является способность достигать максимального усилия – так как именно максимальный вес, «взятый» спортсменом, является ключевым фактором, определяющим победителя. При этом скорость и координация движений не имеют принципиального значения. Движения выполняются в стандартных условиях, из стандартного исходного положения, со стандартизированными снарядами. Во время соревновательных действий отсутствуют сбивающие факторы, требующие коррекции двигательных актов. По названной причине важным качеством становится способность к двигательным стереотипам – то есть умение выполнять упражнения по стандартным схемам, минимизируя отклонения (Голованов С.А., 2010).

В результате силовая подготовка у тяжелоатлетов направлена, прежде всего, на формирование таких качеств, как силовая выносливость, способность к максимальным мышечным усилиям, способность к воспроизведению стереотипных двигательных актов (рис. 2).

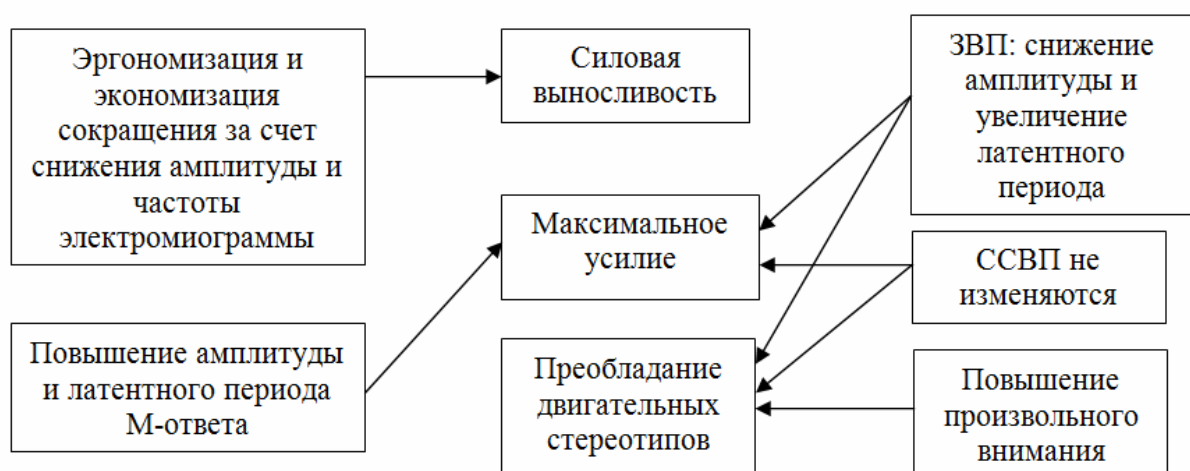


Рисунок 2 – Физиологические основы формирования силовых способностей у тяжелоатлетов

Силовая мышечная выносливость зависит, прежде всего, от биоэнергетических факторов (Дворкин Л.С., 2005). Способность к увеличению продолжительности локальной силовой работы связана с увеличением мощности и емкости алактатного анаэробного механизма энергообеспечения. Повышение уровня силовой выносливости связано с совершенствованием фосфагенной системы энергообеспечения за счет увеличения мощности анаэробного алактатного процесса; расширения анаэробной алактатной емкости (увеличения объема внутримышечных источников энергии); повышения эффективности реализации имеющегося энергетического потенциала путем совершенствования техники рабочих движений (Солопов И.Н., 2003).

Однако наряду с биохимическими перестройками в развитие силовой выносливости вовлекаются и физиологические механизмы, связанные, прежде всего, с экономизацией и эргономизацией выполняемых движений (Сонькин В.Д., 2007). Снижение энергетической стоимости мышечных усилий за счет экономизации двигательной активности, эргономичности сокращения и более экономном расходовании энергетических ресурсов позволяет снизить число двигательных единиц, рекрутируемых при выполнении стандартных движений, находит свое отражение в биоэлектрической активности мышц. На электромиограмме это отражается в одновременном снижении амплитуды и частоты электрической активности скелетных мышц при произвольном сокращении заданной величины (рис. 3, 4).

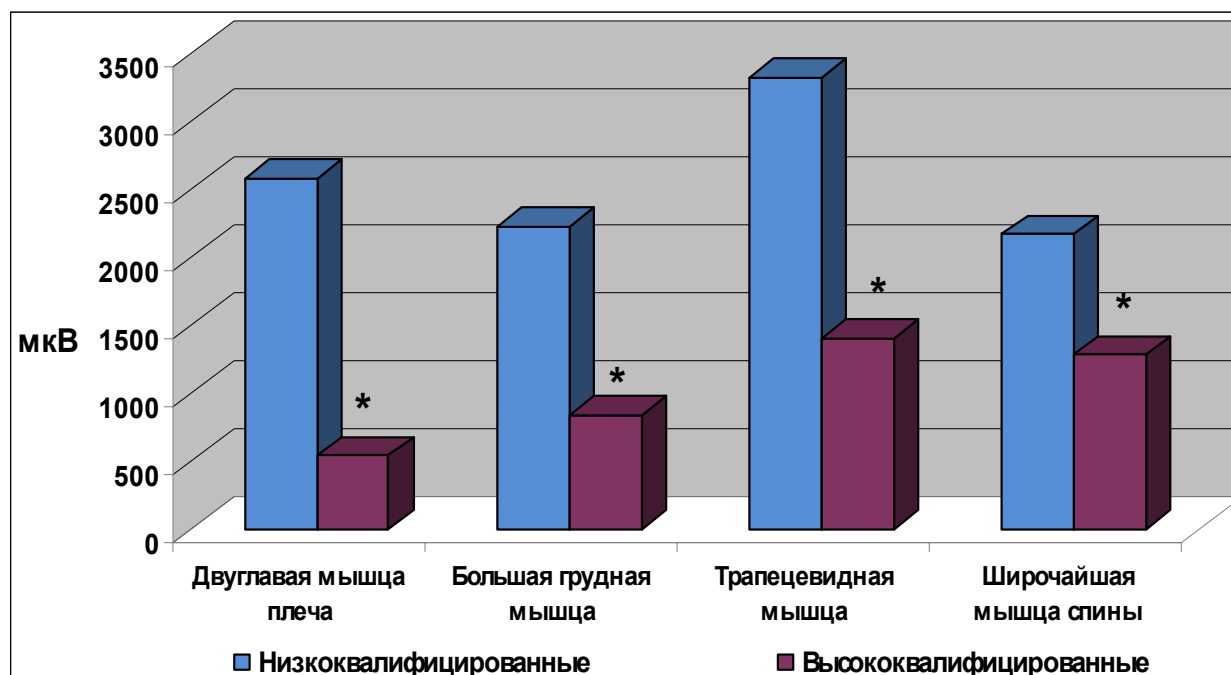


Рисунок 3 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности мышц у тяжелоатлетов различной квалификации при нагрузке

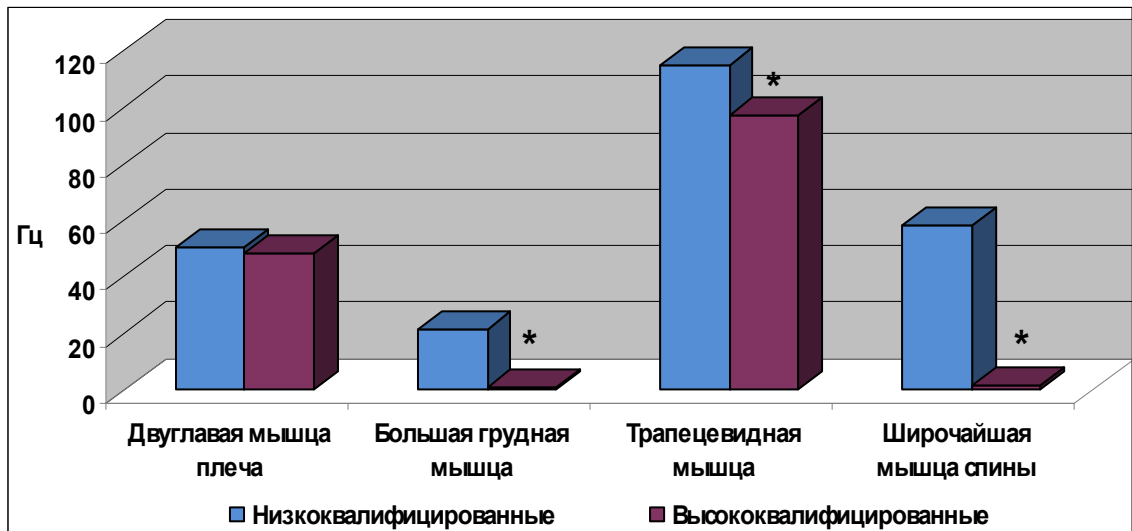


Рисунок 4 – Средняя частота биоэлектрической активности мышц у тяжелоатлетов различной квалификации при нагрузке

Максимальная сила формируется у спортсменов двумя путями: а) за счет увеличения мышечной массы; б) за счет совершенствования внутримышечной и межмышечной координации (Потовская Е.С., 2010).

Физиологический механизм увеличения силы за счет роста мышечной массы основан на том, что в период отдыха происходит усиленный ресинтез энергетических ресурсов, т.е. восстановление и сверхвосстановление, что и приводит к гипертрофии мышц, увеличению количества мышечных волокон (Солодков А.С., 2005).

При исследовании максимальной амплитуды М-ответа в сократительную реакцию на электростимуляцию нерва мы наблюдали существенный прирост ее у тяжелоатлетов на этапе спортивного мастерства, поскольку именно это показатель отражает общее число двигательных волокон, вовлекаемых в сокращение при максимальной стимуляции нерва (рис. 5).

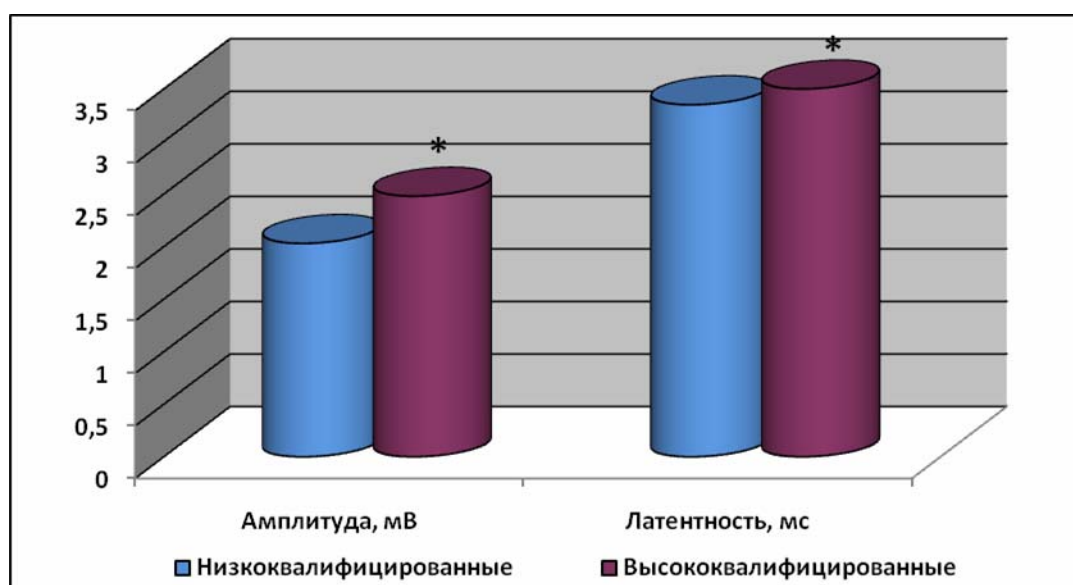


Рисунок 5 – М-ответ скелетных мышц у спортсменов-тяжелоатлетов разной квалификации

При этом латентный период реакции также удлинялся, что может отражать, во-первых, преобладание волокон медленного типа, которые характеризуются большей силой сократительных ответов (Колпаков В.В., 2011), а во-вторых, снижение скорости проведения импульсов через нервно-мышечные контакты, что создает условия для суммации импульсов и обеспечивает синхронизацию сократительных ответов, а, следовательно, и их амплитуду.

Двигательный стереотип — устойчивый индивидуальный комплекс условно-рефлекторных двигательных реакций, реализуемых в определенной последовательности в обеспечении позно-тонических функций. У тяжелоатлетов регуляция двигательной активности нацелена на стабильное воспроизведение отработанных динамических стереотипов, связанных с оптимальной техникой поднятия спортивных снарядов (Данилова Н.В., 2010).

Реализация таких стереотипов – функция высших отделов центральной нервной системы, поэтому для их оценки мы использовали метод исследования зрительных и соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга (Замулина Е.В., 2007).

Зарегистрированное у спортсменов-тяжелоатлетов высокой квалификации увеличение латентного периода ЗВП может быть связано с увеличением числа синаптических контактов, при этом скорость ответной реакции на поступающее раздражение снижается (рис. 6).

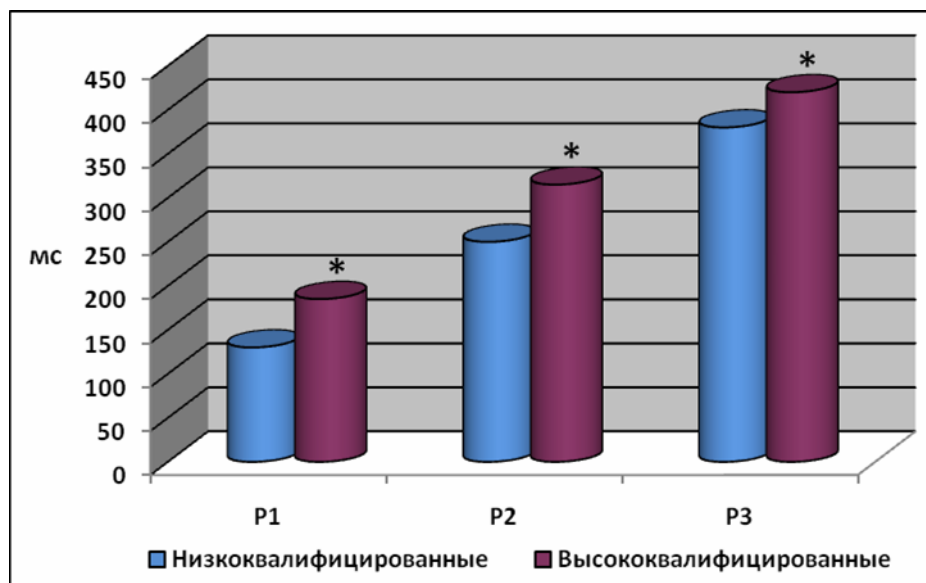


Рисунок 6 – Латентный период ЗВП в височной области у спортсменов-тяжелоатлетов, позитивные компоненты P1, P2, P3

Одновременное снижение амплитуды зрительного вызванного потенциала у спортсменов-тяжелоатлетов высокой квалификации, по-видимому, отражает десинхронизацию работы ансамблей нейронов и снижение качества распознавания стимула (Замулина Е.В., 2007) (рис. 7).

У спортсменов данной специализации в процессе роста квалификации не изменялись параметры соматосенсорных вызванных потенциалов и в итоге амплитуда и латентный период их оказываются существенно выше, чем у единоборцев (рис. 8, 9).

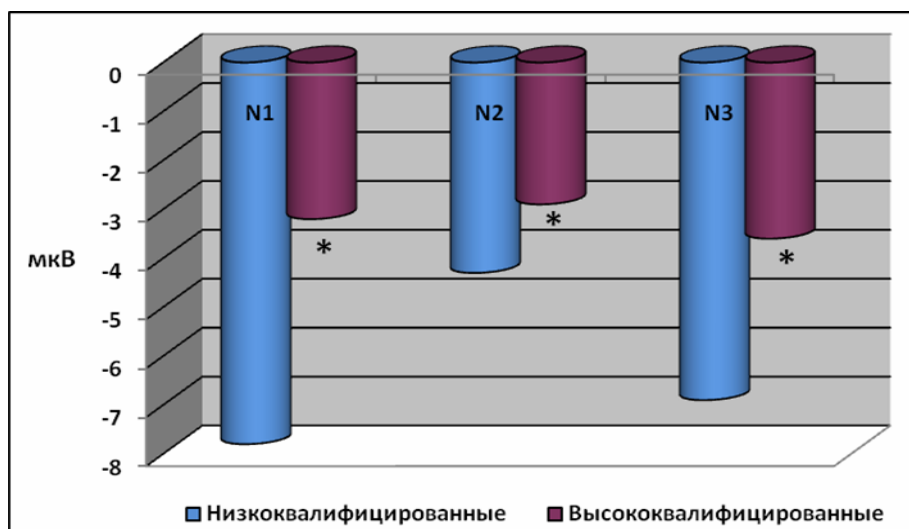


Рисунок 7 – Амплитуда ЗВП в затылочной области у спортсменов-тяжелоатлетов, негативные компоненты N1, N2, N3

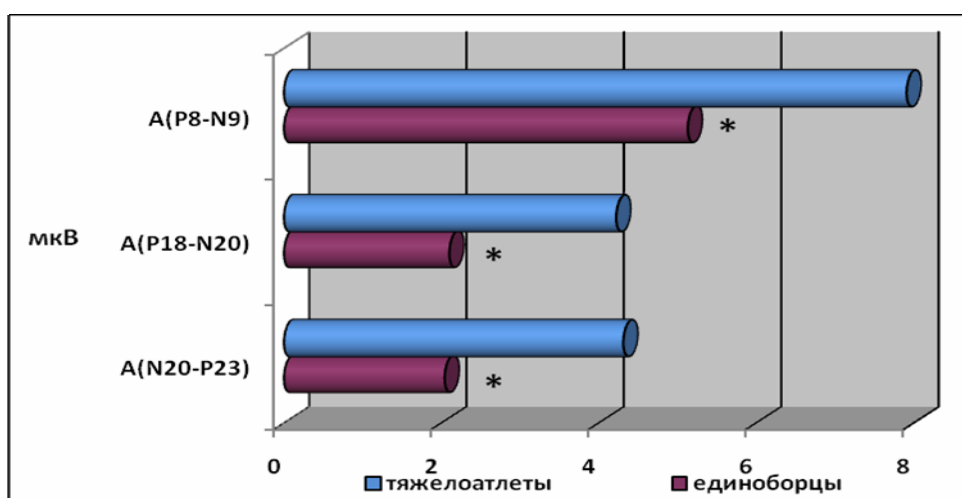


Рисунок 8 – Амплитуды ССВП A(P8-N9), A(P18-N20), A(N20-P23) у спортсменов-единоборцев и тяжелоатлетов высокой квалификации

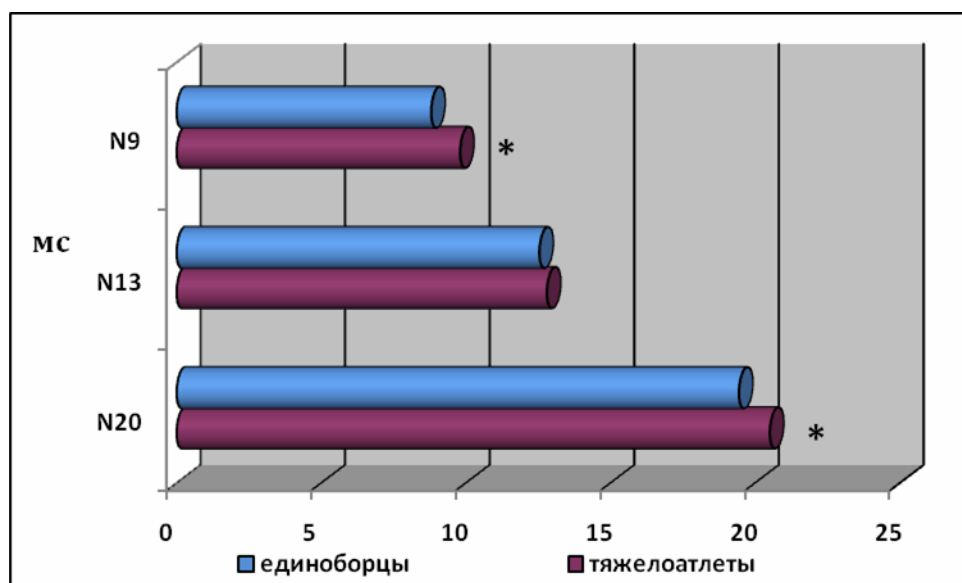


Рисунок 9 – Латентные периоды N9, N13, N20 ССВП у спортсменов-единоборцев и тяжелоатлетов высокой квалификации

Такие изменения, по всей видимости, способствуют формированию стереотипных двигательных актов и повышают устойчивость к отвлекающим, сбивающим факторам.

У спортсменов-единоборцев силовая подготовка имеет иную целевую направленность. Спортивная деятельность связана с необходимостью наносить быстрые удары, при этом блокировать ответные действия противника. Необходимо постоянно контролировать обстановку, адекватно реагировать на ее трудно предсказуемые изменения, при этом сохранять высокую степень координации двигательных актов (Панков В.А., 2007). При этом важным является развитие, прежде всего, взрывной силы и силовой ловкости, а также сокращение времени реакции на поступающие стимулы и повышение координационных способностей (рис. 10).

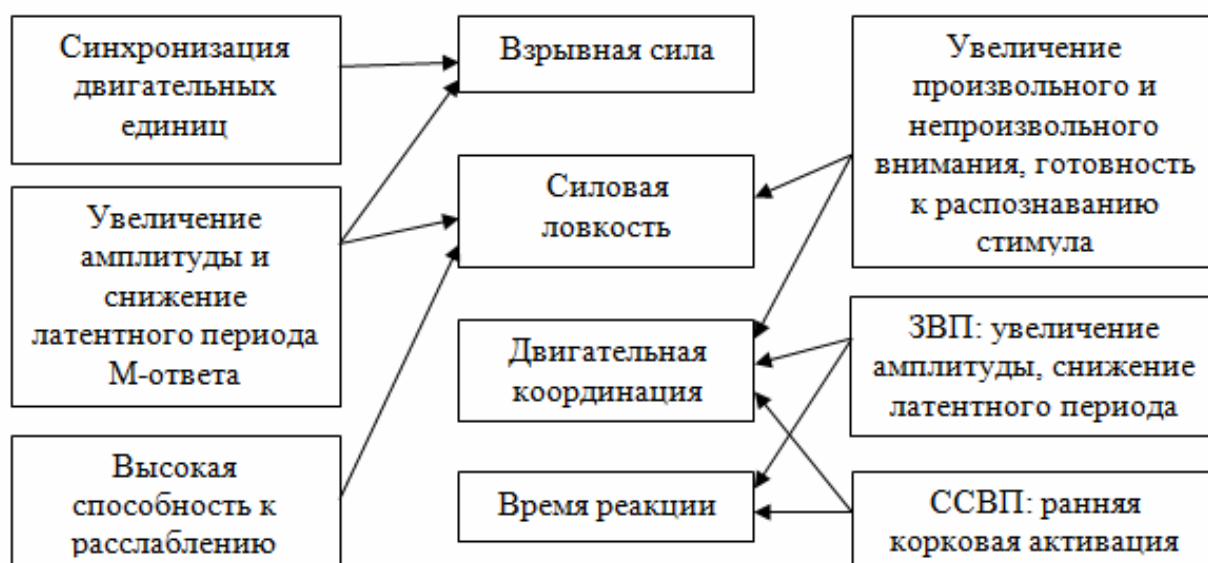


Рисунок 10 – Физиологические основы формирования силовых способностей у единоборцев

Взрывная сила – это способность преодолевать значительные сопротивления с предельной скоростью. Среди факторов важную роль в проявлении взрывной силы играет характер импульсации мотонейронов – частота их импульсации в начале разряда и синхронизация импульсации мотонейронов на пике силы. Чем выше начальная частота импульсации мотонейронов, тем быстрее нарастает мышечная сила (Пашинцев В.Г., 2007). На кривой электромиограммы синхронизация двигательных единиц отражается в снижении частоты и увеличении максимальной амплитуды биоэлектрической активности мышц при выполнении стандартных движений (рис. 11, 12).

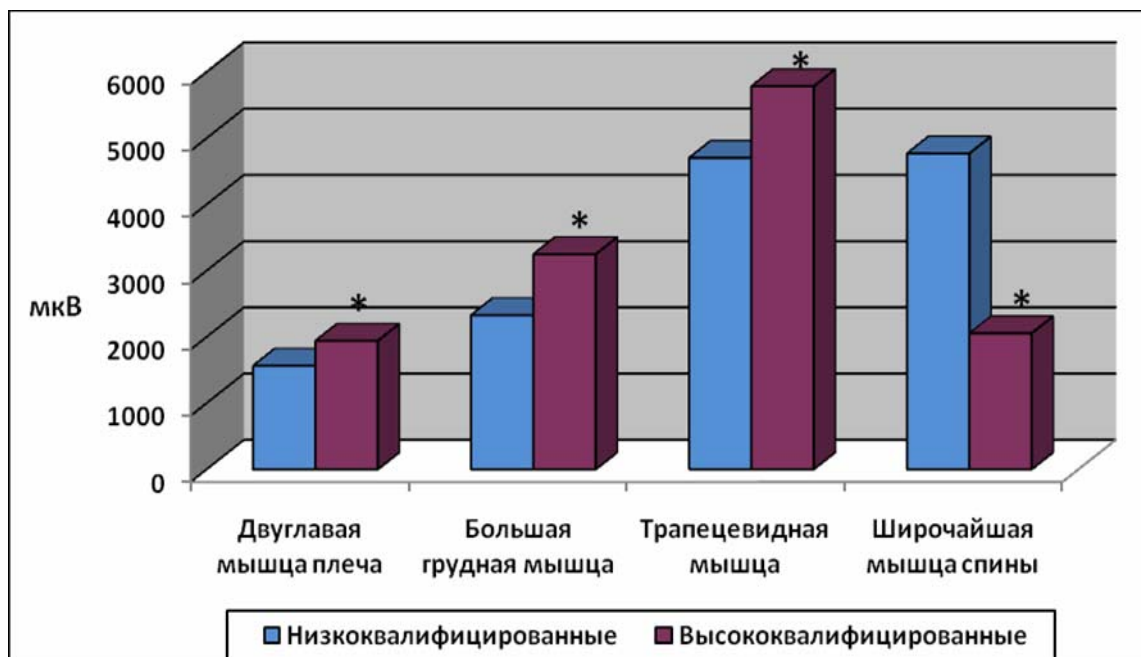


Рисунок 11 - Максимальная амплитуда биоэлектрической активности мышц у единоборцев различной квалификации при нагрузке

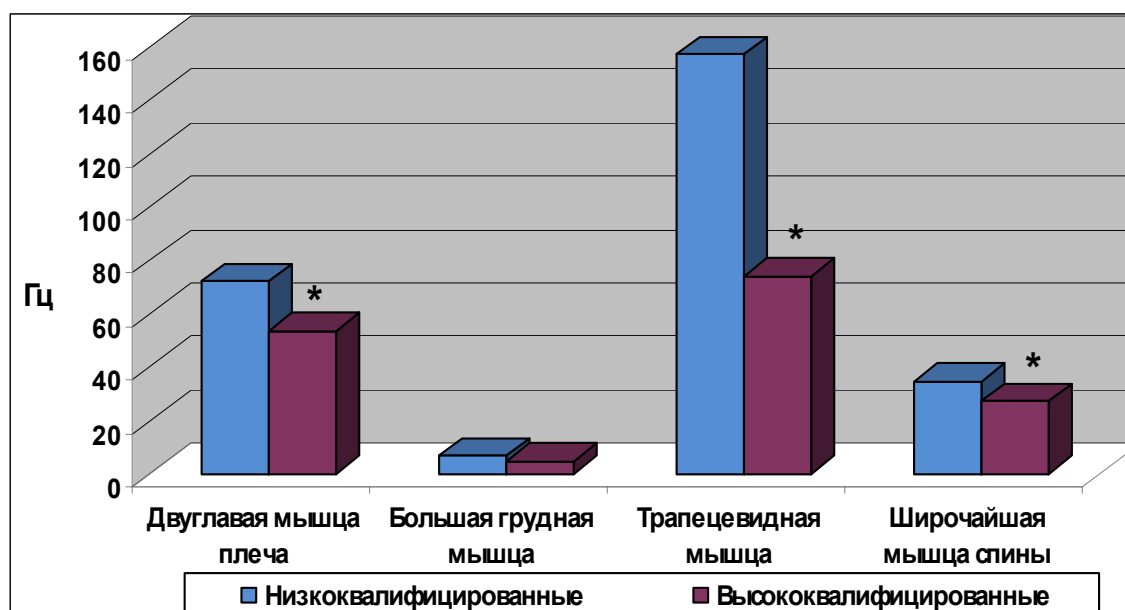


Рисунок 12 – Средняя частота биоэлектрической активности мышц у единоборцев различной квалификации при нагрузке

В проявлении взрывной силы очень большую роль играют скоростные сократительные свойства мышц, которые в значительной мере зависят от их композиции, т.е. соотношения быстрых и медленных волокон. Чем больше быстрых мышечных волокон, тем быстрее будет развиваться сокращение. Кроме того, развитию взрывной силы будет способствовать и увеличение скорости проведения импульсов через нервно-мышечные контакты. Оба эти фактора у единоборцев проявляются в уменьшении латентного периода М-ответа (рис. 13).



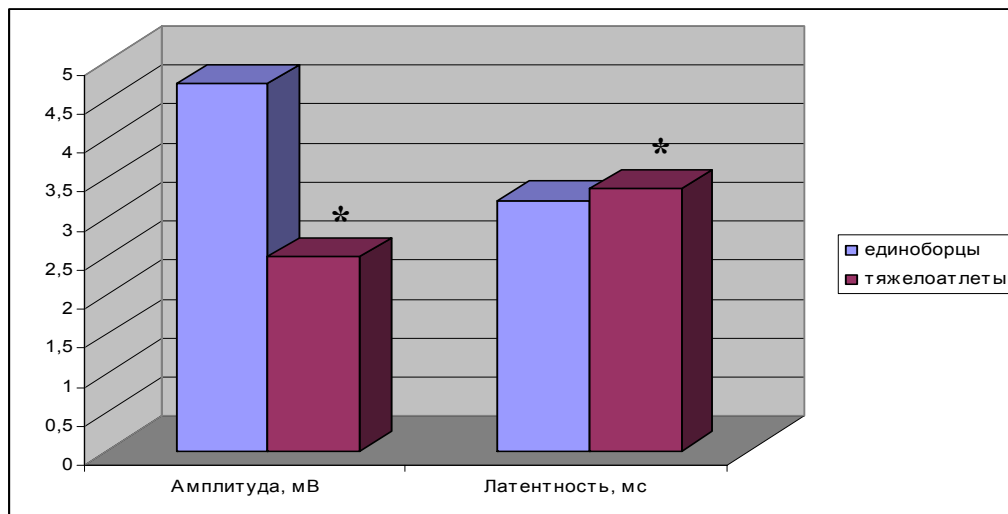


Рисунок 13 – Биоэлектрические ответы скелетных мышц спортсменов-единоборцев тяжелоатлетов высокой квалификации

Способность точно дифференцировать мышечные усилия различной величины в условиях непредвиденных ситуаций и смешанных режимов работы мышц называют силовой ловкостью (Орлов А.В., 2010). Силовая ловкость проявляется в условиях поединка, так как для боевых действий характерен сменный режим работы мышц и непредвиденные ситуации двигательной деятельности (Озолин Н.Г., 2004).

Важным проявлением силовой ловкости является высокая степень произвольного напряжения и расслабления. Умение расслаблять мышцы, характерное для спортсменов высокого класса, позволяет более экономно проводить бои, быстрее и лучше овладевать техническими действиями и выполнять их во время поединка. Излишняя напряженность мешает точности выполнения движений у единоборцев, поэтому у спортсменов данной группы способность к расслаблению существенно выше, что проявляется в более низких значениях максимальной амплитуды и средней частоты осцилляций электромиограммы в покое (рис. 14, 15).

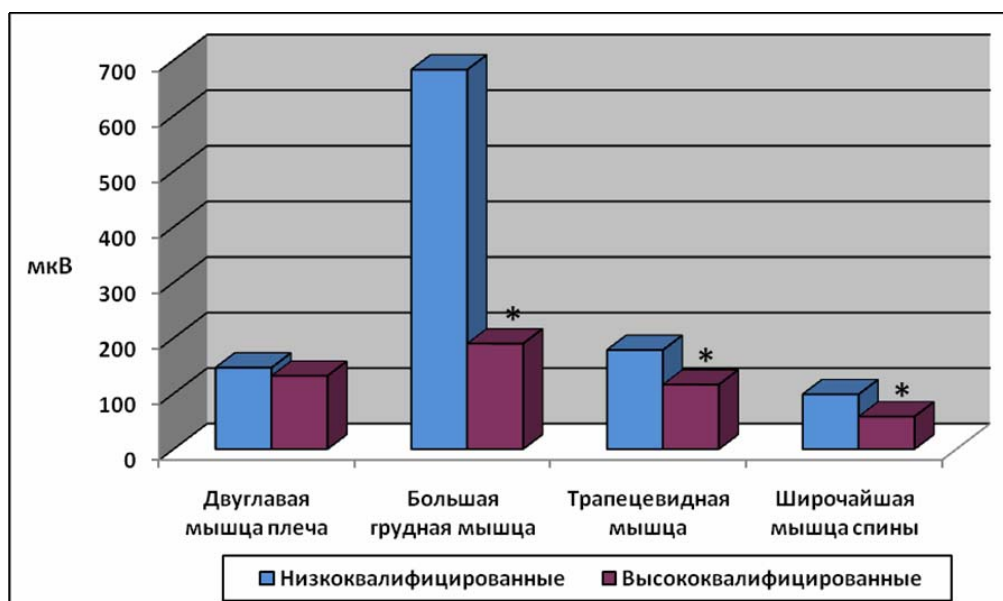


Рисунок 14 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности скелетных мышц спортсменов-единоборцев разной квалификации в покое



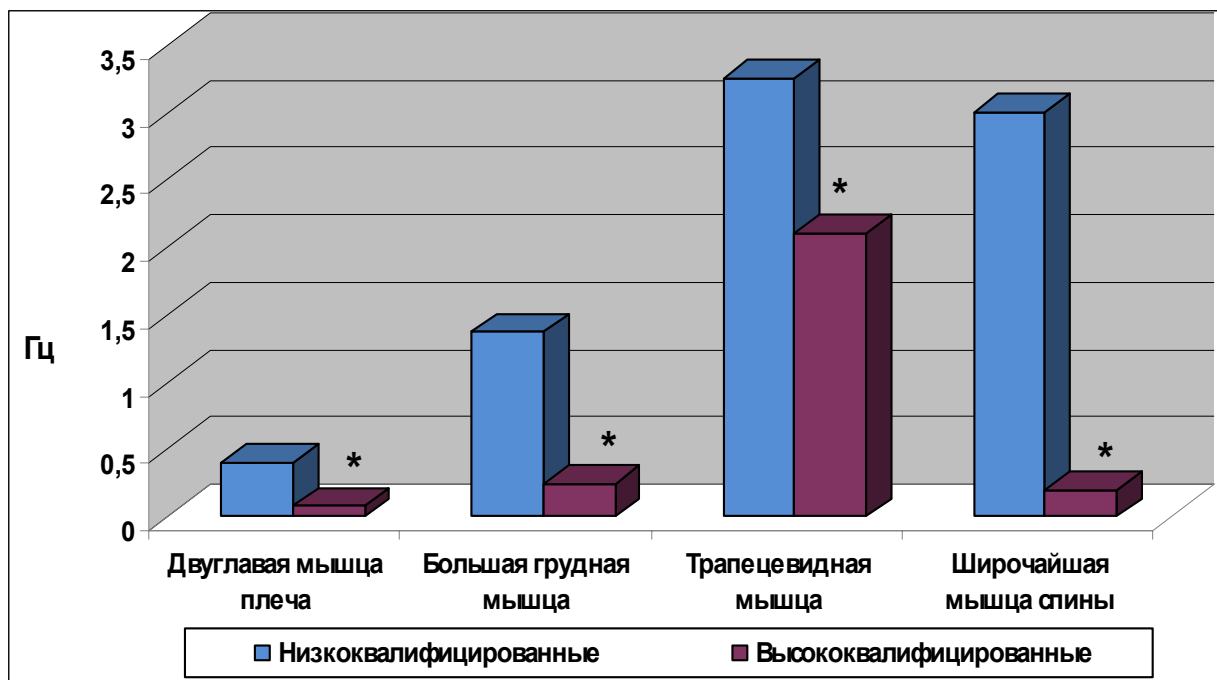


Рисунок 15 – Средняя частота биоэлектрической активности скелетных мышц у спортсменов-единоборцев различной квалификации в покое

С силовой ловкостью тесно связаны координационные способности, физиологической основой которых являются лабильность и пластичность нервных процессов. При выполнении сложнокоординированных движений в двигательных центрах головного и спинного мозга происходит перераспределение участков возбуждения и торможения. Это приводит к рефлекторному изменению и перераспределению тонуса мышц. Перераспределение тонуса мышц является физиологической основой координации движений. Огромную роль в выполнении сложных координированных движений играют анализаторы: двигательный, зрительный, слуховой, вестибулярный и осязательный (Назаренко Л.Д., 2003).

Мы установили, что в процессе тренировок у единоборцев наблюдаются изменения в работе нервной системы, проявляющиеся, прежде всего в снижении латентного периода ССВП, в результате чего первичная корковая активация соматосенсорной зоны наступает значительно раньше (рис. 16). Соответственно с этим у высококвалифицированных единоборцев увеличена скорость анализа сенсорной информации.

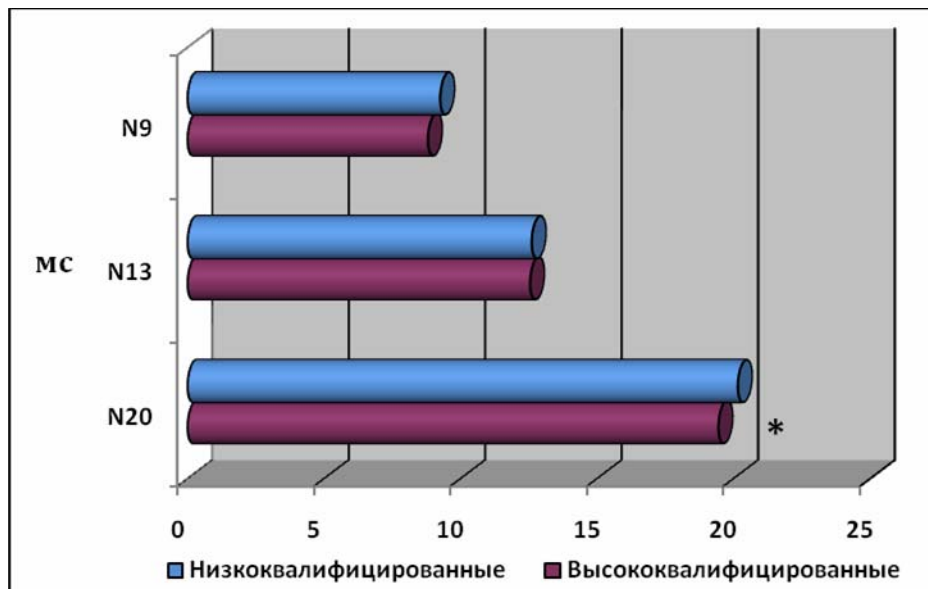


Рисунок 16 – Латентный период ССВП у спортсменов-единоборцев различной квалификации, компоненты N9, N13, N20

Еще одним из важных показателей развития спортивного мастерства в спортивном единоборстве играет время реакции. Величина времени ответной реакции вслед раздражителю у спортсменов-единоборцев уменьшается с ростом мастерства. Уменьшение латентного периода зрительного вызванного потенциала свидетельствует об уменьшении числа синаптических контактов. А увеличение амплитуды – о синхронизации работы ансамблей нейронов, что приводит к активации корковых процессов (Мартьянов В.А., 2007), а, следовательно, к возникновению новых временных связей, более полному анализу и распознаванию раздражителя, увеличению скорости ответной реакции на поступающее раздражение (рис. 17, 18).

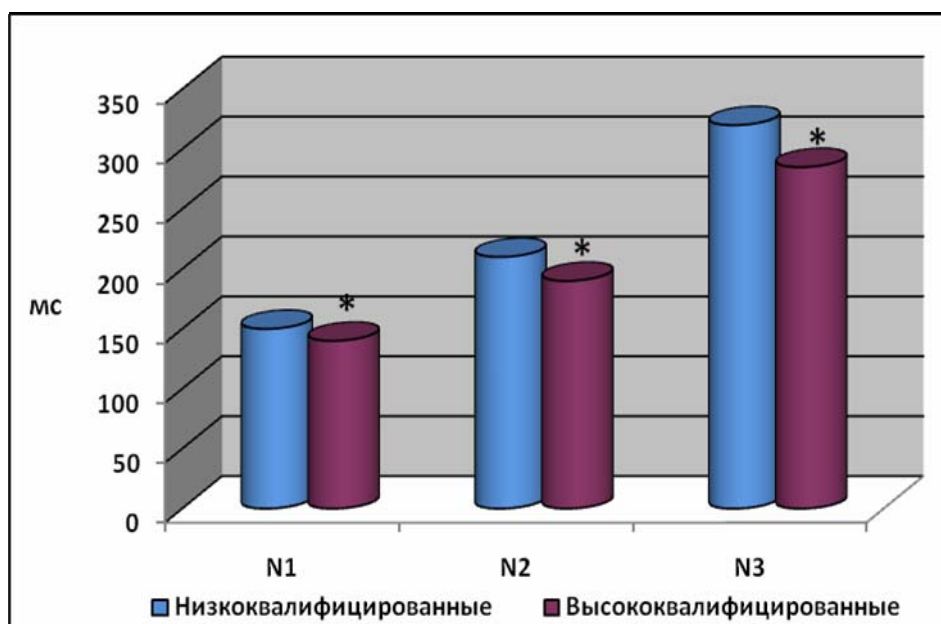


Рисунок 17 – Латентный период ЗВП у спортсменов-единоборцев в затылочной области, негативные компоненты N1, N2, N3

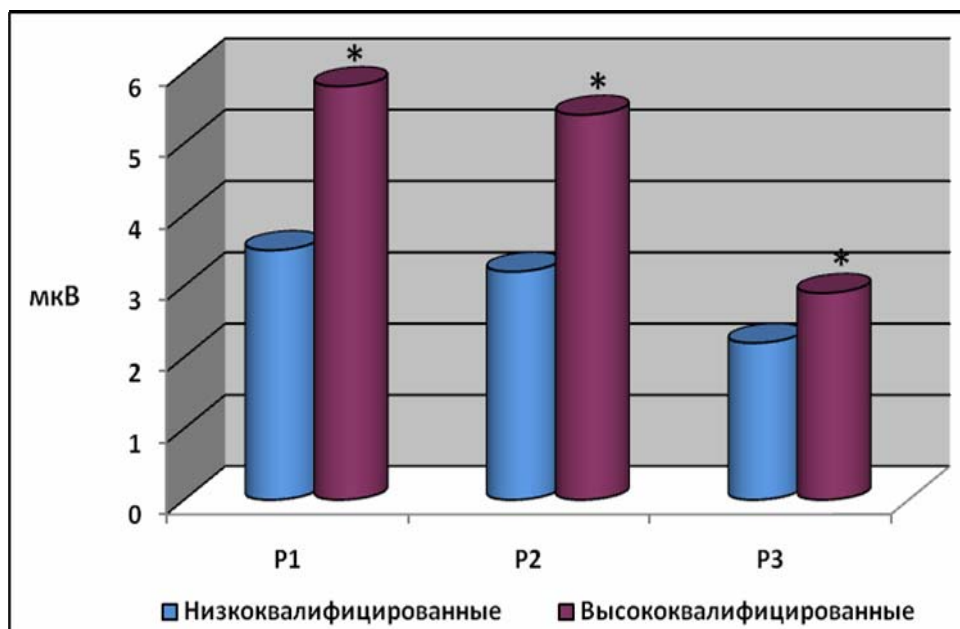


Рисунок 18 – Амплитуда ЗВП в затылочной области у спортсменов-единоборцев, позитивные компоненты P1, P2, P3

Кроме всего изложенного, у спортсменов-тяжелоатлетов и единоборцев различается характер функционирования систем головного мозга, связанных с ориентировочной реакцией и избирательным вниманием, обеспечивающих формирование двигательных реакций в ответ на внешние стимулы. С ростом спортивного мастерства изменяется степень произвольности в использовании этих механизмов и соответственно меняется удельный вес опоры на каждый из них в ходе спортивной деятельности.

У спортсменов-единоборцев, характер деятельности которых связан с распознаванием внешних стимулов и построением двигательных актов в соответствии с ними, происходит развитие обеих систем – как произвольной системы формирования моторной реакции на стимул, так и непроизвольной системы распознавания качеств стимула, о чем свидетельствует уменьшение латентного периода и амплитуды соматосенсорных вызванных потенциалов у спортсменов высокой квалификации как во фронтальной, так и в затылочной области (Dogan A., 2005) (рис. 19).

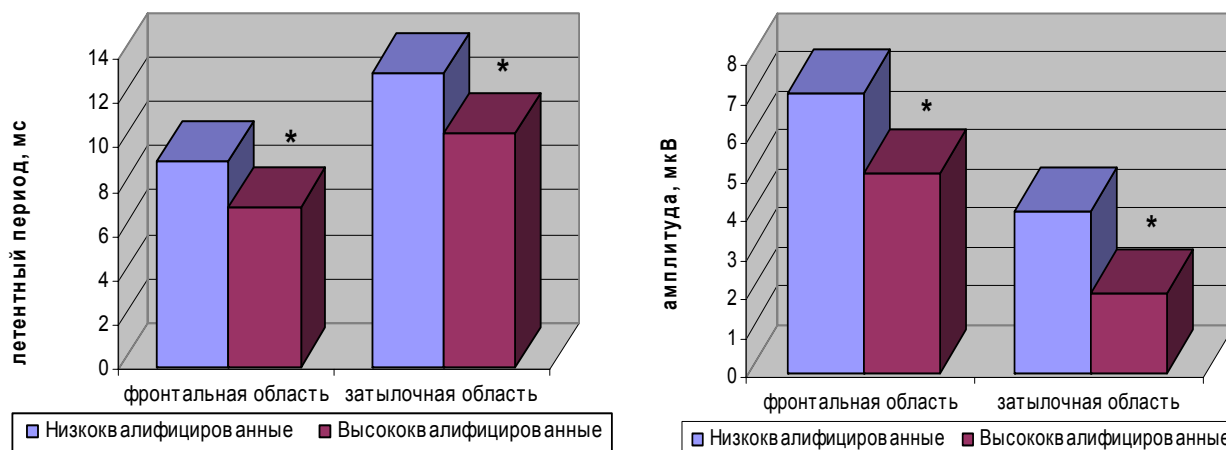


Рисунок 19 – Характеристики соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга у спортсменов-единоборцев в зависимости от квалификации

У тяжелоатлетов же, спортивная деятельность которых связана в большей степени со стереотипными двигательными актами, эти системы развиваются в меньшей степени (рис. 20).

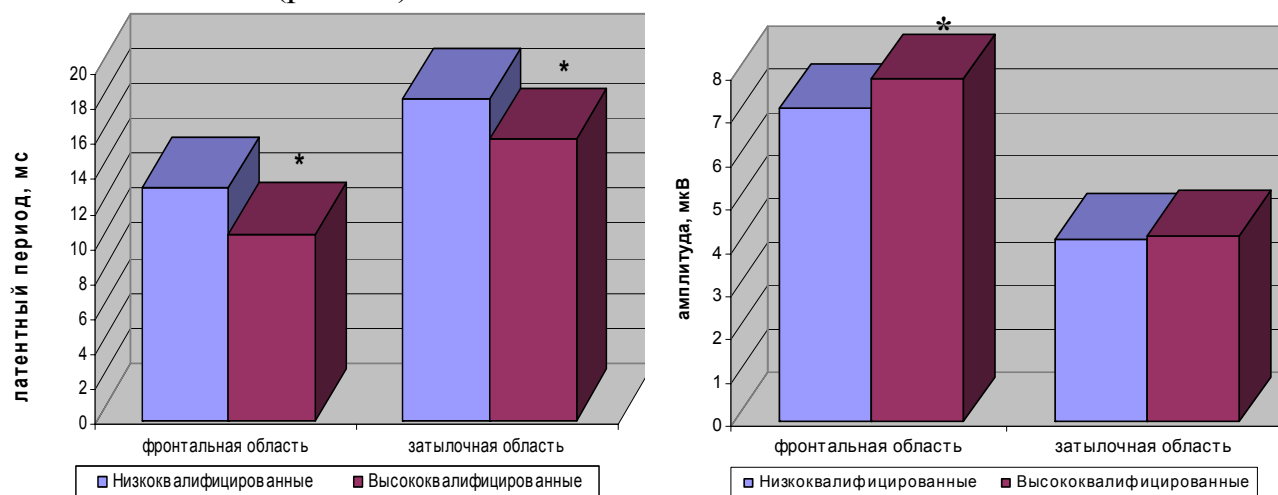


Рисунок 20 – Характеристики соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга у спортсменов-тяжелоатлетов зависимости от квалификации

Одновременно у единоборцев происходит повышение готовности к восприятию и анализу стимулов, о чем свидетельствует появление ранней негативной волны соматосенсорных вызванных потенциалов, тогда как у тяжелоатлетов, напротив, усиливается игнорирование поступающих стимулов, о чем свидетельствует появление ранней позитивной волны (Malina1 R.M., 2011) (рис. 21).

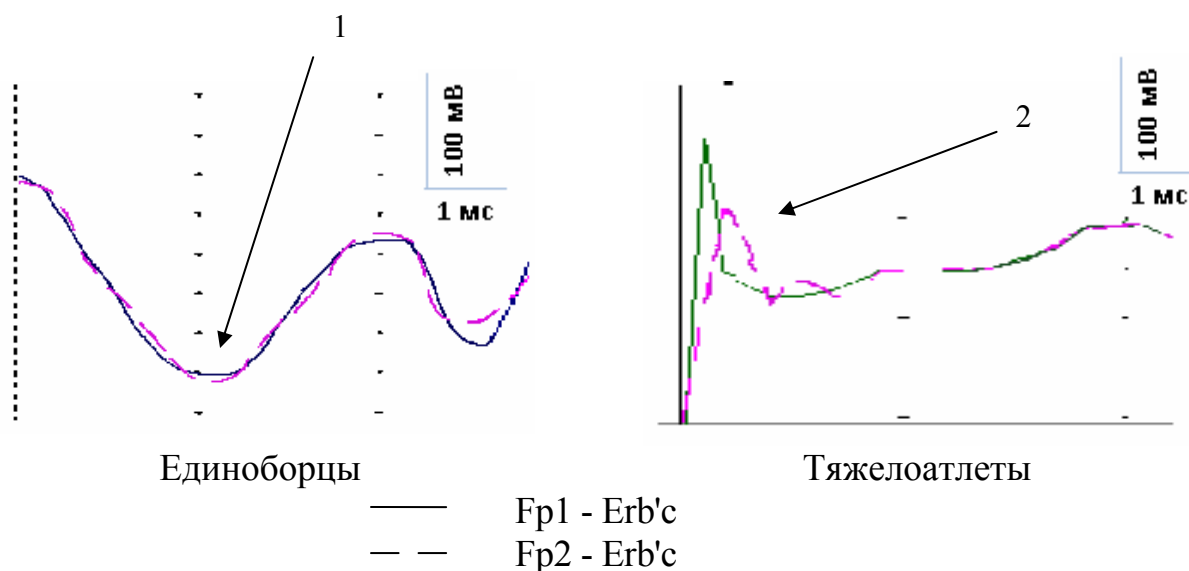


Рисунок 21 – Соматосенсорные вызванные потенциалы головного мозга у спортсменов высокой квалификации (фронтальная область)

Стрелками отмечены: 1 – ранняя негативная волна, 2 – ранняя позитивная волна.

Подводя итог всему изложенному, можно так же отметить, что физиологические изменения, обеспечивающие совершенствование силовой подготовленности спортсменов-тяжелоатлетов, преимущественно

сосредоточены в периферическом звене нервно-мышечной системы – на уровне самих мышц и нервно-мышечных контактов – и находят свое отражение в показателях электромиограммы при произвольных движениях и параметрах М-ответа. В то же время у спортсменов-единоборцев физиологические перестройки в равной степени затрагивают как периферические механизмы, так и центральное звено регуляции двигательной активности и находят свое отражение в параметрах зрительных и соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга.

Полученные результаты раскрывают целый ряд важных аспектов функционирования различных отделов нервной системы и нервно-мышечного аппарата у спортсменов различных специализаций. В то же время, они могут послужить основой для разработки практических рекомендаций по организации спортивного отбора на различных этапах спортивного совершенствования, для физиологического сопровождения тренировочного процесса и разработки методов оперативного контроля.

Так, параметры М-ответа у тяжелоатлетов изменяются уже на начальных этапах начальной спортивной специализации, поэтому их целесообразно использовать в целях первичного спортивного отбора и селекции.

Показатели интерференционной электромиографии при выполнении стандартных спортивных движений изменяются на более поздних этапах тренировки, поэтому они могут быть использованы как для оперативного контроля эффективности упражнений, так и для спортивной селекции на этапе спортивного совершенствования и высшего спортивного мастерства, как у тяжелоатлетов, так и у единоборцев.

Результаты исследования характеристик зрительных и соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга так же информативны у спортсменов высокой квалификации, причем преимущественно у единоборцев. У тяжелоатлетов изменения в этих показателях не столь значительны.

Данные о вовлечении систем внимания и распознавания стимулов могут быть полезны для организации психологического сопровождения спортивной тренировки. В частности, для спортсменов-единоборцев, можно рекомендовать дополнительно включать в тренировочный процесс психологические тренировки и упражнения на развитие внимания и распознавание образов. У тяжелоатлетов, напротив, применение подобных тренировок может снизить результативность, для них рациональнее использовать упражнение на выработку стереотипных навыков.

## ВЫВОДЫ

1. Формирование силовых способностей у единоборцев обеспечивается эффективным расслаблением мышц, что проявляется снижением амплитуды и частоты биоэлектрической активности в покое, а также синхронизацией работы двигательных единиц при выполнении ударных движений, проявляющейся в значительном увеличении амплитуды осцилляций при снижении их частоты. У тяжелоатлетов способность к расслаблению выражена в меньшей степени, а при выполнении спортивной нагрузки силовая выносливость обеспечивается одновременным снижением амплитуды и частоты электромиограммы, отражающей эргономизацию и экономизацию двигательной активности.
2. У спортсменов-единоборцев формирование взрывной силы сопровождается выраженными функциональными перестройками в системе нервно-мышечной передачи на этапе высшего спортивного мастерства, проявляющимися в увеличении амплитуды и уменьшении латентного периода М-ответа. У тяжелоатлетов уже на ранних этапах спортивного совершенствования отмечаются более высокие показатели амплитуды и латентного периода М-ответа по сравнению с единоборцами, при данном виде тренировки звено нервно-мышечной передачи практически не вовлекается в формирование силовых способностей.
3. Характеристики зрительных вызванных потенциалов зависят от направленности тренировки – у спортсменов тяжелоатлетов с ростом спортивного мастерства наблюдается увеличение латентного периода и снижение амплитуды, а у единоборцев, напротив, отмечается снижение латентного периода и увеличение амплитуды соответственно, что отражает развитие у последних способностей к распознаванию и анализу стимулов.
4. У единоборцев в процессе спортивного совершенствования наблюдается снижение латентных периодов и амплитуд соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга в затылочной области. В большей степени эти изменения выражены в компонентах, отражающих раннее наступление первичной корковой активации соматосенсорной зоны, что способствует увеличению скорости анализа сенсорной информации. У тяжелоатлетов в процессе роста квалификации характеристики соматосенсорных вызванных потенциалов не изменяются и, в итоге, амплитуда и латентный период их оказываются существенно выше, чем у единоборцев.
5. 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.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

*Работы, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, включенных в Перечень изданий, рекомендованных ВАК:*

1. Гурова М.Б., Капилевич Л.В. Физиологические основы обеспечения силовых способностей у тяжелоатлетов и единоборцев // **Бюллетень сибирской медицины**. 2009. Т. 8, № 4. С. 165-167.

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

3. Гурова М.Б., Дьякова Е.Ю., Шилько Т.А. Электрофизиологические характеристики внимания у спортсменов-тяжелоатлетов и единоборцев различной квалификации // **Вестник Томского государственного университета**. 2010. № 340. С. 172-175.

4. Гурова М.Б., Капилевич Л.В., Матросова Т.С. Структура соматосенсорных вызванных потенциалов у спортсменов-тяжелоатлетов и единоборцев разной квалификации // **Вестник Томского государственного университета**. 2011. № 345. С. 171-172.

*Работы, опубликованные в других изданиях:*

5. Гурова М.Б., Рыжов Р.А., Капилевич Л.В. и др. Показатели электрической активности мышц у спортсменов единоборцев и тяжелоатлетов разной квалификации // **Физическая культура, здравоохранение и образование / Материалы Всероссийской научно-практической конференции конференция с международным участием памяти В.С. Пирусского**. Томск. 2009. С.171-175.

6. Капилевич Л.В., Гурова М.Б. Сравнительная характеристика нервно-мышечного аппарата при силовой подготовке различной направленности // **Материалы VI Международного междисциплинарного конгресса: «Нейронаука для медицины и психологии»**. Судак. 2010. С. 152-154.

7. Гурова М.Б., Капилевич Л.В. Электрофизиологические особенности нервно-мышечной системы при силовой тренировке различной направленности // **Сборник материалов Российской научно-практической конференции с международным участием**. Ростов-на-Дону. 2010. С.192-196.

8. Мациевский В.П., Гурова М.Б. Методика формирования силовых способностей у спортсменов-пауэрлифтеров // **Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти В.С. Пирусского: «Физическая культура, здравоохранение и образование»**. Томск. 2010. С. 160-1636.

9. Гурова М.Б., Капилевич Л.В., Шилько В.Г. Электрофизиологические характеристики нервно-мышечной системы и внимания при силовой тренировке различной направленности // **Материалы V Международного конгресса: «Человек, спорт, здоровье»**. Санкт-Петербург. 2011. С. 206-207.

10. Гурова М.Б. Сравнение показателей зрительных вызванных потенциалов головного мозга у спортсменов-единоборцев и тяжелоатлетов // **Сборник статей по материалам XII Российского конгресса молодых ученых с международным участием: «Науки о человеке»**. Томск. 2011. С.60-61.

Подписано к печати \_\_.11.2011. Тираж 100 экз.  
Кол-во стр. 24 Заказ № \_\_\_\_\_  
Бумага офсетная. Формат А-5. Печать RISO  
Отпечатано в типографии ООО «РауШ мбх»  
Лицензия Серия ПД № 12-0092 от 03.05.2001г.  
634034, г. Томск, ул. Усова 7, ком.046 40.  
Тел.: (3822) 56-44-54