

Исследовательская статья

УДК 612.83; 612.741

DOI: 10.24412/2076-9091-2025-258-41-53

Елена Владимировна Ланская¹,
Екатерина Юрьевна Андриянова²,
Горослан Михайлович Городничев³

^{1, 2, 3} Великолукская государственная академия
физической культуры и спорта,
Великие Луки, Россия

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА СПОРТСМЕНОВ РАЗНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ

Аннотация. В статье приведены результаты исследования электрофизиологических характеристик нервно-мышечного аппарата спортсменов разных специализаций. В исследовании приняли участие 20 спортсменов, специализирующихся в баскетболе и пауэрлифтинге. У спортсменов проводилась регистрация с мышц плеча и предплечья вызванных потенциалов при чрескожной электрической стимуляции шейного утолщения спинного мозга на уровне позвонков С6 – С7 в состоянии относительного мышечного покоя. Далее с применением метода поверхностной электромиографии у баскетболистов регистрировались электрические потенциалы мышц во время бросков мяча в корзину с дальней дистанции, а у пауэрлифтеров — при жиме штанги лежа на горизонтальной скамье. Статистический анализ проводили посредством параметрического (*t*-test для независимых переменных) и непараметрического (критерий Манна – Уитни) методов. Анализ распределения признаков на нормальность проводили с помощью критериев Шапиро – Уилка. Установлено, что при чрескожной электрической стимуляции шейного утолщения спинного мозга у баскетболистов пороги вызванных мышечных ответов были значительно ниже, а их амплитуда — выше, чем у пауэрлифтеров. В результате электромиографического исследования были выявлены ведущие мышцы, которые демонстрировали наибольшую электроактивность во время произвольных двигательных действий. При этом у пауэрлифтеров регистрировались более высокие параметры электромиограмм мышц, особенно ведущих, по сравнению с баскетболистами. В результате электрофизиологического исследования у спортсменов при произвольных двигательных действиях и вызванных сокращениях мышц были выявлены отличительные особенности функционирования нейромышечного аппарата в разных условиях его деятельности. Анализ параметров мышечных ответов, вызванных чрескожной электрической стимуляцией спинного мозга, позволил установить у баскетболистов более высокую возбудимость спинальных мотонейронов тестируемых мышц по сравнению с пауэрлифтерами. Однако при произвольных двигательных действиях электроактивность мышц, особенно ведущих, у пауэрлифтеров значительно превышала таковую у баскетболистов.

Ключевые слова: чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга, электромиография, спортсмены, нервно-мышечный аппарат

Research article

UDC 612.83; 612.741

DOI: 10.24412/2076-9091-2025-258-41-53

Elena Vladimirovna Lanskaya¹,
Ekaterina Yurievna Andriyanova²,
Ruslan Mikhailovich Gorodnichev³

^{1, 2, 3} Velikiye Luki State Academy
of Physical Culture and Sports,
Velikiye Luki, Russia

ELECTROPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE NEUROMUSCULAR APPARATUS OF ATHLETES OF DIFFERENT SPECIALIZATIONS

Abstract. The article presents the results of a study of the electrophysiological characteristics of the neuromuscular apparatus of athletes of different specializations. The study involved 20 athletes specializing in basketball and powerlifting. In athletes with shoulder and forearm muscles, evoked potentials were recorded during percutaneous electrical stimulation of the cervical thickening of the spinal cord at the level of C6 – C7 vertebrae in a state of relative muscle rest. Further, using the method of surface electromyography, the electrical muscle potentials were recorded in basketball players during long-range throws into the basket, and in powerlifters during bench presses lying on a horizontal bench. Statistical analysis was performed using parametric (*t*-test for independent variables) and nonparametric (Mann-Whitney test) methods. The analysis of the distribution of signs for normality was carried out using the Shapiro-Wilk's *W* test criteria. It was found that during percutaneous electrical stimulation of the cervical thickening of the spinal cord in basketball players, the thresholds of evoked muscle responses were significantly lower and their amplitude was higher than in powerlifters. As a result of the electromyographic study, the “leading” muscles were identified, which demonstrated the greatest electrical activity during voluntary motor actions. At the same time, higher parameters of electromyograms of muscles, especially the “leading” ones, were recorded in powerlifters compared with basketball players. As a result of electrophysiological examination of athletes with voluntary motor actions and electrically induced muscle contraction, distinctive features of the functioning of the neuromuscular apparatus in different conditions of its activity were revealed. Analysis of the parameters of muscle responses caused by percutaneous electrical stimulation of the spinal cord allowed us to establish a higher excitability of spinal motor neurons of the tested muscles in basketball players compared with powerlifters. However, during voluntary motor actions, the electrical activity of the muscles, especially the “leading” ones, in powerlifters significantly exceeded that of basketball players.

Keywords: percutaneous electrical stimulation of the spinal cord, electromyography, athletes, neuromuscular apparatus

Введение

Многолетние систематические занятия разными видами спорта сопровождаются специфическими адаптационными изменениями в функционировании нервно-мышечного аппарата, которые зависят от характера и объема физических нагрузок [2; 3]. Физиология мышечной деятельности ставит перед собой задачи, заключающиеся в оценке не только функционального состояния мышечной системы, но и систем ее обеспечения и регуляции. Электромиографические (стимуляционные) методы исследования, в числе которых чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга (ЧЭССМ), позволяют регистрировать вызванную активность мышц и на основе ее анализа давать достаточно полное представление об уровне подготовленности спортсменов, функциональном состоянии и степени адаптации нервно-мышечной системы к предъявляемым нагрузкам [1]. Метод поверхностной электромиографии (ЭМГ) заключается в регистрации и последующем анализе потенциалов действия в скелетных мышцах (синергистах и антагонистах), обеспечивающих выполнение спортивных двигательных действий различной координационной сложности [4]. Широкий спектр электрофизиологических методов исследования отражает объективное состояние нервно-мышечного аппарата и функциональных кондиций спортсмена с учетом специфики вида спорта, делает их перспективными для применения в области физиологии мышечной деятельности [9; 12].

Цель нашей работы заключалась в исследовании электрофизиологических характеристик нервно-мышечного аппарата спортсменов разных специализаций.

Методы и организация исследования

С применением методов ЧЭССМ и поверхностной ЭМГ регистрировались электрофизиологические характеристики при произвольных двигательных действиях и вызванном электрической стимуляцией сокращении мышц у пауэрлифтеров и баскетболистов. Общая характеристика участников исследования представлена в таблице 1.

Таблица 1

Общая характеристика участников исследования, М ± SD

Группы спортсменов	Возраст (лет)	Спортивная квалификация	Средний спортивный стаж, лет	Длина тела (см)	Масса тела (кг)	Индекс массы тела (кг/м ²)
Баскетболисты (n = 10)	20,5 ± 3,3	I взрослый разряд (n = 10)	12,5 ± 1,7	187,6 ± 8,0	78,1 ± 9,9	22,2 ± 2,5
Пауэрлифтеры (n = 10)	22,4 ± 1,7	I взрослый разряд (n = 6), КМС (n = 4)	11,7 ± 1,6	170,4 ± 2,8**	76,2 ± 4,2	26,2 ± 2,3**

Примечание: достоверные отличия от соответствующего показателя в группе баскетболистов при ** $p < 0,01$.

Обследовались только здоровые лица, которые на период исследований не имели острых и хронических заболеваний, были подробно информированы о цели и процедуре проводимых исследований и дали письменное согласие на участие в них. К исследованию привлекались только испытуемые-правши, регистрация ответов осуществлялась с ведущей верхней конечности. Литературные данные подтверждают, что абсолютному большинству спортсменов, независимо от специализации, присуще правшество сенсомоторных функций [8].

Для изучения электрофизиологических характеристик при вызванном электрической стимуляцией сокращении мышц осуществлялась регистрация вызванных моторных ответов (ВМО) с мышц правой верхней конечности (*m. biceps brachii*, *m. triceps brachii*, *m. flexor carpi radialis*, *m. extensor carpi ulnaris*) посредством неинвазивного метода чрескожной электрической стимуляции шейного утолщения спинного мозга со стороны остистых отростков на уровне позвонков С6 – С7 в положении испытуемых лежа на медицинской кушетке [10]. Данное исследование проводилось на базе Научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры Великолукской государственной академии физической культуры и спорта (ВЛГАФК). Для отведения и регистрации ВМО использовался 8-канальный электронейромиограф («Нейрософт МВП»). Стимулирующий электрод (катод) располагался между остистыми отростками позвонков С6 – С7. Стимулирующие индифферентные электроды (аноды) располагались симметрично на ключицах. Регистрировались пороги ВМО (мА) и максимальная амплитуда (от пика до пика) ВМО (мВ). За-регистрированные параметры ВМО при ЧЭССМ обрабатывали в специальной компьютерной программе «Нейрософт МВП».

Далее осуществлялось электромиографическое исследование с участием пауэрлифтеров (в специализированном тренажерном зале учебно-спортивного комплекса ВЛГАФК) и баскетболистов (в игровом зале учебно-спортивного комплекса ВЛГАФК). Применялся метод поверхностной ЭМГ для регистрации электрической активности *m. biceps brachii*, *m. triceps brachii*, *m. flexor carpi radialis*, *m. extensor carpi ulnaris* при выполнении пауэрлифтерами жима штанги лежа на горизонтальной скамье (90 % индивидуального максимума), а баскетболистами — броска мяча в корзину одной рукой от головы (сверху) с дальней дистанции. Спортсменам давалось три попытки для выполнения каждого спортивного двигательного действия, регистрировался лучший результат. Регистрировались параметры ЭМГ: средняя амплитуда (мкВ), средняя частота биопотенциалов (Гц), интегрированная электроактивность (интеграл) ЭМГ мышц (мкВ·с). Отведение и регистрация биопотенциалов мышц осуществлялись с помощью современного 16-канального электромиографа MegaWin ME 6000 (Финляндия, 2008), а обработку полученных данных проводили в специальной компьютерной программе MegaWin.

Статистический анализ проводили посредством параметрического (*t*-test для независимых переменных) и непараметрического (критерий Манна – Уитни) методов при уровне значимости $p < 0,05$. Анализ распределения

признаков на нормальность проводили с помощью критериев Шапиро – Уилка. Для анализа взаимосвязи между параметрами рассчитывали коэффициенты корреляции Пирсона или ранговой корреляции Спирмана.

Результаты исследования

В таблице 2 представлены показатели порогов и максимальной амплитуды ВМО при ЧЭССМ на уровне позвонков С6 – С7, по которым оценивалась возбудимость спинальных α -мотонейронов шейного утолщения спинного мозга у спортсменов разных видов спорта.

Таблица 2

**Показатели параметров ВМО при ЧЭССМ
у представителей разных видов спорта, М \pm SD**

Параметры ВМО	Баскетболисты	Пауэрлифтеры
m. biceps brachii		
Порог (мА)	22,50 \pm 2,84**	39,00 \pm 2,38
Максимальная амплитуда (мВ)	2,52 \pm 0,17*	0,85 \pm 0,14
m. triceps brachii		
Порог (мА)	15,50 \pm 1,46***	37,50 \pm 2,39
Максимальная амплитуда (мВ)	2,86 \pm 0,48**	0,74 \pm 0,12
m. flexor carpi radialis		
Порог (мА)	24,17 \pm 2,12	37,50 \pm 2,28
Максимальная амплитуда (мВ)	3,21 \pm 0,75**	0,96 \pm 0,23
m. extensor carpi ulnaris		
Порог (мА)	25,58 \pm 2,73*	37,50 \pm 3,20
Максимальная амплитуда (мВ)	3,20 \pm 0,68**	0,51 \pm 0,05

Примечание: достоверные отличия от соответствующего показателя в группе пауэрлифтеров при * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Результаты исследования позволили заключить, что возбудимость спинально-мотонейронных пулов m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. flexor carpi radialis, m. extensor carpi ulnaris у баскетболистов, тренирующих координацию и выполняющих скоростно-силовые нагрузки (преимущественно ациклические) в режиме переменной мощности, была значительно выше, чем у пауэрлифтеров, систематически выполняющих кратковременные ациклические физические нагрузки силового характера. Об этом свидетельствуют более низкие моторные пороги возбуждения и значительно более высокие показатели максимальной амплитуды ВМО у баскетболистов в сравнении с пауэрлифтерами.

Следует также отметить отсутствие достоверно значимых различий между показателями параметров ВМО мышц-антагонистов ($p > 0,05$) как в группе

баскетболистов, так и в группе пауэрлифтеров. Наряду с этим значения порогов и максимальной амплитуды ВМО мышц плеча были примерно сопоставимы с таковыми, зарегистрированными с мышц предплечья (см. табл. 2).

В результате соматометрического обследования спортсменов были выявлены достоверные различия в показателях длины и индекса массы тела в группах пауэрлифтеров и баскетболистов (см. табл. 1). Так, в частности, длина тела баскетболистов в среднем составила $187,58 \pm 8,00$ см, что превышает данный показатель у пауэрлифтеров на 10,08 % ($p < 0,01$). При этом индекс массы тела игроков был ниже, чем у представителей силового вида на 15,48 % ($p < 0,01$).

В связи с тем, что существует зависимость показателей физического развития, которые могут различаться у спортсменов разных специализаций, от компонентов массы тела как в детском и подростковом, так и в юношеском возрасте [6; 7], мы не исключили наличие возможной взаимосвязи между показателями соматометрического обследования и параметрами сегментарных ВМО (порога и максимальной амплитуды), представленных в таблице 2. В связи с этим был проведен корреляционный анализ между данными показателями, который не выявил достоверно значимых корреляционных взаимосвязей ($p > 0,05$). Но, несмотря на отсутствие достоверных корреляций, наблюдается тенденция к возникновению корреляционной зависимости между индексом массы тела и изучаемыми параметрами ВМО ($p < 0,1$). В качестве примера в таблице 3 приведены результаты корреляционного анализа соматометрических и электронейромиографических параметров *m. triceps brachii* и *m. flexor carpi radialis*.

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции параметров ВМО
и соматометрического обследования спортсменов**

Параметры ВМО	Баскетболисты			Пауэрлифтеры		
	Длина тела (см)	Масса тела (кг)	Индекс массы тела (кг/м ²)	Длина тела (см)	Масса тела (кг)	Индекс массы тела (кг/м ²)
<i>m. triceps brachii</i>						
Порог (мА)	$r = 0,30$	$r = 0,12$	$r = 0,30 \square$	$r = 0,17$	$r = 0,22$	$r = 0,44 \square$
Максимальная амплитуда (мВ)	$r = -0,23$	$r = 0,14$	$r = -0,36 \square$	$r = 0,19$	$r = 0,41$	$r = -0,39 \square$
<i>m. flexor carpi radialis</i>						
Порог (мА)	$r = 0,25$	$r = 0,10$	$r = 0,43 \square$	$r = 0,12$	$r = 0,18$	$r = 0,39 \square$
Максимальная амплитуда (мВ)	$r = 0,19$	$r = 0,22$	$r = -0,37 \square$	$r = 0,24$	$r = 0,22$	$r = -0,29 \square$

Примечание: уровень значимости корреляционного отношения параметров ВМО при $p < 0,1$. Во всех остальных случаях — $p > 0,05$.

Метод ЧЭССМ был предложен, описан и использован группами авторов [10; 11]. Следует отметить, что механизмы формирования ВМО при чрескожной электрической стимуляции разных отделов спинного мозга

различны. Литературные данные [11] и результаты собственного исследования свидетельствуют о том, что ЧЭССМ на уровне позвонков С6 – С7 приводит к возникновению прямых мотонейронных аксонально-мышечных ответов. В свою очередь, при чрескожной стимуляции поясничного отдела спинного мозга активируются главным образом нейроны афферентных дорсальных корешков спинного мозга, и в рефлекторных ответах мышц нижних конечностей имеется моносинаптический компонент [10].

Анализ электроактивности мышц спортсменов позволяет создавать модельные характеристики выполнения различных технических элементов, включающие выявление ведущих мышц, которые демонстрировали наибольшую электроактивность при выполнении разных по координационной структуре движений. При жиме штанги лежа наиболее активной являлась *m. triceps brachii*, а при баскетбольном броске с дальней дистанции — *m. flexor carpi radialis* (табл. 4). На рисунках 1 и 2 представлены ЭМГ тестируемых мышц при выполнении спортсменами данных спортивных движений.

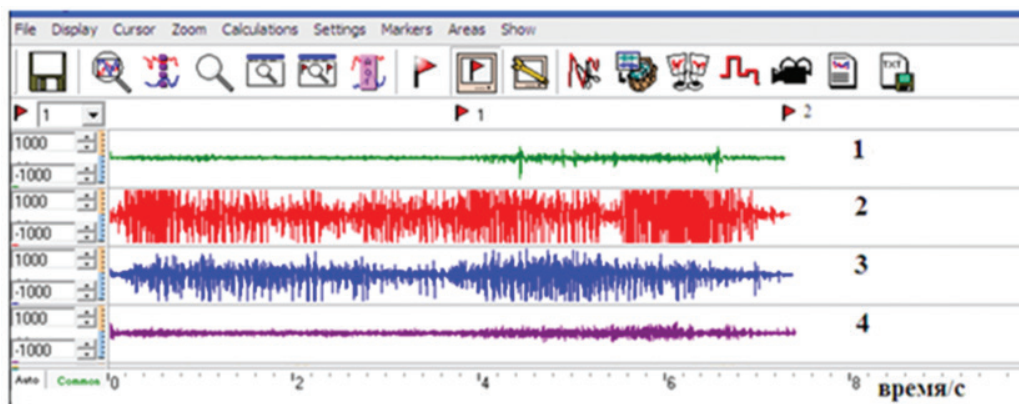
Таблица 4

**Электромиографические параметры мышц
при выполнении спортсменами двигательных действий, М ± SD**

Параметры ЭМГ	Баскетболисты (выполнение броска с дальней дистанции)	Пауэрлифтеры (жим штанги лежа)
<i>m. biceps brachii</i>		
Средняя амплитуда (мкВ)	46,4 ± 2,36*	81,12 ± 13,32
Интеграл (мкВ·с)	150,6 ± 19,98*	284,33 ± 66,1
Средняя частота (Гц)	60,0 ± 4,1	76,98 ± 6,86
<i>m. triceps brachii</i>		
Средняя амплитуда (мкВ)	76,2 ± 5,85***	514,45 ± 61,94
Интеграл (мкВ·с)	311,0 ± 29,74***	1752,95 ± 306,3
Средняя частота (Гц)	71,4 ± 3,44**	134,97 ± 1,12
<i>m. flexor carpi radialis</i>		
Средняя амплитуда (мкВ)	178,6 ± 6,35	186,65 ± 10,09
Интеграл (мкВ·с)	908,8 ± 40,63*	656,2 ± 35,62
Средняя частота (Гц)	146,2 ± 2,37	106,58 ± 3,71
<i>m. extensor carpi ulnaris</i>		
Средняя амплитуда (мкВ)	98,4 ± 5,39	111,93 ± 20,67
Интеграл (мкВ·с)	496,2 ± 14,13	414,88 ± 97,53
Средняя частота (Гц)	88,2 ± 5,8	79,22 ± 6,65

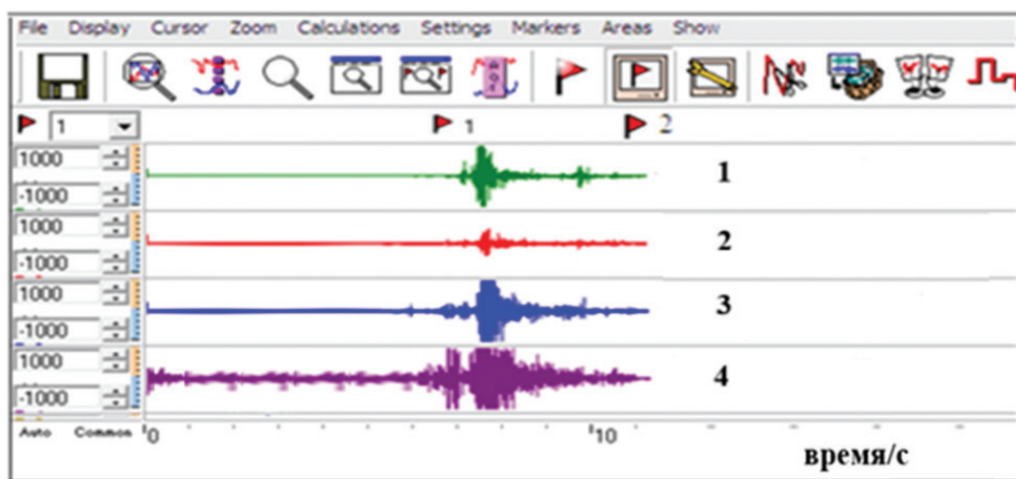
Примечание: достоверные отличия от соответствующего показателя в группе пауэрлифтеров при * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Одним из основных параметров оценки ЭМГ является амплитуда ее колебаний. Колебания ЭМГ связаны с асинхронностью возбуждения ДЕ мышцы:



Примечание: 1 — m. biceps brachii, 2 — m. triceps brachii, 3 — m. flexor carpi radialis, 4 — m. extensor carpi ulnaris (флажок 1 — начало движения, флажок 2 — завершение движения).

Рис. 1. Электромиограммы при выполнении двигательного действия пауэрлифтером



Примечание: 1 — m. triceps brachii, 2 — m. biceps brachii, 3 — m. extensor carpi ulnaris, 4 — m. flexor carpi radialis (флажок 1 — начало движения, флажок 2 — завершение движения).

Рис. 2. Электромиограммы при выполнении двигательного действия баскетболистом

при увеличении мышечного напряжения в работу включаются новые ДЕ, потенциалы действия которых наслаиваются и суммируются друг с другом. Величина амплитуды потенциала ДЕ зависит от структурно-функциональных особенностей аксона и мышечных волокон, составляющих ДЕ. Средняя амплитуда ЭМГ имеет линейную зависимость с силой мышечного сокращения в связи с суммированием ряда факторов: увеличением количества рекрутируемых ДЕ, синхронизацией их активности и повышением частоты их разрядов [5].

Еще одним популярным показателем обработки ЭМГ является ее интегрирование (преобразование всех значений ЭМГ по модулю, и визуальное на графике

она, как правило, представляет собой огибающую, без резких перепадов и пересечения изолинии). Интегрированная ЭМГ, складывающаяся из значений амплитуды и частоты электрической активности мышц, позволяет определить амплитуду мышечной электроактивности в определенный момент времени и среднюю амплитуду за отрезок времени.

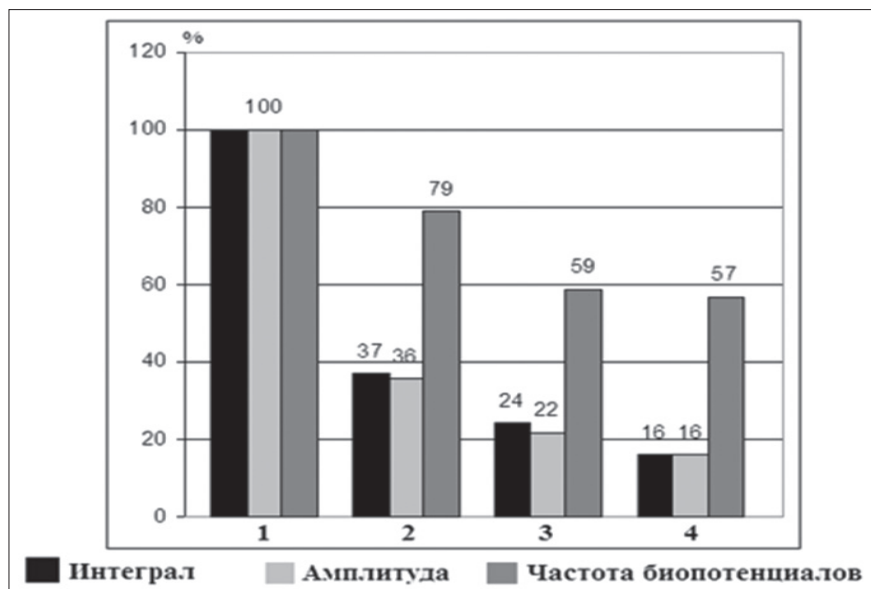
В результате проведенного корреляционного анализа выявлены недостоверные ($p > 0,05$), очень слабые или слабые корреляции между соматометрическими и электромиографическими показателями.

Данные таблицы 4 свидетельствуют о том, что у пауэрлифтеров при реализации движений силового характера регистрировался самый высокий уровень электрической активности мышц, что связано с механизмами рекрутирования большого количества ДЕ, чем при выполнении точностных спортивных движений. Однако следует отметить, что интегрированная электроактивность и частота биопотенциалов мышц предплечья (*m. flexor carpi radialis*, *m. extensor carpi ulnaris*) были выше при выполнении дальнего баскетбольного броска, чем при жиме штанги. Известно, что чем больше величина развиваемого мышечного усилия, тем больше интеграл ЭМГ [5]. В связи с этим можно предположить, что при выполнении дальних баскетбольных бросков мышцы предплечья, особенно *m. flexor carpi radialis*, являющаяся ведущей мышцей, развивают большее усилие, чем те же мышцы при жиме штанги лежа.

В результате оценки электромиографических параметров при выполнении спортсменами двигательных действий было установлено, что более высокие значения интеграла активности биопотенциалов достигались как за счет увеличения амплитуды колебаний ЭМГ, то есть механизма рекрутирования большего числа двигательных единиц (ДЕ), так и за счет возрастания частоты колебаний ЭМГ, то есть частоты импульсации мотонейронов в составе этих ДЕ. Такое взаимообусловленное повышение данных показателей представлено на рисунках 3 и 4.

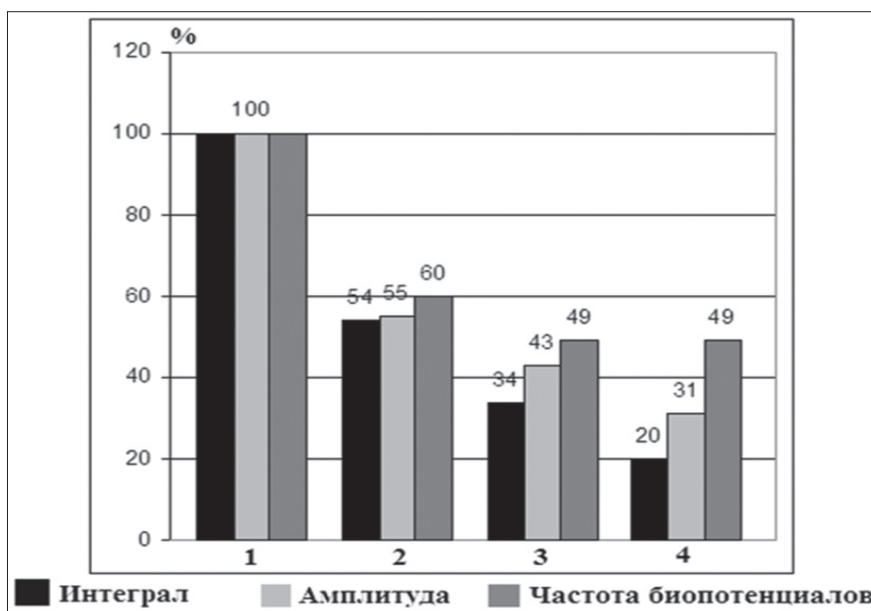
Заключение

Таким образом, в настоящем исследовании показано, что у спортсменов при произвольных двигательных действиях и вызванном электрической стимуляцией сокращении мышц выявлены отличительные особенности функционирования нейромышечного аппарата в разных условиях его деятельности. В результате анализа показателей, вызванных ответов мышц плеча и предплечья, зарегистрированных при чрескожной электрической стимуляции шейного утолщения спинного мозга, было установлено, что возбудимость спинальных α -мотонейронов у баскетболистов значительно превышала таковую у пауэрлифтеров. Наряду с этим, при произвольных двигательных действиях более высокая электроактивность мышц, особенно ведущих, регистрировалась у пауэрлифтеров по сравнению с баскетболистами.



Примечание: 1 — m. triceps brachii, 2 — m. flexor carpi radialis, 3 — m. extensor carpi ulnaris, 4 — m. biceps brachii.

Рис. 3. Показатели электромиографических параметров по отношению к значениям m. triceps brachii при жиме штанги лежа, %



Примечание: 1 — m. flexor carpi radialis, 2 — m. extensor carpi ulnaris, 3 — m. triceps brachii, 4 — m. biceps brachii.

Рис. 4. Показатели электромиографических параметров по отношению к значениям m. flexor carpi radialis при выполнении дальнего баскетбольного броска, %

Список источников

1. Андриянова Е. Ю., Ланская О. В. Механизмы двигательной пластичности спинномозговых нервных цепей на фоне долговременной адаптации к спортивной деятельности // Физиология человека. 2014. Т. 40, № 3. С. 73–85. <https://doi.org/10.7868/S0131164614030023>
2. Городничев Р. М., Шляхтов В. Н. Физиология силы. М.: Спорт, 2016. 232 с. URL: <https://rucont.ru/efd/641353>
3. Нопин С. В., Корягина Ю. В., Тер-Акопов Г. Н. Тестирование функционального состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов циклических и ситуационных видов спорта // Теория и практика физической культуры. 2020. № 4. С. 25–27. https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_02_47
4. Облецова Т. А., Пухов А. М. Особенности временных и электромиографических параметров специально-подготовительных упражнений баскетболистов на координационной лестнице // Ученые записки университета Лесгафта. 2019. № 9 (175). С. 215–220.
5. Персон Р. С. Электромиография в исследованиях человека. Москва: Наука, 1969. 331 с.
6. Сокольская Т. И., Максименко В. Б., Гулин А. В. Влияние состава тела на процессы физического развития в детском, подростковом и юношеском возрасте // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. 2009. Т. 88, № 6. С. 65–72.
7. Сонькин В. Д., Парфентьева О. И. Нелинейная зависимость показателей моторного развития от ИМТ у мальчиков-школьников 7–12 лет // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология. 2023. № 1. С. 49–61. <https://doi.org/10.32521/2074-8132.2023.1.049-061>
8. Тришин А. С. Индивидуальный профиль асимметрии как фактор двигательного стереотипа квалифицированных спортсменов / А. С. Тришин, Е. С. Тришин, Ю. А. Кудряшова и др. // Физическая культура, спорт — наука и практика. 2020. № 3. С. 30–34. https://doi.org/10.53742/1999-6799_2020_03_30
9. Gerasimenko Y. P., Lu D. C., Modaber M., eds. Noninvasive reactivation of motor descending control after paralysis // J Neurotrauma. 2015. Vol. 32. № 24. P. 1968–1980. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4008>
10. Minassian K., Persy I., Rattay F., eds. Posterior root-muscle reflexes elicited by transcutaneous stimulation of the human lumbosacral cord // Muscle Nerve. 2007. Vol. 35. № 3. P. 327–336. <https://doi.org/10.1002/mus.20700>
11. Sabbahi M. A., Sengul Y. S. Cervical multisegmental motor responses in healthy subjects // Spinal cord. 2012. № 50. P. 432–439. <https://doi.org/10.1038/sc.2011.166>
12. Xue L., Ye Q., Wu L., eds. Magneto-mechanical effect of magnetic microhydrogel for improvement of magnetic neuro-stimulation // Nano Research. 2023. Vol. 16. № 5. P. 7393–7404. <https://doi.org/10.1007/s12274-023-5464-x>

References

1. Andrianova E. Yu., Lanskaya O. V. Mechanisms of motor plasticity of spinal nerve circuits against the background of long-term adaptation to sports activity. Human Physiology. 2014;40(3):73–85. (In Russ.). <https://doi.org/10.7868/S0131164614030023>
2. Gorodnichev R. M., Shlyakhtov V. N. The physiology of strength. Moscow: Sport; 2016. 232 p. (In Russ.). URL: <https://rucont.ru/efd/641353>

3. Nopin S. V., Koryagina Yu. V., Ter-Akopov G. N. Testing the functional state of the musculoskeletal system of athletes in cyclic and situational sports. Theory and practice of physical culture. 2020;(4):25–27. (In Russ.). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_02_47
4. Obletsova T. A., Pukhov A. M. Features of temporal and electromyographic parameters of special preparatory exercises of basketball players on the coordination ladder. Scientific notes of Lesgaft University. 2019;(175):215–220. (In Russ.).
5. Person R. S. Electromyography in human research. Moscow: NAUKA Publishing House; 1969. 331 p. (In Russ.). URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007321744>
6. Sokolskaya T. I. The influence of body composition on the processes of physical development in childhood, adolescence and adolescence. Pediatrics. G. N. Speransky Journal. 2009;88(6):65–72. (In Russ.).
7. Sonkin V. D., Parfentieva O. I. The nonlinear dependence of motor development indicators on BMI in schoolboys aged 7–12 years. Bulletin of the Moscow University. Series 23. Anthropology. 2023;(1):49–61. (In Russ.). <https://doi.org/10.32521/2074-8132.2023.1.049-061>
8. Trishin A. S., Trishin E. S., Kudryashova Yu. A. et al. Individual profile of asymmetry as a factor in the motor stereotype of qualified athletes. Physical culture, sport — science and practice. 2020;(3):30–34. (In Russ.). https://doi.org/10.53742/1999-6799_2020_03_30
9. Gerasimenko Y. P., Lu D. C., Modaber M., eds. Noninvasive reactivation of motor descending control after paralysis. J Neurotrauma. 2015;32(24):1968–1980. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4008>
10. Minassian K., Persy I., Rattay F., eds. Posterior root-muscle reflexes elicited by transcutaneous stimulation of the human lumbosacral cord. Muscle Nerve. 2007;35(3):327–336. <https://doi.org/10.1002/mus.20700>
11. Sabbahi M. A., Sengul Y. S. Cervical multisegmental motor responses in healthy subjects. Spinal cord. 2012;(50):432–439. <https://doi.org/10.1038/sc.2011.166>
12. Xue L., Ye Q., Wu L., eds. Magneto-mechanical effect of magnetic microhydrogel for improvement of magnetic neuro-stimulation. Nano Research. 2023;16(5):7393–7404. <https://doi.org/10.1007/s12274-023-5464-x>

Информация об авторах / Information about the authors:

Ланская Елена Владимировна — заведующая канцелярией, Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки, Россия.

Lanskaya Elena Vladimirovna — Head of Chancery, Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikiye Luki, Russia.

lanskaya2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9137-9826>

Андриянова Екатерина Юрьевна — доктор биологических наук, профессор, проректор по учебной работе; профессор кафедры физиологии и спортивной медицины, Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки, Россия.

Andriyanova Ekaterina Yurievna — Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs; Professor of the Department of Physiology and Sports

Medicine, Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikiye Luki, Russia.

<http://orcid.org/0000-0001-8417-1701>

Городничев Руслан Михайлович — заслуженный работник физической культуры Российской Федерации, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и спортивной медицины; профессор кафедры физиологии и спортивной медицины, Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки, Россия.

Gorodnichev Ruslan Mikhailovich — Honored Worker of Physical Culture of the Russian Federation, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology and Sports Medicine; Professor of the Department of Physiology and Sports Medicine, Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikiye Luki, Russia.

<http://orcid.org/0000-0002-9575-9647>

Статья поступила в редакцию: 13.01.2025;
одобрена после доработки: 18.01.2025;
принята к публикации: 07.03.2025.

The article was submitted: 13.01.2025;
approved after reviewing: 18.01.2025;
accepted for publication: 07.03.2025.