

БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МЫШЦ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЫВКА

С.М. Абуталимова, sabina190989@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1722-0774>

Ю.В. Корягина, nauka@skfmba.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5468-0636>

С.В. Нопин, work800@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9406-4504>

Г.Н. Тер-Акопов, nauka@skfmba.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7432-8987>

Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Ессентуки, Россия

Аннотация. Цель исследования – изучить параметры суммарной биоэлектрической активности мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов и сопоставить их с режимами мышечной работы при выполнении рывка. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 35 спортсменов сборной команды РФ по тяжелой атлетике мужского пола, квалификации МС–МСМК. Для оценки суммарной биоэлектрической активности мышц была проведена поверхностная электромиография (пЭМГ) трапециевидной, латеральной широкой мышцы бедра, двуглавой мышцы бедра и икроножной мышцы. **Результаты.** Результаты исследования показали, что изменение прилагаемых спортсменом усилий от фазы к фазе проявляются как взрывными сокращениями исследуемых мышц в фазу разгона, безопорную фазу подседа и стабилизации, так и относительно небольшим напряжением мышц при отрыве штанги от помоста и устремлении спортсмена со штангой вниз в опорную фазу подседа. **Заключение.** Выявлены и сопоставлены параметры суммарной биоэлектрической активности мышц с режимами мышечной работы. Полученные данные динамического изменения параметров поверхностной электромиографии при выполнении рывка со штангой свидетельствуют о своевременном вовлечении и расслаблении двигательных единиц, что способствует улучшению внутри- и межмышечной координации и экономизации энергоресурсов мышечной ткани.

Ключевые слова: функциональное состояние нервно-мышечного аппарата, поверхностная электромиография, биоэлектрическая активность мышц, тяжелая атлетика, рывок

Для цитирования: Биоэлектрическая активность мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении рывка / С.М. Абуталимова, Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, Г.Н. Тер-Акопов // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 2. С. 84–91. DOI: 10.14529/hsm220210

Original article
DOI: 10.14529/hsm220210

BIOELECTRICAL ACTIVITY OF MUSCLES IN TRAINED WEIGHTLIFTERS DURING THE SNATCH

S.M. Abutalimova, sabina190989@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1722-0774>

Yu.V. Koryagina, nauka@skfmba.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5468-0636>

S.V. Nopin, work800@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9406-4504>

G.N. Ter-Akopov, nauka@skfmba.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7432-8987>

North Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of the FMBA of Russia, Essentuki, Russia

Abstract. The aim of the study was to examine the bioelectrical activity of muscles in elite weightlifters and identify its correlation with muscle performance during the snatch. **Materials and methods.** The study involved 35 male weightlifters of the Russian national team (Master of Sport, International Class Master of Sport). Bioelectrical activity of muscles (trapezius muscle, vastus lateralis muscle, biceps femoris, gastrocnemius muscle) was recorded with surface electromyography (sEMG). **Results.** The results obtained

show that effort change between the phases of the snatch is associated with explosive contractions in the acceleration phase, the unsupported squat phase and the stabilization phase, and relatively small muscle tension in the pull phase and the supported squat phase. **Conclusion.** The bioelectrical activity of muscles was recorded and analyzed in terms of muscle performance during the snatch. The sEMG data obtained during the snatch indicate the timely activation and relaxation of motor units, which contributes to intra- and inter-muscular coordination and optimal muscle performance.

Keywords: functional status, neuromuscular apparatus, surface electromyography, bioelectric activity of muscles, weightlifting, snatch

For citation: Abutalimova S.M., Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N. Bioelectrical activity of muscles in trained weightlifters during the snatch. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(2):84–91. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220210

Введение. Оптимальное функциональное состояние нервно-мышечной системы является решающим фактором, определяющим успех спортивной подготовки во многих видах спорта [1, 3, 6–8, 10–12]. Изучение суммарной биоэлектрической активности мышц особенно актуально у спортсменов силовых, скоростно-силовых и координационных видов спорта, так как проявление силы, скорости и ловкости напрямую зависит от включения и характера взаимодействия разных типов двигательных единиц. При выполнении упражнения режимы мышечной работы меняются в зависимости от выполняемого тяжелоатлетом двигательного акта в разные фазы рывка или толчка. Анализ литературы показал отсутствие данных об изменении биоэлектрической активности мышц при разных режимах мышечной работы и в разные фазы тяжелоатлетических упражнений [4, 14–18].

Цель исследования – изучить параметры суммарной биоэлектрической активности мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов в разные фазы выполнения тяжелоатлетического рывка.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе ФГУП «Юг Спорт» в Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России (г. Кисловодск, Россия). В исследовании приняли участие 35 спортсменов сборной команды РФ по тяжелой атлетике мужского пола, квалификации МС–МСМК. Для оценки суммарной биоэлектрической активности мышц была проведена поверхностная электромиография (пЭМГ) трапециевидной, латеральной широкой мышцы бедра, двуглавой мышцы бедра и икроножной мышцы с помощью беспроводной системы динамической ЭМГ диагностики BTS FREEEMG. Датчики BTS FREEEMG ин-

тегрированы с системой видеоанализа движений и тензодинамометрической платформой BTS на базе специализированного программного обеспечения SMART системы BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия). Использование видеоанализа и тензодинамометрии позволило максимально точно разделить тяжелоатлетическое упражнение «рывок» на фазы: тяга (тяга 1.1, тяга 1.2), подрыв (подрыв 2.1, подрыв 2.2), подсед (подсед 3.1, подсед 3.2), вставание [2]. Статистический анализ проводился с помощью программного обеспечения Statistica 13.0, сравнение зависимых переменных проводилось при помощи U критерия Манна – Уитни ($p \leq 0,05$).

Результаты и их обсуждение. Все изменения амплитудно-частотных параметров поверхностной ЭМГ трапециевидных мышц, латеральных широких мышц бедра, двуглавых мышц бедра, икроножных мышц в фазовой динамике тяжелоатлетического рывка были статистически значимые ($p < 0,05$).

Трапециевидные мышцы при выполнении рывка сокращаются преимущественно в динамическом концентрическом режиме во все фазы, кроме вставания. Оценивая показатели средней и максимальной амплитуды ЭМГ, можно заключить, что характер нагрузки – взрывной, достигает первого пика в фазу предварительного разгона, затем в фазу безопорного подседа начинает увеличиваться, достигая второго пика в фазу опорного подседа (табл. 1).

В фазу вставания показатель максимальной амплитуды ЭМГ сохраняет высокие значения, однако для удержания веса и стабилизации верхней конечности в поднятом положении сокращение происходит без изменения длины мышцы в статическом режиме. Показатель средней частоты увеличивается и дос-

Таблица 1
Table 1

Средняя амплитуда(мВ) и средняя частота (Гц) поверхностной ЭМГ трапециевидных мышц тяжелоатлетов при выполнении рывка
Average amplitude (mV) and average frequency (Hz) of the trapezius muscle during the snatch

№ п/п	Фазы / Phase	Трапециевидные мышцы / Trapezius muscle			
		Правая / Right		Левая / Left	
		Средняя амплитуда, мВ Average amplitude, mV	Средняя частота, Гц Average frequency, Hz	Средняя амплитуда, мВ Average amplitude, mV	Средняя частота, Гц Average frequency, Hz
1	Тяга / Pull 1.1	0,17 ± 0,1	59,4 ± 13,3	0,17 ± 0,14	49,1 ± 15,9
2	Тяга / Pull 1.2	0,42 ± 0,23	64,7 ± 12,8	0,41 ± 0,21	55,4 ± 18,8
3	Подрыв / Adjustment 2.1	0,37 ± 0,21	70,7 ± 17,2	0,50 ± 0,33	65,1 ± 28,8
4	Подрыв / Adjustment 2.2	0,43 ± 0,25	73 ± 10,5	0,46 ± 0,24	68,1 ± 22,9
5	Подсед / Unsupported squat 3.1	0,53 ± 0,25	68,7 ± 11,8	0,57 ± 0,24	66,5 ± 17,8
6	Подсед / Unsupported squat 3.2	0,73 ± 0,32	68,8 ± 7,5	0,71 ± 0,33	67 ± 13,7
7	Вставание / Supported squat 4	0,6 ± 0,47	67,6 ± 8,6	0,50 ± 0,32	62,3 ± 12,1

Таблица 2
Table 2

Максимальная амплитуда (мВ) поверхностной электромиографии трапециевидных мышц и латеральных широких мышц бедра тяжелоатлетов при выполнении рывка
Maximum amplitude (mV) of the trapezius and vastus lateralis muscles during the snatch

№ п/п	Фазы / Phase	Максимальная амплитуда, мВ Maximum amplitude, mV			
		Трапециевидная мышца Trapezius muscle		Латеральная широкая мышца бедра Vastus lateralis	
		Правая / Right	Левая / Left	Правая / Right	Левая / Left
1	Тяга / Pull 1.1	1,48 ± 0,81	1,40 ± 0,16	1,12 ± 0,18	0,73 ± 0,10
2	Тяга / Pull 1.2	1,76 ± 0,83	1,77 ± 0,20	1,57 ± 0,23	1,03 ± 0,12
3	Подрыв / Adjustment 2.1	1,28 ± 0,75	1,66 ± 0,19	1,37 ± 0,19	1,07 ± 0,16
4	Подрыв / Adjustment 2.2	1,53 ± 0,83	1,75 ± 0,17	1,57 ± 0,24	1,24 ± 0,17
5	Подсед / Unsupported squat 3.1	2,4 ± 0,79	2,29 ± 0,18	2,13 ± 0,22	1,59 ± 0,21
6	Подсед / Unsupported squat 3.2	2,94 ± 1,12	2,65 ± 0,22	1,56 ± 0,21	1,08 ± 0,16
7	Вставание / Supported squat 4	2,68 ± 1,3	2,54 ± 0,25	1,94 ± 0,27	1,30 ± 0,14

тигает максимального значения в фазу подрыва, что предшествует фазе подседа, где регистрируются наибольшие значения максимальной амплитуды. Полученные данные о высокой частоте импульсации мотонейронов свидетельствуют о дополнительном рекрутировании двигательных единиц в следующую фазу, для выполнения которой необходимы предельные мышечные усилия. В табл. 2 представлены данные об изменении максимальной амплитуды ЭМГ трапециевидных мышц и латеральных широких мышц бедра тяжелоатлетов при выполнении рывка.

ЭМГ анализ латеральной широкой мышцы бедра показал, что наиболее высокие зна-

чения амплитуд были зафиксированы в фазы подседа 3.1. При этом края пяток находятся под тазобедренными суставами, а носки развернуты кнаружи. Полученные данные закономерны, так как мышца отвечает за наружную ротацию голени, а динамическое концентрическое сокращение в момент разгибания в коленных суставах свидетельствует о вовлечении максимального количества мышечных волокон (табл. 3).

Известно, что длинная головка двуглавой мышцы бедра отвечает за ротацию голени кнаружи, а также за разгибание бедра при фиксированном тазовом поясе и сгибание голени [9, 13]. ЭМГ анализ показал, что наи-

Таблица 3
Table 3

Средняя амплитуда (мВ) и средняя частота (Гц) поверхностной электромиографии латеральных широких мышц бедра тяжелоатлетов при выполнении рывка
Average amplitude (mV) and average frequency (Hz) of the vastus lateralis muscle during the snatch

№ п/п	Фазы / Phase	Латеральная широкая мышца бедра / Vastus lateralis			
		Правая / Right		Левая / Left	
		Средняя амплитуда, мВ Average amplitude, mV	Средняя частота, Гц Average frequency, Hz	Средняя амплитуда, мВ Average amplitude, mV	Средняя частота, Гц Average frequency, Hz
1	Тяга / Pull 1.1	0,13 ± 0,07	63,5 ± 18	0,1 ± 0,07	75,9 ± 19,8
2	Тяга / Pull 1.2	0,28 ± 0,19	72,9 ± 15,4	0,2 ± 0,11	86,3 ± 17,4
3	Подрыв / Adjustment 2.1	0,35 ± 0,19	68,6 ± 29,1	0,29 ± 0,18	84,8 ± 28,5
4	Подрыв / Adjustment 2.2	0,15 ± 0,07	61,9 ± 36,2	0,24 ± 0,15	73,8 ± 40,6
5	Подсед / Unsupported squat 3.1	0,21 ± 0,11	44,3 ± 23,7	0,23 ± 0,12	58,7 ± 26,6
6	Подсед / Unsupported squat 3.2	0,18 ± 0,09	56,2 ± 17,7	0,17 ± 0,1	69,5 ± 21,2
7	Вставание / Supported squat 4	0,26 ± 0,15	71 ± 15,8	0,2 ± 0,11	83,2 ± 17,8

Таблица 4
Table 4

Средняя амплитуда (мВ) и средняя частота (Гц) поверхностной ЭМГ двуглавых мышц бедра тяжелоатлетов при выполнении рывка
Average amplitude (mV) and average frequency (Hz) of the biceps femoris muscle during the snatch

№ п/п	Фазы / Phase	Двуглавая мышца бедра / Biceps femoris			
		Правая / Right		Левая / Left	
		Средняя амплитуда, мВ Average amplitude, mV	Средняя частота, Гц Average frequency, Hz	Средняя амплитуда, мВ Average amplitude, mV	Средняя частота, Гц Average frequency, Hz
1	Тяга / Pull 1.1	0,1 ± 0,06	66,3 ± 3,89	0,08 ± 0,06	67,0 ± 3,96
2	Тяга / Pull 1.2	0,31 ± 0,13	72,6 ± 3,68	0,25 ± 0,12	78,2 ± 3,72
3	Подрыв / Adjustment 2.1	0,41 ± 0,19	78,1 ± 4,63	0,39 ± 0,2	84,3 ± 5,29
4	Подрыв / Adjustment 2.2	0,36 ± 0,19	75,2 ± 4,93	0,27 ± 0,15	85,9 ± 7,77
5	Подсед / Unsupported squat 3.1	0,29 ± 0,13	52,3 ± 3,61	0,23 ± 0,13	54,1 ± 4,58
6	Подсед / Unsupported squat 3.2	0,18 ± 0,09	59,4 ± 3,79	0,15 ± 0,08	61,1 ± 5,14
7	Вставание / Supported squat 4	0,23 ± 0,11	70,9 ± 4,08	0,15 ± 0,07	71,3 ± 4,18

более высокие значения амплитуд были зафиксированы в самую короткую безопорную фазу подседа 3.1 в момент сгибания в коленных суставах и ротированной кнаружи голени непосредственно перед опорной фазой. Максимальные частотные значения ЭМГ были зафиксированы в фазу подрыва 2, что свидетельствует о дополнительном рекрутировании двигательных единиц для перехода в следующую фазу (табл. 4). Максимальные амплитудные значения ЭМГ регистрируются преимущественно при концентрическом динамическом сокращении мышцы (табл. 5).

В табл. 5 представлены данные парамет-

ров поверхностной ЭМГ икроножных мышц. Анализируя работу икроножных мышц, было выявлено, что амплитудные показатели ЭМГ достигали своего пика преимущественно в фазы 2.2, 3.2, которые сопровождаются разгибанием в коленном суставе. Движение со штангой в этом случае осуществляется преимущественно за счет быстрых, взрывных усилий в эксцентрическом динамическом режиме. Максимальные значения частоты импульсации мотонейронов и вовлечение в процесс мышечного сокращения дополнительных двигательных единиц регистрируются в фазу 2.1 и сохраняются в фазу 2.2.

Максимальная амплитуда (мВ) поверхностной электромиографии
двуглавых мышц бедра и икроножных мышц тяжелоатлетов при выполнении рывка
Maximum amplitude (mV) of the biceps femoris and gastrocnemius muscles during the snatch

№ п/п	Фазы / Phase	Максимальная амплитуда, мВ Maximum amplitude, mV			
		Двуглавая мышца бедра Biceps femoris		Икроножная мышца Gastrocnemius muscle	
		Правая / Right	Левая / Left	Правая / Right	Левая / Left
1	Тяга / Pull 1.1	0,64 ± 0,09	0,49 ± 0,34	0,75 ± 0,10	0,63 ± 0,10
2	Тяга / Pull 1.2	1,46 ± 0,16	1,38 ± 0,83	1,10 ± 0,16	0,89 ± 0,13
3	Подрыв / Adjustment 2.1	1,46 ± 0,16	1,45 ± 0,85	1,29 ± 0,19	1,26 ± 0,22
4	Подрыв / Adjustment 2.2	1,70 ± 0,19	1,16 ± 0,58	1,59 ± 0,16	1,43 ± 0,21
5	Подсед / Unsuppoerted squat 3.1	1,85 ± 0,21	1,54 ± 0,90	1,19 ± 0,27	1,35 ± 0,27
6	Подсед / Unsupported squat 3.2	1,19 ± 0,21	0,97 ± 0,64	1,74 ± 0,19	1,45 ± 0,30
7	Вставание / Supported squat 4	1,48 ± 0,14	1,17 ± 0,54	1,03 ± 0,16	0,88 ± 0,15

Заключение. Выявлены и сопоставлены параметры суммарной биоэлектрической активности мышц с режимами мышечной работы при выполнении тяжелоатлетического рывка у спортсменов высокой квалификации. Полученные данные свидетельствуют о динамическом изменении параметров поверхностной ЭМГ при выполнении рывка со штангой. Результаты исследования показали, что изменение прилагаемых спортсменом усилий от фазы к фазе проявляются как взрывными сокращениями исследуемых мышц в фазу разгона, безопасную фазу подседа и стабилизации, так и относительно небольшим напряже-

нием мышц при отрыве штанги от помоста и устремлении спортсмена со штангой вниз в опорную фазу подседа. Полученные данные согласуются с опубликованными ранее работами В.В. Томилова и В.Н. Томилова, в которых описаны два характерных пика усилий у высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении рывка со штангой [5]. Кроме того, результаты исследования свидетельствуют о своевременном вовлечении и расслаблении двигательных единиц, что способствует улучшению внутри- и межмышечной координации и экономизации энергоресурсов мышечной ткани.

Список литературы

1. Андросов, П.И. Проявления асимметрии в технике выполнения тяжелоатлетических упражнений / П.И. Андросов // Информационные технологии, компьютерное моделирование и технические средства обучения и тренировки в сфере физической культуры и спорта. – 2015. – С. 33–39.
2. Дворкин, Л.С. Тяжелая атлетика / Л.С. Дворкин, А.П. Слободян. – М.: Совет. спорт, 2005. – 600 с.
3. 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. 27. – № 2. – С. 58–66.
4. Масуми, Ш. Асимметрия скоростно-силовых возможностей мышц коленных суставов и движений в толчке у тяжелоатлетов высокой квалификации / Ш. Масуми, А.А. Шалманов, Е.А. Лукунина // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 11. – С. 78–80.
5. Томилов, В.Н. О симметрии структур движений в тяжелой атлетике / В.Н. Томилов, В.И. Койчев // Труды кафедры биомеханики ун-та им. ПФ Лесгафта. – 2013. – № 7. – С. 68–73.
6. Феномен «симметрии-асимметрии» с позиций тренеров в различных видах спорта / Е.М. Бердичевская, Е.С. Тришин, А.С. Тришин и др. // Научно-педагогические школы в сфере физической культуры и спорта. – 2018. – С. 218–222.

7. Физиологические механизмы вертикальной устойчивости в спорте с позиций функциональной асимметрии / Е.М. Бердичевская, А.С. Гронская, И.Э. Хачатурова, В.А. Ставинова // Теория и практика физ. культуры. – 2009. – № 7. – С. 20–23.
8. Фураев, А.Н. Обоснование значений биомеханических параметров рывка штанги с помощью ассоциативных правил / А.Н. Фураев // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 12 (130). – С. 277–281.
9. Шалманов, А.А. Асимметрия в движениях тяжелоатлетов при выполнении классических упражнений во время соревнований / А.А. Шалманов, В.Ф. Скотников, В.Г. Медведев // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте. – 2014. – С. 144–148.
10. Baumann, W. The snatch technique of world class weightlifters at the 1985 world championships / W. Baumann, V. Gross, K. Quade et al. // Journal of Applied Biomechanics. – 1988. – Vol. 4, no. 1. – P. 68–89.
11. Bartonietz, K.E. Biomechanics of the snatch: Toward a higher training efficiency / K.E. Bartonietz // Strength & Conditioning Journal. – 1996. – Vol. 18, no. 3. – P. 24–31.
12. Byrd, R. Barbell trajectories: three case study / R. Byrd // Strength and Health. – 2001. – Vol. 3. – P. 40–42.
13. Kinematical analysis of the snatch in elite male junior weightlifters of different weight categories / J. Campos, P. Poletaev, A. Cuesta et al. // The Journal of Strength & Conditioning Research. – 2006. – Vol. 20, no. 4. – P. 843–850.
14. Garhammer, J. Weightlifting performance and techniques of men and women / J. Garhammer, P. Komi // International conference on weightlifting and strength training. – Lahti, Finland: Gummerus Printing. – 1998. – P. 89–94.
15. Hiskia, G. Biomechanical analysis of world and Olympic champion weightlifters performance / G. Hiskia // Proceedings of the weightlifting symposium. – Budapest, Hungary: IWF, 1997. – P. 137–158.
16. Lenjannejadian, S. Optimal trajectories of snatch weightlifting for two different weight classes by using genetic algorithm / S. Lenjannejadian, M. Rostami // 2008 Cairo International Biomedical Engineering Conference. – IEEE, 2008. – P. 1–4.
17. Nejadian, S.L. Cost evaluation of different snatch trajectories by using dynamic programming method / S.L. Nejadian, M. Rostami, A. Naghash // Procedia Engineering. – 2010. – Vol. 2, no. 2. – P. 2563–2567.
18. Szabo, A.S. Some questions of biomechanical character in weightlifting / A.S. Szabo // Sport Scientific & Practical Aspects. – 2012. – Vol. 9, no. 1. – P. 59–64.

References

1. Androsov P.I. [Manifestations of Asymmetry in the Technique of Performing Weightlifting Exercises]. *Informatsionnyye tekhnologii, komp'yuternoye modelirovaniye i tekhnicheskiye sredstva obucheniya i trenirovki v sfere fizicheskoy kul'tury i sporta* [Information Technologies, Computer Modeling and Technical Means of Education and Training in the Field of Physical Culture and Sports], 2015, pp. 33–39. (in Russ.)
2. Dvorkin L.S., Slobodyan A.P. *Tyazhelaya atletika* [Weightlifting]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2005. 600 p.
3. Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N. [Biomechanical and Electromyographic Analysis of the Work of the Musculoskeletal System of Athletes when Performing Weightlifting Exercises]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport. Current Trends], 2020, vol. 27, no. 2, pp. 58–66. (in Russ.)
4. Masumi Sh., Shalmanov A.A., Lukunina E.A. [Asymmetry of the Speed-Strength Capabilities of the Muscles of the Knee Joints and Jerk Movements in Highly Qualified Weightlifters]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2015, no. 11, pp. 78–80. (in Russ.)
5. Tomilov V.N., Koychev V.I. [On the Symmetry of Movement Structures in Weightlifting]. *Trudy kafedry biomekhaniki universiteta imeni PF Lesgafta* [Proceedings of the Department of Biomechanics of the University named after PF Lesgaft], 2013, no. 7, pp. 68–73. (in Russ.)

6. Berdichevskaya E.M., Trishin E.S., Trishin A.S. et al. [Phenomenon of Symmetry-Asymmetry from the Point of View of Coaches in Various Sports]. *Nauchno-pedagogicheskiye shkoly v sfere fizicheskoy kul'tury i sporta* [Scientific and Pedagogical Schools in the Field of Physical Culture and Sports], 2018, pp. 218–222. (in Russ.)
7. Berdichevskaya E.M., Gronskaaya A.S., Khachaturova I.E., Stavinova V.A. [Physiological Mechanisms of Vertical Stability in Sports from the Standpoint of Functional Asymmetry]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2009, no. 7, pp. 20–23. (in Russ.)
8. Furayev A.N. [Substantiation of the Values of the Biomechanical Parameters of the Jerk of the Rod Using Associative Rules]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni PF Lesgafta* [Scientific notes of the University P.F. Lesgaft], 2015, no. 12 (130), pp. 277–281. (in Russ.)
9. Shalmanov A.A., Skotnikov V.F., Medvedev V.G. [Asymmetry in the Movements of Weightlifters During the Performance of Classical Exercises During Competitions]. *Biomekhanika dvigatel'nykh deystviy i biomekhanicheskiy kontrol' v sporte* [Biomechanics of Motor Actions and Biomechanical Control in Sports], 2014, pp. 144–148. (in Russ.)
10. Baumann W., Gross V., Quade K. et al. The Snatch Technique of World Class Weightlifters at the 1985 World Championships. *Journal of Applied Biomechanics*, 1988, vol. 4, no. 1, pp. 68–89. DOI: 10.1123/ijbsb.4.1.68
11. Bartonietz K.E. Biomechanics of the Snatch: Toward a Higher Training Efficiency. *Strength & Conditioning Journal*, 1996, vol. 18, no. 3, pp. 24–31. DOI: 10.1519/1073-6840(1996)018<0024:BOTSTA>2.3.CO;2
12. Byrd R. Barbell Trajectories: Three Case Study. *Strength and Health*, 2001, vol. 3, pp. 40–42.
13. Campos J., Poletaev P., Cuesta A. et al. Kinematical Analysis of the Snatch in Elite Male Junior Weightlifters of Different Weight Categories. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2006, vol. 20, no. 4, pp. 843–850. DOI: 10.1519/00124278-200611000-00020
14. Garhammer J., Komi P. Weightlifting Performance and Techniques of Men and Women. *International Conference on Weightlifting and Strength Training*, 1998, pp. 89–94.
15. Hiskia G. Biomechanical Analysis of World and Olympic Champion Weightlifters Performance. *Proceedings of the Weightlifting Symposium*, 1997, pp. 137–158.
16. Lenjannejadian S., Rostami M. Optimal Trajectories of Snatch Weightlifting for Two Different Weight Classes by Using Genetic Algorithm. *2008 Cairo International Biomedical Engineering Conference IEEE*, 2008, pp. 1–4. DOI: 10.1109/CIBEC.2008.4786091
17. Nejjadian S.L., Rostami M., Naghash A. Cost Evaluation of Different Snatch Trajectories by Using Dynamic Programming Method. *Procedia Engineering*, 2010, vol. 2, no. 2, pp. 2563–2567. DOI: 10.1016/j.proeng.2010.04.032
18. Szabo A.S. Some Questions of Biomechanical Character in Weightlifting. *Sport Scientific & Practical Aspects*, 2012, vol. 9, no. 1, pp. 59–64.

Информация об авторах

Абугалимова Сабина Маликовна, научный сотрудник Центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России. Россия, 357600, Ставропольский край, Ессентуки, ул. Советская, д. 24.

Корягина Юлия Владиславовна, профессор, доктор биологических наук, руководитель центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России. Россия, 357600, Ставропольский край, Ессентуки, ул. Советская, д. 24.

Нопин Сергей Викторович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России. Россия, 357600, Ставропольский край, Ессентуки, ул. Советская, д. 24.

Тер-Акопов Гукас Николаевич, кандидат экономических наук, генеральный директор, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России. Россия, 357600, Ставропольский край, Ессентуки, ул. Советская, д. 24.

Information about the authors

Sabina M. Abutalimova, Researcher, Center of Biomedical Technologies, North Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of FMBA of Russia, Essentuki, Russia.

Yulia V. Koryagina, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center of Biomedical Technologies, North Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of FMBA of Russia, Essentuki, Russia.

Sergey V. Nopin, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Center of Biomedical Technologies, North Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of FMBA of Russia, Essentuki, Russia.

Gukas N. Ter-Akopov, Candidate of Economic Sciences, General Director, Center of Biomedical Technologies, North Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of FMBA of Russia, Essentuki, Russia.

Статья поступила в редакцию 07.02.2022

The article was submitted 07.02.2022