УДК 612.741

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ У СПОРТСМЕНОВ ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ МУЖСКОГО И ЖЕНСКОГО ПОЛА ВО ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЯЖЕЛОАТЛЕТИЧЕСКОГО РЫВКА

Абуталимова С.М., Корягина Ю.В., Нопин С.В.
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», Ессентуки, Россия

Ключевые слова: спортсмены, тяжелоатлеты, тяжелоатлетический рывок, электромиография, функциональное состояние, нервно-мышечная система.

Аннотация. Цель работы – исследовать и сравнить показатели поверхностной электромиографии у спортсменов мужского и женского пола во время выполнения тяжелоатлетического рывка. В ходе исследования было выявлено, что сила и скорость мышечных сокращений увеличиваются с возрастанием амплитудных и частотных характеристик ЭМГ. Однако, это зависит от половых особенностей. Несмотря на высокие показатели частотных характеристик электромиографии у женщин, что вероятнее всего свидетельствует о высокой частоте импульсации, амплитуда мышечного сокращения выше у мужчин из-за более высоких функциональных возможностей мышц.

COMPARATIVE ANALYSIS OF INDICATORS OF SURFACE ELECTROMYOGRAPHY OF MALE AND FEMALE WEIGHTLIFTERS IN THE WEIGHTLIFTING SNATCH

S.M. Abutalimova, Yu.V. Koryagina, S.V. Nopin
FSBI "North Caucasus Federal research and clinical center of the FMBA", Essentuki, Russia

Keywords: athletes, weightlifters, weightlifting snatch, electromyography, functional status, neuromuscular system.

Annotation. The purpose of the research is to examine and compare the indicators of surface electromyography in male and female athletes in the weightlifting snatch. The study has found that the strength and speed of muscle contractions increase with increasing of amplitude and frequency characteristics of

electromyography (EMG). However, it depends on sex characteristics. Despite the high frequency characteristics of electromyography in female athletes, which most likely indicates a high impulsation frequency, the amplitude of muscle contraction is higher in male athletes due to the higher functional capabilities of the muscles.

Введение.

Поверхностная (суммарная, глобальная, интерференционная) электромиография (пЭМГ) – один из наиболее информативных и адекватных методов оценки функционального состояния мышц. В качестве метода диагностики в разных отраслях медицины и спортивной подготовки пЭМГ используется достаточно давно [1,2]. ПЭМГ позволяет исследовать функциональное состояние одной или нескольких мышц путем анализа биоэлектрической активности двигательных единиц в покое и в движении. Особый интерес для ученых, проводящих исследования в области спорта, представляет анализ мышечной работы при выполнении скоростно-силовых упражнений [3,4]. Обзор литературы показал высокую заинтересованность отечественных и иностранных специалистов в биомеханическом и электромиографическом анализе техники выполнения базовых упражнений в тяжелой атлетике. Известно, что выполнение базовых тяжелоатлетических упражнений задействует весь опорно-двигательный аппарат спортсмена, результатом чего является гипертрофия скелетной мускулатуры [5,6,7]. В распоряжении тренеров и врачей спортивной медицины имеются общие представления о работе нервно-мышечного аппарата во время выполнения тяжелоатлетических упражнений. Однако, неизвестно, существуют ли различия между показателями пЭМГ у спортсменов разного пола [8,9,10,11]. Электромиографическое исследование мышечной работы во время выполнения тяжелоатлетического рывка позволит оценить амплитуду, а также исследовать частотные характеристики мышечного сокращения у спортсменов разного пола.

Цель работы: исследовать и сравнить показатели пЭМГ у спортсменов мужского и женского пола во время выполнения тяжелоатлетического рывка.

Работа выполнена по государственному контракту Министерства спорта Российской Федерации № 0173100014420000023 от 15.06.2020 на выполнение НИР «Разработка методики экспресс-контроля за техникой выполнения тяжелоатлетических упражнений спортсменами высокой квалификации в условиях тренировочной деятельности».

Методы и организация исследования.

Исследования проводились в Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России в г. Кисловодске на горе Малое седло на высоте 1240 м. в условиях учебно-тренировочных сборов спортсменов в ФГУП «Юг спорт». В исследовании приняли участие 52 тяжелоатлета (35 мужчин и 17 женщин), квалификации МС и МСМК, члены сборной команды Российской Федерации по тяжелой атлетике. Все участники дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Электромиография проводилась на BTS FREEEMG. BTS FREEEMG – это полностью беспроводная система динамической ЭМГ диагностики. BTS FREEEMG интегрирована с системой анализа движений BTS на базе специализированного программного обеспечения SMART системы BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия). Система работает с 8 миниатюрными беспроводными датчиками с активными электродами весом менее 9 грамм. Частота дискретизации до 4 кГц и разрешение 16 бит обеспечивают высокое качество и точность сигнала, с низким уровнем шума и отсутствием артефактов. Дальность приема сигнала – до 30 м между датчиками и регистратором и до 350 м между регистратором и рабочей станцией. В исследовании велась регистрация электромиографических параметров работы мышц: трапециевидной, латеральной широкой мышцы бедра, двуглавой мышцы бедра и икроножной мышцы.

При выполнении тяжелоатлетического упражнения рывка было выделено несколько фаз: тяга (тяга 1.1, тяга 1.2), подрыв (подрыв2.1, подрыв 2.2), подсед (подсед 3.1, подсед 3.2), вставание.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения Statistica 13.0 и заключалась в сравнения показателей групп, сформированных по полу с помощью непараметрического U критерия Манна-Уитни (для сравнения двух независимых групп).

Результаты и их обсуждение.

Сравнительный анализ показателей средней амплитуды левой трапециевидной мышцы у мужчин и женщин показал достоверные отличия при выполнении рывка в фазу тяги 1.2. Было выявлено, что амплитуда мышечного сокращения у мужчин имела более высокие значения (мужчины 0,41±0,21 мВ, женщины 0,28±0,09 мВ $p \leqslant 0,03$). Средняя амплитуда правой трапециевидной мышцы у мужчин и женщин также имела достоверные различия в фазы тяги 1.1 (мужчины 0,17±0,1мВ, женщины 0,11±0,06 мВ $p \leqslant 0,04$) и тяги 1.2 (мужчины 0,42±0,23 мВ, женщины 0,21±0,09 мВ $p \leqslant 0,003$). В таблице 1 представлены средние значения максимальной амплитуды ЭМГ

правой трапециевидной мышцы при выполнении рывка тяжелоатлетами мужского и женского пола.

Таблица 1

Средние значения максимальной амплитуды ЭМГ правой трапециевидной мышцы в рывке у мужчин и женщин тяжелоатлетов, мВ

№ п/п	Фазы	Группы		P<
		Мужчины M±σ	Женщины M±σ	
1	Тяга 1.1	1,48±0,81	0,72±0,39	0,005
2	Тяга 1.2	1,76±0,83	1±0,47	0,007
3	Подрыв 2.1	1,28±0,75	1,1±0,6	-
4	Подрыв 2.2	1,53±0,83	1,6±1,08	-
5	Подсед 3.1	2,4±0,79	1,87±0,6	0,02
6	Подсед 3.2	2,94±1,12	2,58±1,19	-
7	Вставание 4	2,68±1,3	2,55±0,99	-

Максимальная амплитуда ЭМГ правой трапециевидной мышцы у мужчин выше в фазы тяги 1.1 ($p \leqslant 0,005$), тяги 1.2 ($p \leqslant 0,007$), подседа 3.1 ($p \leqslant 0,02$) в сравнении с женщинами. Анализ частотных характеристик ЭМГ выявил более высокую доминирующую (пиковую) (мужчины 59,3±21,1 Гц, женщины 72,2±16,9 Гц $p \leqslant 0,04$) и медианную (мужчины 67±13,7 Гц, женщины 74,7±6 Гц) частоту биоэлектрической активности левой трапециевидной мышцы в фазу подседа 3.2 рывка у женщин тяжелоатлетов в сравнении с мужчинами. Доминирующая (пиковая) (мужчины 51,8±22,6 Гц, женщины 69,3±15,1 Гц $p \leqslant 0,01$) и медианная (мужчины 60,8±9,4 Гц, женщины 73±9,8 Гц $p \leqslant 0,003$) частоты биоэлектрической активности правой трапециевидной мышцы аналогично левой имели более высокие значения у женщин в сравнении с мужчинами в фазу подседа 3.2. Средняя частота биоэлектрической активности правой трапециевидной мышцы достоверно выше у женщин в фазу подседа 3.2 (мужчины 68,8±7,5 Гц, женщины 79±11,8 Гц $p \leqslant 0,007$) и вставания 4 (мужчины 67,6±8,6 Гц, женщины 74,6±9,4 Гц $p \leqslant 0,01$). Следовательно, сравнивая показатели пЭМГ левой и правой трапециевидных мышц, можно говорить о более высоких амплитудах мышечного сокращения у мужчин тяжелоатлетов, однако, частотные характеристики выше у женщин.

Анализ пЭМГ левой латеральной широкой мышцы бедра в рывке показал более высокие значения средней амплитуды в фазу подрыва 2.2 (мужчины 0,24±0,15 мВ, женщины 0,15±0,07 мВ $p \leqslant 0,02$), средней частоты в фазы тяги 1.1 (мужчины 75,9±19,8 Гц, женщины 59,3±10,8 Гц $p \leqslant 0,005$), тяги 1.2 (мужчины 86,3±17,4 Гц, женщины 70,2±12,3 Гц $p \leqslant 0,01$), вставания 4 (мужчины 83,2±17,8 Гц, женщины 69,1±12,6 Гц $p \leqslant 0,02$) и медианной частоты в фазы тяги 1.1 (мужчины 63,5±18 Гц, женщины 48,9±10,9 Гц $p \leqslant 0,004$), тяги 1.2 (мужчины 72,9±15,4 Гц, женщины 61,2±11,2 Гц $p \leqslant 0,03$), вставания 4 (мужчины 71±15,8 Гц, женщины 62±13,6 Гц $p \leqslant 0,02$) у мужчин тяжелоатлетов в сравнении с женщинами. Анализ частотных характеристик пЭМГ правой латеральной широкой мышцы бедра показал достоверно более высокие значения доминирующей (пиковой) частоты у женщин в фазу рывка подсед 3.1 (мужчины 31,7±19 Гц, женщины 47,7±19,1 Гц $p \leqslant 0,02$). Исходя из полученных данных, можем заключить, что амплитудные и частотные показатели пЭМГ левой латеральной широкой мышцы бедра выше у мужчин тяжелоатлетов, а пиковая частота правой латеральной широкой мышцы бедра выше у женщин.

ЭМГ левой двуглавой мышцы бедра в рывке у мужчин (длинная головка - средняя часть) показала более высокие значения средней амплитуды в фазу подрыва 2.2 (мужчины 0,27±0,15 мВ, женщины 0,16±0,1мВ $p \leqslant 0,02$) и максимальной амплитуды в фазу вставания 4 (мужчины 1,17±0,54 мВ, женщины 0,65±0,17 мВ $p \leqslant 0,002$) в сравнении с женщинами.

В таблице 2 представлены средние значения средней амплитуды ЭМГ правой двуглавой мышцы бедра (длинная головка - средняя часть) в рывке у мужчин и женщин тяжелоатлетов.

В фазы тяга 1.2 ($p \leqslant 0,03$), подрыв 2.2 ($p \leqslant 0,009$), подсед 3.1 ($p \leqslant 0,02$), вставание 4 ($p \leqslant 0,01$) показатели средней амплитуды ЭМГ правой двуглавой мышцы бедра у мужчин достоверно выше в сравнении с женщинами. Однако у женщин выше показатели доминирующей (пиковой) частоты в фазу вставания 4 (мужчины 41,5±10,7 Гц, женщины 50,3±10,8 Гц $p \leqslant 0,02$). Анализируя полученные показатели пЭМГ левой и правой двуглавых мышц бедра, можем заключить: 1) амплитудные показатели выше у мужчин; 2) пиковая частота правой двуглавой мышцы бедра выше у тяжелоатлетов женского пола.

Электромиографическое исследование левой икроножной мышцы показало, что в фазу тяги 1.2 показатели средней частоты (мужчины 94±11,2 Гц, женщины 83,3±9,3 Гц $p \leqslant 0,02$) и медианной частоты (мужчины 79,3±11,6 Гц, женщины 64±19,4 Гц $p \leqslant 0,02$) биоэлектрической активности у мужчин

достоверно выше. У женщин тяжелоатлетов в фазу подседа 3.1 показатель доминирующей частоты биоэлектрической активности левой икроножной мышцы выше в сравнении с мужчинами (мужчины 44,3±28,3, женщины 51,1±26, p⩽0,004).

Таблица 2

Средние значения средней амплитуды ЭМГ правой двуглавой мышцы бедра (длинная головка - средняя часть) в рывке у мужчин и женщин тяжелоатлетов, мВ

№ п/п	Фазы	Группы		P<
		Мужчины M±σ	Женщины M±σ	
1	Тяга 1.1	0,1±0,06	0,09±0,02	-
2	Тяга 1.2	0,31±0,13	0,23±0,15	0,03
3	Подрыв 2.1	0,41±0,19	0,35±0,21	-
4	Подрыв 2.2	0,36±0,19	0,23±0,12	0,009
5	Подсед 3.1	0,29±0,13	0,19±0,12	0,02
6	Подсед 3.2	0,18±0,09	0,13±0,04	-
7	Вставание 4	0,23±0,11	0,18±0,16	0,01

Показатели средней амплитуды ЭМГ правой икроножной мышцы (латеральная головка - средняя часть) в рывке у мужчин тяжелоатлетов достоверно выше в фазах подрыва 2.1 (мужчины 0,41±0,23 мВ, женщины 0,26±0,1 мВ, p⩽0,02) и подседа 3.2 (мужчины 0,18±0,14 мВ, женщины 0,10±0,07 мВ, p⩽0,04). Показатели средней частоты биоэлектрической активности правой икроножной мышцы в фазу подседа 3.1 также оказались выше у мужчин тяжелоатлетов в сравнении с женщинами (мужчины 61,8±24,5 Гц, женщины 46,3±14,6 Гц, p⩽0,04).

Заключение.

Анализируя полученные данные, мы можем сделать вывод о более высокой интенсивности мышечного сокращения у мужчин тяжелоатлетов в сравнении с женщинами. Несмотря на высокие показатели частотных характеристик электромиографии у женщин, что вероятнее всего свидетельствует о высокой частоте импульсации, амплитуда мышечного сокращения выше у мужчин из-за более высоких функциональных

возможностей мышц. Таким образом, данные, полученные нами в ходе исследования, свидетельствуют о том, что сила и скорость мышечных сокращений увеличиваются с возрастанием амплитудных и частотных характеристик ЭМГ, однако это зависит от половых особенностей.

Список литературы

1. Власова С.В. Количественная электромиографическая оценка межмышечного взаимодействия у спортсменов/ С.В. Власова, В.И. Ходулев, Г.Н. Пономарев // В поисках нового прорыва. – 2016. – № 8. – С. 97-99.

2. Ципин Л.Л. Методологические аспекты применения электромиографии при изучении спортивных движений разной интенсивности / Л.Л. Ципин // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – №. 8. – С. 188-193.

3. Ципин Л.Л. Регистрация электрической активности мышц спортсменов при изучении высокоамплитудных двигательных действий / Л. Л. Ципин, Ф.Е. Захаров, М.А. Самсонов // Труды кафедры биомеханики университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2012. – №. 1. – С. 36-43.

4. Поповская М.Н. Регуляция концентрического мышечного сокращения у спортсменов, адаптированных к двигательной деятельности разной направленности / М.Н. Поповская, С.А. Моисеев, И.И. Таран, А.М. Пухов [с соавт.] // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Т.18. – №1. – С.101-105.

5. Заяц А.И. Определение уровня тренированности мышц с помощью поверхностной интерференционной электромиографии / А.И. Заяц, Е.Л. Веденеева, Н.Б. Аласкяров // Вестник науки. – 2018. – Т. 3. – №. 8. – С. 169-171.

6. Прянишникова О.А. Спортивная электронейромиография / О.А. Прянишникова, Р.М. Городничев, Л.Р. Городничева, А.В. Ткаченко // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 9. – С. 6.

7. Нопин С.В. Использование современных технологий биомеханики и электромиографии для тестирования функционального состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов тяжелоатлетов / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов // Медицина экстремальных ситуаций. – 2020. – Т. 22. – № 2. – С. 223-230.

8. Корягина Ю.В. Биомеханический и электромиографический анализ работы опорно-двигательного аппарата спортсменов при выполнении тяжелоатлетических упражнений / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, Г.Н. Тер-Акопов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2020. – Т. 8. – №. 2. – С.

58-66.

9. Привалова И.Л. Перспективы использования метода поверхностной электромиографии в физиологии спорта / И.Л. Привалова, Е.А. Бобровский, М. А. Булычев, В.В. Пушкина, А.О. Глотов, М.О. Кузьменко, А.А. Тагланов // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ "Нацразвитие". – 2019. – С. 108-110.

10. Нопин С.В. Тестирование функционального состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов циклических и ситуационных видов спорта / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 4. – С. 25-27.

11. Бучацкая И.Н. Особенности регуляции биоэлектрической активности мышц при выполнении движений разной координационной сложности / И.Н. Бучацкая // Проблемы и перспективы развития физической культуры и спорта. Научно-практическая конференция. – 2005. – С. 230-237.

References

1. Vlasova S.V. Quantitative electromyographic assessment of intermuscular interaction in athletes/ S.V. Vlasova, V.I. Khodulev, G.N. Ponomarev // In search of a new breakthrough. – 2016. – №8. – P. 97-99.

2. Tsipin L.L. Methodological aspects of the use of electromyography in the study of sports movements of different intensity / L.L. Tsipin // Scientific notes of The P. F. Lesgaft University. – 2015. – №8. – P. 188-193.

3. Tsipin L.L. Registration of electrical activity of athletes ' muscles in the study of high-amplitude motor actions / L.L. Tsipin, F.E. Zakharov, M.A. Samsonov // Proceedings of the Department of biomechanics of the Lesgaft University. – 2012. – №1. – P. 36-43.

4. Popovskaya M.N. Regulation of concentric muscle contraction in athletes adapted to motor activity of different directions / M. N. Popovskaya, S. A. Moiseev, I. I. Taran, a.m. Pukhov [et al.] // Science and sport: current trends. – 2018. – V.18. – №1. – P. 101-105.

5. Zayats A.I. Determination of the level of muscle training using surface interference electromyography / A. I. Zayats, E. L. Vedeneeva, N. B. Alaskyarov // Bulletin of science. – 2018. – V.3. – №8. – P. 169-171.

6. Pryanishnikova O.A. Sports electroneuromiography / O. A. Pryanishnikova, R. M. Gorodnichev, L. R. gorodnicheva, A.V. Tkachenko // Theory and practice of physical culture. – 2005. – №9. – P. 6.

7. Nopin S.V. Use of modern technologies of biomechanics and electromyography for testing the functional state of the musculoskeletal system of weightlifters / S. V. Nopin, Yu. V. Koryagina, G. N. Ter-Akopov // Medicine of

extreme situations. – 2020. – T.22. – №2. – P. 223-230.

8. Koriagina Yu.V. Electromyographic and Biomechanical analysis of the musculoskeletal system of athletes when performing weightlifting exercises / Yu.V. Koryagina, S.V. Nopin, G.N. Ter-Akopov // Science and sport: modern tendencies. – V.8. – №2. – C. 58-66.

9. Privalova I.L. Prospects for using the surface electromyography method in sports physiology / I.L. Privalova, E.A. Bobrovsky, M.A. Bulychev, V.V. Pushkina, A.O. Glotov, M.O. Kuzmenko, A.A. Taglanov // Collection of selected articles on the materials of scientific conferences of the state research Institute "national Development". – 2019. – P. 108-110.

10. Nopin S.V. Testing of the functional state of the musculoskeletal system of cyclical and situational sports athletes / S.V. Nopin, Yu.V. Koryagina, G.N. Ter-Akopov // Theory and practice of physical culture. – 2020. – №4. – P. 25-27.

11. Buchatskaya I.N. Features of regulation of bioelectric activity of muscles when performing movements of different coordination complexity / I.N. Buchatskaya // Problems and prospects of development of physical culture and sports. Scientific and practical conference. – 2005. – P. 230-237.

Сведения об авторах: Сабина Маликовна Абуталимова – научный сотрудник ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, sabina190989@yandex.ru; **Юлия Владиславовна Корягина** – профессор, д-р биол. наук, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, nauka@skfmba.ru; **Сергей Викторович Нопин** – к-т тех. наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, work800@yandex.ru.

Information about the authors: Sabina Malikovna Abutalimova – researcher of the FSBI NCFRCC of the FMBA of Russia, sabina190989@yandex.ru; **Yulia Vladislavovna Koryagina** – Professor, Doctor of Biological Sciences, head of the biomedical technology center of the FSBI NCFRCC of the FMBA of Russia, nauka@skfmba.ru; **Sergei Viktorovich Nopin** – PhD of Engineering Sciences, leading researcher of the biomedical technology center of the FSBI NCFRCC of the FMBA of Russia, work800@yandex.ru.