

ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ И СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В РАЗНЫЕ ФАЗЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЯЖЕЛОАТЛЕТИЧЕСКОГО РЫВКА

С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов, С.М. Абуталимова

Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Российская Федерация, 357600, Ессентуки, ул. Советская, 24, e-mail: nauka@skfmba.ru

Аннотация. Тяжелоатлетические упражнения являются сложнокоординационными скоростно-силовыми движениями, в которых одновременно сочетается максимальная работа мышц в разных режимах сокращения, а результат лимитируется функциональными особенностями нервно-мышечного аппарата. Согласно современным представлениям, показатели биомеханики двигательного акта и электромиографические характеристики ведущих мышц при его выполнении отражают различные стороны одного и того же процесса сокращения и могут быть использованы в качестве критерия оценки мышечных усилий и функционального состояния нервно-мышечного аппарата. Цель исследования – выявить особенности динамики параметров электрической активности мышц и силовых характеристик в разные фазы выполнения тяжелоатлетического рывка. В исследовании приняли участие 35 тяжелоатлетов мужчин, квалификации «мастер спорта» (МС). Работа проводилась на системе BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия). Для анализа техники тяжелоатлетического рывка была разработана программа для ЭВМ (свидетельство RU 2020660142, 28.08.2020). Исследование заключалось в регистрации и последующем анализе биомеханических (динамических, кинематических) и электромиографических показателей при выполнении спортсменами тяжелоатлетического рывка с интенсивностью 80% от максимального веса непосредственно во время тренировочного занятия. В работе выявлены особенности динамики параметров электрической активности мышц и силовых характеристик, которые значительно изменяются в разные фазы выполнения тяжелоатлетического рывка. Фазы тяги характеризуются нарастанием мышечного напряжения, работой мышц в концентрическом динамическом режиме. Фазы подрыва характеризуются максимальной силой напряжения мышц и скоростью ее динамики как по биомеханическим характеристикам, так и по электрическим процессам в мышцах: отмечается максимальное напряжение и высокая частота импульсации (ДЕ) мышц-разгибателей. Фазы подседа характеризуются снижением мышечного напряжения и скорости его изменения, работой мышц в смешанном режиме, в том числе эксцентрическом и статическом режимах. Период вставания характеризуется высокими, но не максимальными показателями силы и напряжения мышц. Выявлено, что эксцентрический режим сокращения мышц по ЭМГ-показателям проявляется в снижении как амплитудных, так и частотных характеристик. Выполненное исследование позволило представить данные, характеризующие биомеханику двигательного акта и физиологические особенности работы ведущих мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении соревновательного упражнения «рывок». Определены силовые и

© Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Абуталимова С.М., 2021

Нопин Сергей Викторович, к.т.н., в.н.с. Центра медико-биологических технологий, Ессентуки
Корягина Юлия Владиславовна, профессор, д.б.н., руководитель Центра медико-биологических технологий, Ессентуки

Тер-Акопов Гукас Николаевич, к.э.н., генеральный директор Центра медико-биологических технологий, Ессентуки

Абуталимова Сабина Маликовна, м.н.с. Центра медико-биологических технологий, Ессентуки

электромиографические параметры при различных режимах работы мышц в разные фазы тяжелоатлетического рывка.

Ключевые слова: электромиография, биомеханика, максимальная сила, тензодинамометрия, тяжелоатлеты, тяжелоатлетический рывок.

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелоатлетические упражнения являются сложнокоординационными скоростно-силовыми движениями, в которых одновременно сочетается максимальная работа мышц в разных режимах сокращения, а результат лимитируется функциональными особенностями нервно-мышечного аппарата [1, 2, 4]. Работа мышц при выполнении тяжелоатлетических упражнений, как и в других спортивных движениях, определяется биомеханическими [5, 7, 12–14, 23] и электрическими характеристиками [8–10, 16, 18, 20, 21, 24]. Согласно современным представлениям, показатели биомеханики двигательного акта и электромиографические характеристики ведущих мышц при его выполнении являются отражением различных аспектов процесса и могут быть использованы в качестве критерия оценки мышечных усилий и функционального состояния нервно-мышечного аппарата. На это указывают исследования, показывающие повышение электрической активности мышц при увеличении усилий [8, 9, 17, 18, 19, 22]. Следовательно, большой научный и практический интерес представляет исследование динамики параметров электрической активности мышц и силовых характеристик в разные фазы выполнения тяжелоатлетического рывка.

Цель работы – выявить особенности динамики параметров электрической активности мышц и силовых характеристик в разные фазы выполнения тяжелоатлетического рывка.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в Центре медико-биологических технологий Северо-Кавказского федерального научно-клинического центра Федерального медико-биологического агентства России в г. Кисловодске на горе Малое седло на высоте 1240 м в условиях учебно-тренировочных сборов спортсменов в Федеральном государственном унитарном предприятии «Юг спорт». В исследовании приняли участие 35 тяжелоатлетов мужчин квалификации МС, члены сборной команды Российской Федерации по тяжелой атлетике.

Работа проводилась на аппаратно-программном комплексе видеоанализа, тензодинамометрии и электромиографии *BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия)* [6]. Для анализа техники тяжелоатлетического рывка была разработана программа для ЭВМ [11]. В исследовании использовалась фазовая структура тяжелоатлетического рывка по Л.С. Дворкину [3]. Исследование заключалось в регистрации и последующем анализе биомеханических (динамических, кинематических) и электромиографических показателей при выполнении спортсменами тяжелоатлетического рывка с интенсивностью 80 % от максимального веса непосредственно во время тренировочного занятия.

Анализировалась фазовая структура тяжелоатлетического рывка и определялись биомеханические показатели в каждую фазу тяжелоатлетического упражнения: максимальное значение вертикальной составляющей усилия на опору (F_{\max} , кг) и максимальная скорость увеличения вертикальной составляющей усилия на опору (J_{\max} , кг/с) правой ногой. В каждую фазу определялись кинематические показатели:

угол в правом тазобедренном и коленном суставах в граничный момент между фазами, амплитуда сгибания правого тазобедренного и правого коленного суставов, максимальная угловая скорость сгибания правого тазобедренного и коленного суставов.

Электрическая активность мышц определялась по показателям средней и максимальной амплитуды, пиковой и медианной частоты суммарной электромиографии (ЭМГ) правой трапециевидной мышцы (*musculus trapezius*) – верхняя часть, правой четырехглавой мышцы бедра (*musculus quadriceps femoris*): латеральная широкая мышца бедра – средняя часть, правая двуглавая мышца бедра (*musculus biceps femoris*): длинная головка – средняя часть, правая икроножная мышца (*musculus gastrocnemius*): латеральная головка – средняя часть.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом Северо-Кавказского федерального научно-клинического центра Федерального медико-биологического агентства России (протокол № 2 от 20.07.2020). В протоколе отмечено, что условия исследований соответствуют общепринятым нормам морали; соблюдаются требования этических и правовых норм, а также прав, интересов и личного достоинства участников исследований; исследования адекватны теме НИР; риск для субъектов исследования отсутствует; спортсмены информированы о целях, методах, ожидаемой пользе исследования и сопряженных с участием в исследовании риске и неудобствах.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью специализированной программы *Statistica 13.0*. Сравнение показателей биомеханических и ЭМГ-показателей в динамике по фазам тяжелоатлетического рывка проводилось с помощью непараметрического критерия Вилкоксона, в статье представлены только статистически значимые различия ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика параметров электрической активности мышц и силовых характеристик представлена последовательно в каждую фазу тяжелоатлетического рывка, все описываемые параметры статистически достоверно различались между всеми фазами рывка ($p < 0,05$). Средние значения кинематических показателей тазобедренного и коленного суставов в каждую фазу тяжелоатлетического рывка представлены в таблице.

Согласно фазовой структуре тяжелоатлетического рывка [3], первый период подъема штанги подразделяется на две фазы (рис. 1). Фаза тяга 1.1 начинается с момента возрастания вертикальной составляющей опорной реакции и длится до момента отделения штанги (МОШ) от помоста (рис. 1, а). При этом F_{\max} составила ($109,4 \pm 24,5$) кг, а J_{\max} – $361,1 \pm 164,6$ (кг/с).

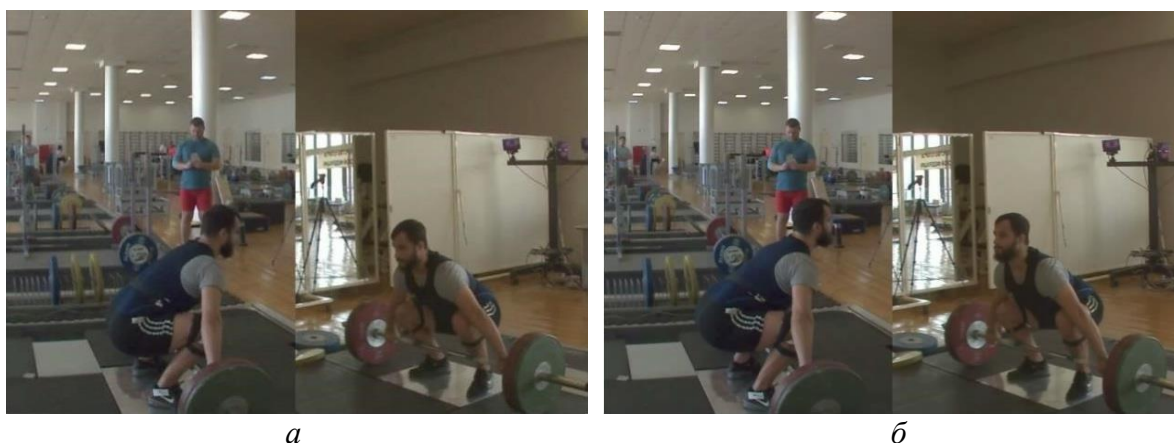
Электрическая активность исследуемых мышц характеризуется наименьшими значениями средней и максимальной амплитуды ЭМГ (рис. 2) и средними показателями пиковой частоты (рис. 3). Медианная частота ЭМГ трапециевидной мышцы и двуглавой мышцы бедра была средней, а латеральной широкой мышцы бедра и особенно икроножной мышцы – высокой (рис. 4), что свидетельствует о процессе активного рекрутирования двигательных единиц (ДЕ).

Фаза тяги 1.2 – предварительный разгон (рис. 1, б) начинается с МОШ до первого максимума разгибания ног в коленных суставах. Показатель F_{\max} немного нарастает, до $114,3 \pm 23,9$ кг, а J_{\max} значительно снижается – ($193,1 \pm 138,8$) кг/с. Возрастает средняя и максимальная амплитуда и медианная частота ЭМГ (рис. 2 и 4), в то время как пиковая частота ЭМГ (см. рис. 3) за исключением икроножной мышцы не изменяется. Это свидетельствует о нарастающей, но еще не достигших максимальных величин силе и динамическом концентрическом режиме сокращения мышц.

Средние значения кинематических показателей тазобедренного и коленного суставов в каждую фазу тяжелоатлетического рывка у высококвалифицированных мужчин-тяжелоатлетов

№ п/п	Фазы/ Показатели	Средние значения кинематических показателей правого тазобедренного сустава			Средние значения кинематических показателей правого коленного сустава		
		Угол в граничный момент между фазами*, °	Амплитуда сгибания, °	Максимальная угловая скорость сгибания, °/с	Угол в граничный момент между фазами*, °	Амплитуда сгибания, °	Максимальная угловая скорость сгибания, °/с
1	Тяга 1.1	75,9 ± 33,3	11,9 ± 27,6	189,5 ± 368,7	88,4 ± 15,1	-13,4 ± 29,8	110,8 ± 88,4
2	Тяга 1.2	113,8 ± 24,8	36,3 ± 39,7	478,9 ± 702,3	147,5 ± 10,1	58,6 ± 13,1	221,8 ± 188,0
3	Подрыв 2.1	143,8 ± 19,3	30,0 ± 12,3	395,2 ± 87,04	138,2 ± 10,1	-9,4 ± 7,3	131,6 ± 88,1
4	Подрыв 2.2	177,1 ± 9,3	33,3 ± 20,8	448,3 ± 136,9	172,3 ± 8,8	34,1 ± 11,4	377,5 ± 115,5
5	Подсед 3.1	105,2 ± 17,8	-71,9 ± 22,0	542,6 ± 90,22	107,0 ± 13,7	-65,3 ± 16,8	531,6 ± 159,8
6	Подсед 3.2	80,4 ± 16,8	-24,7 ± 9,5	329,1 ± 123,7	75,6 ± 12,0	-31,4 ± 11,4	196,6 ± 122,6
7	Вставание 4	170,1 ± 13,7	89,7 ± 15,7	191,2 ± 136,6	174,4 ± 9,1	98,8 ± 16,9	165,2 ± 27,5

Примечание: *Граничный момент между фазами движения, например, в строке фаза 1.1 – угол сгибания/разгибания в суставе в момент времени между фазами 1.1 и 1.2, для остальных моментов времени – аналогично.



а б

Рис. 1. Начало фаз тяга 1.1 (а) и тяга 1.2А (б)

Второй период тяжелоатлетического рывка включает фазы амортизации и финального разгона. Фаза 2.1 амортизации (рис. 5, а) продолжается до максимального сгибания ног в коленных суставах.

Показатель F_{\max} нарастает почти до максимальных значений – $(120,0 \pm 38,1)$ кг, увеличивается J_{\max} – $(687,8 \pm 439,7)$ кг/с. По биомеханическим динамическим характеристикам в эту фазу проявляется максимальная мощность. По характеристикам ЭМГ: средняя амплитуда всех изучаемых мышц, кроме трапецевидной, самая высокая; максимальная амплитуда по сравнению с предыдущей фазой практически не изменилась (см. рис. 2); увеличиваются показатели пиковой частоты, особенно икроножной мышцы; увеличиваются показатели медианной частоты мышц, кроме латеральной широкой мышцы бедра (см. рис. 3 и 4), т.е. отмечается максимальное напряжение и высокая частота импульсации ДЕ мышц-разгибателей.

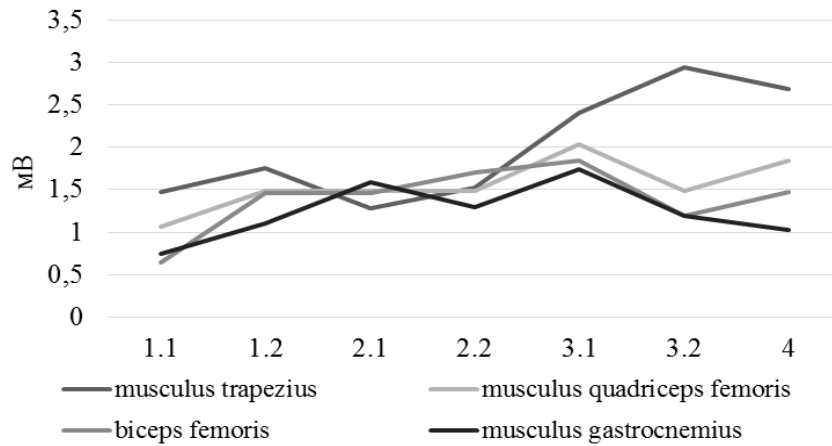


Рис. 2. Показатели максимальной амплитуды ЭМГ мышц тяжелоатлетов мужчин в разные фазы выполнения рывка (фазы 1.1 – тяга 1.1, 1.2 – тяга 1.2, 2.1 – подрыв 2.1, 2.2 – подрыв 2.2, 3.1 – подсед 3.1, 3.2 – подсед 3.2, 4 – вставание после подседа 4)

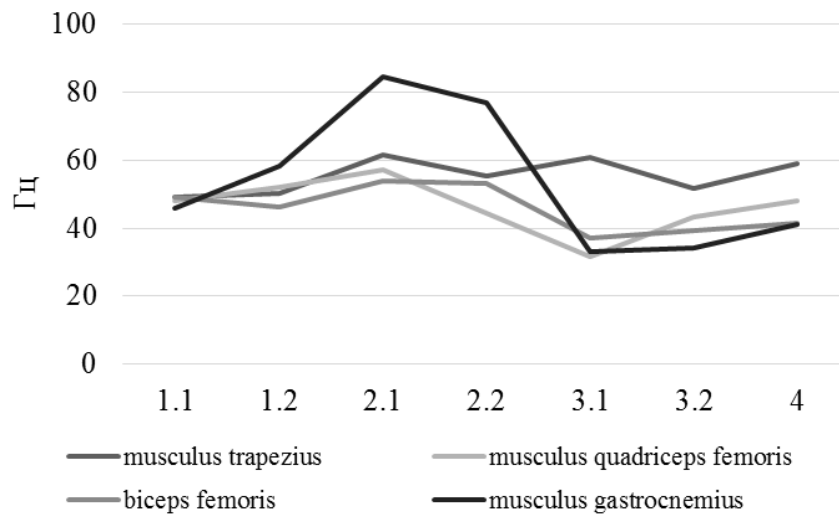


Рис. 3. Показатели пиковой частоты ЭМГ мышц тяжелоатлетов мужчин в разные фазы выполнения рывка (фазы 1.1 – тяга 1.1, 1.2 – тяга 1.2, 2.1 – подрыв 2.1, 2.2 – подрыв 2.2, 3.1 – подсед 3.1, 3.2 – подсед 3.2, 4 – вставание после подседа 4)

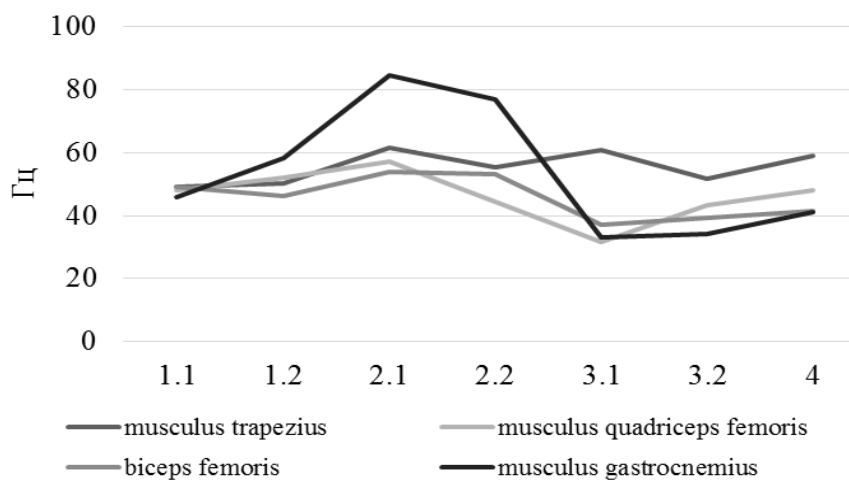


Рис. 4. Показатели медианной частоты ЭМГ мышц тяжелоатлетов мужчин в разные фазы выполнения рывка (фазы 1.1 – тяга 1.1, 1.2 – тяга 1.2, 2.1 – подрыв 2.1, 2.2 – подрыв 2.2, 3.1 – подсед 3.1, 3.2 – подсед 3.2, 4 – вставание после подседа 4)

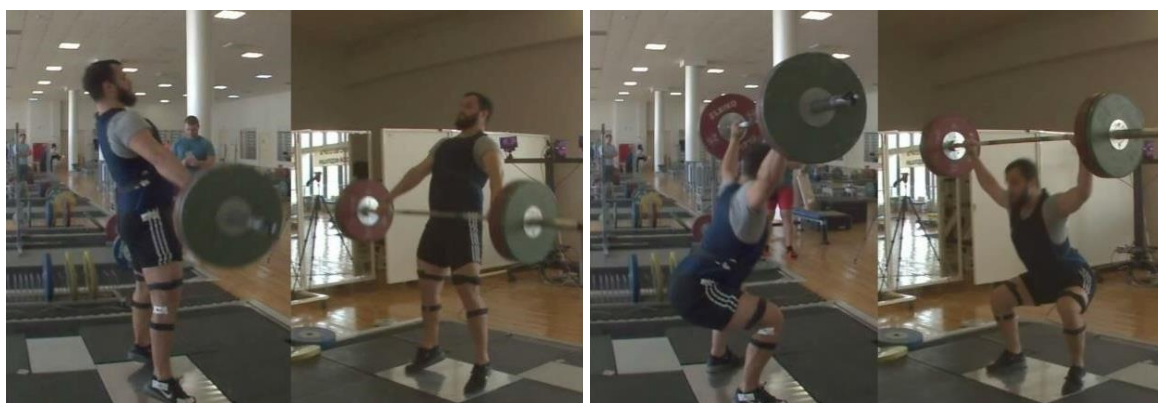


а б
Рис. 5. Начало фаз подрыв 2.1 (а) и подрыв 2.2 (б)

Фаза 2.2 – финальный разгон (см. рис. 5, б) продолжается до максимального разгибания туловища и ног спортсмена. Показатель F_{\max} достигает максимальных значений ($120,8 \pm 42,8$) кг, J_{\max} снижается более чем в 2 раза до ($299,1 \pm 297,7$) кг/с. Средняя амплитуда ЭМГ мышц бедра и икроножной мышцы снижаются, максимальная амплитуда ЭМГ всех изучаемых мышц значительно не изменяется (см. рис. 2). На высоком уровне находятся пиковая и медианная частота ЭМГ икроножной мышц (см. рис. 3 и 4), что объясняется значительным напряжением и вовлечением в работу максимально возможного числа ДЕ, так как, как правило, в конце этой фазы спортсмены поднимаются высоко на носки.

Период подседа состоит из двух фаз (рис. 6). Фаза 3.1 – взаимодействие тяжелоатлета со штангой в безопорной фазе (рис. 6, а). Показатель F_{\max} снижается до ($102,5 \pm 37,5$) кг, а J_{\max} увеличивается в несколько раз, до ($3385,7 \pm 1950,0$) кг/с. Средняя амплитуда ЭМГ мышц бедра и икроножной мышцы снижаются, а трапециевидной повышается. Пиковая и медианная частота ЭМГ мышц ног снижается – они работают в эксцентрическом (уступающем) режиме (см. рис. 3 и 4).

Фаза 3.2 – штанга и спортсмен перемещаются вниз до момента фиксации штанги в подседе (рис. 6, б). Показатель F_{\max} немного увеличивается – $114,0 \pm 25,9$ кг, а J_{\max} резко снижается до $857,2 \pm 678,4$ кг/с. Средняя и максимальная амплитуда ЭМГ мышц ног снижаются, а амплитуда ЭМГ трапециевидной мышцы достигает максимальных значений (см. рис. 2), ей развивается максимальное напряжение в статическом режиме сокращения. Пиковая и медианная частота ЭМГ мышц ног повышается, напряжение в них опять начинает нарастать за счет рекрутирования ДЕ (рис. 3, 4).



а б
Рис. 6. Начало фаз подсед 3.1 (а) и подсед 3.2 (б)

В 4-м периоде тяжелоатлетического рывка – фаза 4 вставания после подседа (рис. 7, *а*) – показатель F_{\max} практически не изменяется – $(115,9 \pm 24,4)$ кг, а J_{\max} уменьшается в 2 раза, до $(389,9 \pm 317,5)$ кг/с, так как режим работы уже опять концентрический (преодолевающий). Средняя и максимальная амплитуды ЭМГ мышц бедра повышаются, а трапецевидной и икроножной – снижаются (см. рис. 2). Пиковая и медианная частота ЭМГ мышц ног повышается (см. рис. 3 и 4).

На рис. 7, *б* представлено положение спортсмена в момент фиксации штанги над головой.



Рис. 7. Начало фаз вставание 4 (*а*) и фиксация штанги над головой (*б*)

Участие в данном исследовании только элитных спортсменов – мастеров спорта и мастеров спорта международного класса – позволило разработать модельные характеристики для динамических, кинематических и ЭМГ параметров для спортсменов по весовым категориям: легкие, средние, полутяжелые и тяжелые.

Биомеханические показатели техники тяжелоатлетического рывка у спортсменов легких, средних, полутяжелых и тяжелых весовых категорий в основном отличались силовыми характеристиками, которые больше у спортсменов более тяжелых весовых категорий. Скоростные и относительные мощностные характеристики выше у спортсменов более легких весовых категорий, по кинематическим характеристикам рывка тяжелоатлеты разных весовых категорий практически не различались, что по-видимому связано с высоким уровнем квалификации. Однако отмечена большая их динамика по амплитуде – у легких весовых категорий, по максимальной угловой скорости сгибания/разгибания суставов – у тяжелых категорий. Абсолютные показатели углов сгибания/разгибания суставов, как правило, больше у спортсменов средних весовых категорий [6].

При апробации разработанной методики у всех спортсменов было проведено исследование, полученные данные сопоставлены с модельными характеристиками и даны рекомендации по технике выполнения тяжелоатлетического рывка. Материалы с модельными характеристиками, алгоритмом и примерами оценки приведены в разработанных методических рекомендациях [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлено физиологическое и биомеханическое описание выполнения тяжелоатлетического рывка — одного из двух соревновательных упражнений в Олимпийской тяжелой атлетике. На основе данных изучения 35 высококвалифицированных тяжелоатлетов мужчин были выявлены особенности динамики параметров электрической активности мышц и силовых характеристик,

которые значительно изменяются в разные фазы выполнения тяжелоатлетического рывка. Фазы тяги характеризуются нарастанием мышечного напряжения, работой мышц в концентрическом динамическом режиме. Фазы подрыва характеризуются максимальной силой напряжения мышц и скоростью ее динамики как по биомеханическим характеристикам, так и по электрическим процессам в мышцах: отмечается максимальное напряжение и высокая частота импульсации ДЕ мышц-разгибателей. Фазы подседа характеризуются снижением мышечного напряжения и скорости его изменения, работой мышц в смешанном режиме, в том числе в эксцентрическом и статическом режиме. Период вставания после подседа характеризуется высокими, но не максимальными показателями силы и напряжения мышц. Выявлено, что эксцентрический режим сокращения мышц по ЭМГ-показателям проявляется в снижении как амплитудных, так и частотных характеристик.

У прошедших исследования спортсменов в общем выявлены хорошие и оптимальные характеристики, показывающие хорошую техническую и скоростно-силовую подготовленность. В отдельных случаях выявлены отклонения, на которые следует обратить внимание – это показатели скорости в самом начале движения, продолжительности отдельных фаз, недостаточная динамика коленного сустава.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в соответствии с государственным контрактом Северо-Кавказского федерального научно-клинического центра Федерального медико-биологического агентства России с Министерством спорта Российской Федерации № 0173100014420000023 от 15.06.2020 на выполнение прикладной научно-исследовательской работы по теме «Разработка методики экспресс-контроля за техникой выполнения тяжелоатлетических упражнений спортсменами высокой квалификации в условиях тренировочной деятельности».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верхошанский Ю.В., Виру А.А. Некоторые закономерности долговременной адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам // Физиология человека. – 1987. – Т. 13, № 5. – С. 811–818.
2. Городничев Р.М., Шляхтов В.Н. Физиология силы: монография. – М.: Спорт, 2016.
3. Дворкин Л.С. Тяжелая атлетика: учебник для вузов. – М.: Советский спорт, 2005.
4. Замчий Т.П., Корягина Ю.В. Морфофункциональные аспекты адаптации к силовым видам спорта. – Омск: СибГУФК, 2012.
5. Маньшин Б.Г. Биомеханические и кинематические характеристики рывка у тяжелоатлетов различной квалификации // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта, 2020. – № 2. – С. 239–244.
6. Нопин С.В., Сивохин И.П., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Абуталимова С.М. Применение методики экспресс-контроля за техникой выполнения тяжелоатлетических упражнений спортсменами высокой квалификации в условиях тренировочной деятельности: методические рекомендации; ФГБУ СКФНКи ФМБА России. – Ессентуки, 2020.
7. Олешко В., Иванов А., Солодка О. Биомеханические особенности техники толчка штанги у квалифицированных спортсменов // Наука в олимпийском спорте. – 2017. – № 3. – С. 62–67.
8. Поповская М.Н., Моисеев С.А., Иванов С.М., Маркевич В.В., Городничев Р.М. Изменение электрической активности мышц при выполнении мышечных сокращений у баскетболистов и бегунов на короткие и длинные дистанции // Медико-физиологические проблемы экологии человека: материалы VII Всерос. конф. с междунар. участием, 19–22 сентября 2018. – Ульяновск, 2018. – С. 225–227.
9. Поповская М.Н., Моисеев С.А., Таран И.И., Пухов А.М., Городничев Р.М. Регуляция концентрического мышечного сокращения у спортсменов, адаптированных к двигательной деятельности разной направленности // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 101–105.

10. Прянишникова О.А., Городничев Р.М., Городничева Л.Р., Ткаченко А.В. Спортивная электронейромиография // Теория и практика физической культуры. – 2005 – № 9. – С. 6.
11. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660142. Биомеханическая и электромиографическая экспресс оценка тяжелоатлетического рывка. Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н. 28.08.2020. Заявка № 2020619210/69 от 20.08.2020.
12. Сивохин И.П., Огиенко Н.А., Бекмухамбетова Л.С., Маткаримов Р.М. Биомеханические аспекты совершенствования двигательных действий в спорте // Вестник Костанайского гос. педагогического института. – 2019. – № 53. – С. 36–43.
13. Фураев А.Н. Алгоритмы выделения биомеханических показателей на примере рывка штанги // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте: сб. тр. конф., 21–23 октября 2013. – М., 2013. – С. 155–160.
14. Хасин Л.А. Биомеханический анализ техники выполнения рывка современными тяжелоатлетами высокой квалификации с использованием скоростной видеосъемки и математического моделирования // Вестник спортивной науки. – 2017. – № 1. – С. 13–19.
15. Ципин Л.Л. Методологические аспекты применения электромиографии при изучении спортивных движений разной интенсивности // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 8. – С. 188–193.
16. Шалманов А.А., Скотников В.Ф., Лукунина Е.А., Баюрин А.П., Багмет П. Сравнительный анализ показателей механической энергии и мощности в рывке и толчке у мужчин и женщин // Спорт-дорога к миру между народами: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 17–19 октября 2017. – М., 2017. – С. 286–292.
17. Шляхтов В.Н. Сравнительный анализ мышечных усилий при выполнении переворота назад в акробатике и произвольных движений // Теория и практика физической культуры. – 2013. – № 11. – С. 79.
18. Al-Khleifat A.I., Al-Kilani M., Kilani H.A. Biomechanics of the clean and jerk in weightlifting national Jordanian team // Journal of Human Sport & Exercise. – 2019. – Vol. 14, no. 5. – P. 2429–2434.
19. Chapman A.R., Vicenzino B., Blanch P., Knox J.J., Hodges P.W. Intramuscular fine-wire electromyography during cycling: repeatability, normalisation and a comparison to surface electromyography // Journal of Electromyography and Kinesiology, 2010. – Vol. 20, no. 1. – P. 108–117.
20. Clarys J., Scafoglieri A., Tresignie J., Reilly T., Van Roy P. Critical appraisal and hazards of surface electromyography data acquisition in sport and exercise // Asian Journal of Sports Medicine. – 2010 – Vol. 1, No. 2 – P. 69.
21. Fauth M., Petushek E., Feldmann C., Hsu B., Garceau L., Lutsch B., Ebben W. Reliability of surface electromyography during maximal voluntary isometric contractions, jump landings, and cutting // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2010. – Vol. 24. – P. 1131–1137.
22. Hendrix C., Housh T., Johnson G., Mielke M., Camic C., Zuniga J., Schmidt R. A new EMG frequency-based fatigue threshold test // Journal of Neuroscience Methods. – 2009. – Vol. 181, no. 1. – P. 45–51.
23. Kipp K., Meinerz C. A biomechanical comparison of successful and unsuccessful power clean attempts // Sports Biomechanics. – 2017 – Vol. 16, no. 2. – P. 272–282.
24. Türker H., Sozen H. Surface electromyography in sports and exercise // Turker H. (ed.). Electrodiagnosis in new frontiers of clinical research. – New York: ITAe, 2012. – P. 175–194.

DYNAMICS OF MUSCLE ELECTRIC ACTIVITY PARAMETERS AND MAXIMUM POWER CHARACTERISTICS IN DIFFERENT PHASES OF PERFORMANCE OF WEIGHTLIFTING SNATCH

S.V. Nopin, Yu.V. Koryagina, G.N. Ter-Akopov, S.M. Abutalimova (Essentuki, Russian Federation)

Weightlifting exercises are coordinately complex, speed and power based movements, which simultaneously combine the maximum muscle work with different contraction types and limit the result with special functional features of the neuromuscular apparatus. According to modern views, indicators of biomechanics of the motor act and electromyographic characteristics of leading muscles during performance of the act show different aspects of the same process of contraction and can be used as criteria for an

evaluation of muscle efforts and the functional state of the neuromuscular apparatus. The objective of this study is to identify special features of dynamics of muscle electric activity parameters and maximum power characteristics in different phases of weightlifting snatch. The study involved 35 male elite weightlifters with the Master of Sports qualification. The study was conducted with the BTS Motion System (made by BTS Bioengineering, Italy). A computer program was developed to analyze the technique of the snatch (the certificate RU 2020660142 from 28.08.2020). The study included registration and following analysis of biomechanical (dynamic, kinematic) and electromyographic indicators during performance of the snatch by athletes with 80% intensity of the maximum weight directly during the training session. Features of dynamics of muscles' electric activity parameters and maximum power characteristics, which are significantly changing in different phases of performance of the snatch, were revealed in the study. Pull phases are characterized by the increase of muscle tension, muscle work in the concentric dynamic contraction. Snatch phases are characterized by the maximum power of muscle tension and the speed of its dynamics according to both biomechanical features and electrical processes in muscles: a maximum tension and high frequency of impulsion of motor units of extensor muscles were noted. Squat phases are characterized by the decrease of muscle tension and speed of its changing, muscle work in the combined type of contraction, including eccentric and static types. High, but not maximum indicators of power and tension of muscles characterize phases of standing-up. It was revealed that the eccentric muscle contraction, according to EMG indicators, is manifested in the decrease of both amplitude and frequency characteristics. The concluded study allowed to present data characterizing biomechanics of the motor act and special physiological features of leading muscles' work of elite weightlifters during performance of the exercise. Power and electromyographic parameters in various types of muscle work in different phases of the snatch were determined.

Key words: electromyography, biomechanics, maximum power, tensodynamometry, weightlifters, weightlifting snatch.

Получено 28 февраля 2021