

Дата публикации: 01.12.2021

DOI: 10.51871/2588-0500\_2021\_05\_04\_8

УДК 616.74-071.5

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ СТИМУЛЯЦИОННОЙ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ В ПОКОЕ И ПРИ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ СПОРТИВНОЙ НАГРУЗКЕ**

С.М. Абуталимова, С.В. Нопин

ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр  
Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

**Ключевые слова:** спортсмены, нервно-мышечный аппарат, стимуляционная электромиография, поверхностная электромиография, биоэлектрическая активность мышц, тяжелая атлетика.

**Аннотация.** Цель работы: исследовать функциональные особенности нервно-мышечного аппарата тяжелоатлетов по данным стимуляционной и поверхностной электромиографии в покое и при специфической спортивной нагрузке. Исследование параметров М-ответа у тяжелоатлетов, показало низкие значения латентности и резидуальной латентности, длительности М-ответа. Отмечаются высокие значения амплитуды, площади моторного ответа и скорости распространения возбуждения по нерву. Полученные данные свидетельствуют о достаточно высоком уровне функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов, специализирующихся в тяжелой атлетике. Показатели биоэлектрической активности трапециевидных мышц при выполнении рывка отражают фазовый характер и высокий уровень нервно-мышечной координации, способствующий своевременной активации мышечных волокон и регуляции мышечного напряжения при развитии усилий. Полученные данные можно применять для оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата тяжелоатлетов на различных этапах тренировочного процесса.

# CHARACTERISTICS OF STIMULATION AND SURFACE ELECTROMYOGRAPHY OF ELITE WEIGHTLIFTERS AT REST AND WITH SPECIFIC SPORTS LOADS

S.M. Abutalimova, S.V. Nopin

FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, Russia

**Key words:** athletes, neuromuscular apparatus, stimulation electromyography, surface electromyography, bioelectric activity of muscles, weightlifting.

**Annotation.** Aim of this work was to study the functional features of the neuromuscular apparatus of weightlifters according to the data of stimulation and surface electromyography at rest and in case when specific sports loads are applied. The study of the parameters of the M-response in weightlifters revealed low values of latency and residual latency, as well as the M-response's duration. High values of the amplitude, area of the motor response and the spread of excitation velocity along the nerve were noted. The data obtained indicate a substantially high level of the functional state of the neuromuscular apparatus of athletes specialized in weightlifting. Indicators of bioelectrical activity of the trapezius muscles when performing the snatch reflect the phase nature and a high level of neuromuscular coordination, contributing to the timely activation of muscle fibers and regulation of muscle tension during the development of efforts. The obtained data can be used to assess the functional state of the neuromuscular apparatus of weightlifters at various stages of the training process.

**Введение.** Систематическое влияние специфической физической нагрузки на организм спортсмена прежде всего проявляется адаптационными перестройками, направленными на оптимизацию работы нервно-мышечного аппарата (НМА). Наиболее отчетливо протекают такие процессы у спортсменов силовых видов спорта, в частности у тяжелоатлетов [1-2]. Метод электромиографии (ЭМГ) – исследование биоэлектрической активности мышц и параметров нервно-мышечной передачи, позволяет получить объективные данные о функциональном состоянии НМА спортсменов в покое, а также изучить его морфофункциональные изменения при физических нагрузках [3]. Существуют разные методики проведения ЭМГ-исследования. Стимуляционный и поверхностный методы используются наиболее часто [4-5]. При этом стимуляционную ЭМГ целесообразно применять в покое для оценки функционального состояния НМА, а поверхностную – при выполнении двигательных действий [6-7]. Разработка методики диагностики, включающая применение обоих способов проведения ЭМГ дает

исследователю возможность изучить особенности механизмов срочной и долговременной адаптации НМА спортсменов к физическим нагрузкам [8-9].

Цель работы: исследовать функциональные особенности нервно-мышечного аппарата тяжелоатлетов по данным стимуляционной и поверхностной ЭМГ в покое и при специфической спортивной нагрузке.

**Методы и организация исследования.** В исследовании, проводившемся в Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, приняли участие 53 спортсмена специализации тяжелая атлетика (31 спортсмен мужского пола, 22 – женского). Квалификация спортсменов – кандидат в мастера спорта (КМС), мастер спорта (МС), мастер спорта международного класса (МСМК). Средний возраст  $21 \pm 3,6$  лет.

Поверхностную электромиографию проводили с помощью беспроводных датчиков системы BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия), которые крепились к трапециевидным мышцам. Стимуляционная ЭМГ проводилась путем регистрации моторных ответов с короткого разгибателя пальцев стопы, иннервируемого малоберцовым нервом при помощи 4-х канального аппаратно-программного комплекса Нейро-МВП («Нейрософт», г. Иваново). Обработка данных проводилась с помощью пакета программ Microsoft Office и Statistica 6.0 (непараметрический критерий Вилкоксона).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Исследование параметров нервно-мышечной передачи у спортсменов тяжелоатлетов в покое представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры М-ответа, регистрируемые с короткого разгибателя пальцев стопы при стимуляции малоберцового нерва в точках «предплюсна», «головка малоберцовой кости», «подколенная ямка»

Показатели стимуляционной ЭМГ	Правая нога	Левая нога	Нормативные значения
Точка стимуляции «предплюсна»			
Латентность, мс	$3,81 \pm 0,31$	$3,83 \pm 0,22$	-
Амплитуда М-ответа, мВ	$6,99 \pm 1,34$	$6,92 \pm 1,27$	не менее 3 мВ
Длительность М-ответа, мс	$5,81 \pm 0,51$	$5,86 \pm 0,34$	-
Площадь М-ответа, мВ×мс	$24,72 \pm 3,41$	$23,32 \pm 3,62$	-
Резидуальная латентность, мс	$2,58 \pm 0,31$	$2,51 \pm 0,24$	менее 4 мс
Точка стимуляции «головка малоберцовой кости»			
Латентность, мс	$11,2 \pm 0,18$	$11,12 \pm 0,11$	-
Амплитуда М-ответа, мВ	$6,14 \pm 0,58$	$6,36 \pm 0,74$	не менее 3 мВ

Продолжение таблицы 1

Длительность М-ответа, мс	6,32±0,41	6,27±0,33	-
Площадь М-ответа, мВ×мс	21,6±3,02	22,3±3,14	-
СРВ, м/с	55,11±2,13	54,95±1,71	не менее 40 м/с
Точка стимуляции «подколенная ямка»			
Латентность, мс	12,1±0,31	12,1±0,19	-
Амплитуда М-ответа, мВ	5,98±1,58	6,21±1,44	не менее 3 мВ
Длительность М-ответа, мс	6,75±0,53	6,14±0,65	-
Площадь М-ответа, мВ×мс	20,01±2,50	20,56±2,14	-
СРВ, м/с	54,31±4,01	53,26±2,98	не менее 40 м/с

Примечание: СРВ – скорость распространения возбуждения

Исследование параметров М-ответа у тяжелоатлетов показало низкие значения латентности и резидуальной латентности, длительности М-ответа. Кроме того, отмечаются высокие значения амплитуды, площади моторного ответа и скорости распространения возбуждения (СРВ) по нерву. Полученные данные не только укладываются в рамки нормативных значений здоровых людей, не занимающихся спортом, но и свидетельствуют о достаточно высоком уровне функционального состояния НМА спортсменов, специализирующихся в тяжелой атлетике.

Для исследования механизмов срочной адаптации НМА тяжелоатлетов к физическим нагрузкам использовался метод поверхностной ЭМГ трапециевидных мышц при выполнении тяжелоатлетического упражнения рывок. Данные биоэлектрической активности правой и левой трапециевидных мышц представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Параметры поверхностной ЭМГ правой трапециевидной мышцы при выполнении рывка

Фазы рывка	Показатели ЭМГ				
	Сред. амплитуда	Макс. амплитуда	Пик. частота	Сред. частота	Медиан. частота
1.1	0,171±0,084	1,448±0,784	44,7±16,4	62,1±13,2	54,3±13,1
1.2	0,445±0,199	1,911±0,812	49,9±13,2	66,7±13,4	62,8±15,3
2.1	0,365±0,198	1,412±0,792	59,6±18,4	75,2±19,6	63,1±20,8
2.2	0,411±0,224	1,416±0,690	67,3±16,9	79,1±15,2	64,5±13,9
3.1	0,546±0,214	2,560±0,911	56,4±23,6	72,3±14,1	63,4±15,4
3.2	0,677±0,299	2,847±1,112	44,6±21,1	74,2±9,8	60,1±10,1
4	0,491±0,234	2,498±1,012	57,1±17,4	71,2±14,1	61,2±11,8

Примечание: 1.1 – первая фаза тяги; 1.2 – вторая фаза тяги; 2.1 – первая фаза подрыва; 2.2 – вторая фаза подрыва; 3.1 – первая фаза подседа; 3.2 – вторая фаза подседа; 4 – фаза вставания

Таблица 3

Параметры поверхностной ЭМГ левой трапецевидной мышцы при выполнении рывка

Фазы рывка	Показатели ЭМГ				
	Сред. амплитуда	Макс. амплитуда	Пик. частота	Сред. частота	Медиан. частота
1.1	0,164±0,13	1,441±0,714	44,6±14,2	61,8±15,4	53,1±15,4
1.2	0,489±0,223	1,865±0,895	51,3±23,4	69,2±20,1	55,6±21,1
2.1	0,464±0,312	1,587±0,799	72,8±38,6	79,8±19,8	65,8±30,2
2.2	0,436±0,184	1,595±0,548	74,6±27,1	84,1±17,9	71,9±26,8
3.1	0,568±0,241	2,314±0,745	71,4±28,3	77,1±18,3	69,3±19,9
3.2	0,651±0,321	2,654±0,954	60,2±19,8	75,6±15,7	64,1±14,8
4	0,454±0,286	2,323±1,041	47,3±14,1	73,9±12,6	60,9±12,9

Примечание: 1.1 – первая фаза тяги; 1.2 – вторая фаза тяги; 2.1 – первая фаза подрыва; 2.2 – вторая фаза подрыва; 3.1 – первая фаза подседа; 3.2 – вторая фаза подседа; 4 – фаза вставания

Анализ показателей средней и максимальной амплитуды правой и левой трапецевидных мышц (табл. 2, 3) показал, что минимальное напряжение, развиваемое мышцами, отмечается в первую фазу тяги, а максимальное – во вторую фазу подседа (различия между минимальными и максимальными показателями в фазы тяга 1.1 – подсед 3.2: средняя амплитуда слева  $p \leq 0,003$ , средняя амплитуда справа  $p \leq 0,004$ , максимальная амплитуда слева  $p \leq 0,003$ , максимальная амплитуда справа  $p \leq 0,0002$ ). При этом частотная активность мотонейронов также минимальна в первую фазу тяги, но увеличивается и достигает максимума уже ко второй фазе подрыва, тем самым рекрутируя в сокращение дополнительные мышечные волокна, незначительно снижаясь к концу упражнения (различия между минимальными и максимальными показателями тяга 1.1 – подрыв 2.2: пиковая частота слева  $p \leq 0,0003$ , пиковая частота справа  $p \leq 0,002$ , средняя частота слева  $p \leq 0,0006$ , средняя частота справа  $p \leq 0,0003$ , медианная частота слева  $p \leq 0,001$ , медианная частота справа  $p \leq 0,008$ ).

Полученные данные биоэлектрической активности трапецевидных мышц при выполнении рывка отражают фазовый характер и высокий уровень нервно-мышечной координации, способствующий своевременной активации мышечных волокон, тем самым регулируя степень мышечного напряжения при развитии усилия и экономизации энергоресурсов, что в свою очередь является результатом срочной адаптации НМА спортсменов к физическим нагрузкам.

**Заключение.** В результате проведенного исследования было установлено влияние длительного тренировочного процесса на функциональное состояние нервно-мышечного аппарата спортсменов, специализирующихся в тяжелой атлетике. При этом проведение стимуляционной ЭМГ в покое позволяет изучить механизмы долговременной

адаптации – высокие значения амплитуд, площади М-ответа, СРВ, низкие значения длительности М-ответа, латентности, резидуальной латентности, которые в совокупности свидетельствуют о достаточно высоком уровне функционального состояния НМА тяжелоатлетов. Проведение поверхностной ЭМГ при выполнении упражнения позволило оценить срочные механизмы адаптации НМА к физическим нагрузкам – повышение амплитудно-частотных показателей в фазы максимальных и взрывных усилий, а также их быстрое снижение в последующие фазы отражают высокий уровень нервно-мышечной координации, способствующий своевременной активации мышечных волокон и экономизации энергоресурсов.

Полученные данные можно применять для оценки функционального состояния НМА тяжелоатлетов на различных этапах тренировочного процесса.

### Список литературы

1. Нопин С.В. Физиологический и биомеханический контроль функционального состояния двигательной системы спортсменов / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина // Ессентуки: ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России. – 2021. – 176 с.
2. Корягина Ю.В. Морфологические особенности спортсменов как результат адаптации к занятиям разными силовыми видами спорта / Ю.В. Корягина, С.В. Матук // Омский научный вестник. – 2010. – № 4(89). – С. 140-142.
3. Власова С.В. Количественная электромиографическая оценка межмышечного взаимодействия у спортсменов / С.В. Власова, В.И. Ходулев, Г.Н. Пономарев // Теория и практика физической культуры: ежемесячный научно-теоретический журнал. – 2016. – № 8. – С. 97-99.
4. Абуталимова С.М. Сравнительный анализ показателей поверхностной электромиографии у спортсменов тяжелоатлетов мужского и женского пола во время выполнения тяжелоатлетического рывка / С.М. Абуталимова, Ю.В. Корягина, С.В. Нопин // Современные вопросы биомедицины. – 2020. – Т. 4. – № 4. – С. 56.
5. Корягина Ю.В. Применение электронейромиографии в спортивной медицине / Ю.В. Корягина, Л.Г. Рогулева // Современные вопросы биомедицины. – 2018. – Т. 2. – № 1(2). – С. 31-43.
6. Ципин Л.Л. Методологические аспекты применения электромиографии при изучении спортивных движений разной интенсивности / Л.Л. Ципин // Ученые записки университета им. ПФ Лесгафта. – 2015. – № 8. – С. 188-193.
7. Джелдубаева Э.Р. Особенности электромиографических показателей у спортсменов ациклических видов спорта / Э.Р. Джелдубаева, К.Н. Туманянц

// V Международный научный конгресс "Проблемы физкультурного образования: концептуальные основы и научные инновации". – 2018. – С. 171-175.

8. 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. – № 6. – С. 36-43.

9. Эраносьян Н.М. Оценка функционального состояния нервно-мышечного аппарата у спортсменов высокой квалификации / Н.М. Эраносьян // Материалы международной научно-практической конференции «XIII Международная научная сессия по итогам НИР за 2012 год. Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту». – Минск. – 2013. – Ч. 2. – С. 83-86.

### References

1. Nopin S.V. Physiological and biomechanical control of the functional state of the motor system of athletes / S.V. Nopin, Yu.V. Koryagina // Essentuki: FSBI NCFRCC of FMBA of Russia. – 2021. – 176 p.

2. Koryagina Yu.V. Morphological features of athletes as a result of adaptation to different power sports / Yu.V. Koryagina, S.V. Matuk // Omsk Scientific Bulletin. – 2010. – № 4(89). – P. 140-142.

3. Vlasova S.V. Quantitative electromyographic assessment of intermuscular interaction in athletes / S.V. Vlasova, V.I. Khodulev, G.N. Ponomarev // Theory and Practice of Physical Culture: monthly scientific-theoretical journal. – 2016. – № 8. – P. 97-99.

4. Abutalimova S.M. Comparative analysis of surface electromyography in male and female weightlifters when performing the weightlifting snatch / Abutalimova S.M., Yu.V. Koryagina, S.V. Nopin // Modern Issues of Biomedicine. – 2020. – Vol. 4. – № 4. – P. 56.

5. Koryagina Yu.V. The use of electroneuromyography in sports medicine / Yu.V. Koryagina, L.G. Roguleva // Modern Issues of Biomedicine. – 2018. – Vol. 2. – № 1(2). – P. 31-43.

6. Tsipin L.L. Methodological aspects of using 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.

7. Dzheldubaeva E.R. Features of electromyographic indicators in athletes of acyclic sports / E.R. Dzheldubaeva, K.N. Tumanyants // V International Scientific Congress "Issues of Physical Culture and Education: Concept Foundations and Scientific Innovations". – 2018. – P. 171-175.

8. Tsipin L.L. Registration of the electric activity of athletes' muscles in the study of high-amplitude motor actions / L.L. Tsipin, F.E. Zakharov, M.A. Samsonov // Materials of the Department of Biomechanics of the P.F. Lesgaft University. – 2012. – № 6. – P. 36-43.

9. Eranos'yan N.M. Assessment of the functional state of the neuromuscular apparatus in elite athletes / N.M. Eranos'yan // Materials of the International Scientific and Practical Conference "XIII International Scientific Session on The Results of Research Projects for 2012. Scientific Justification of Physical Education, Sports Training and Training Staff in Physical Culture and Sports". – Minsk. – 2013. – Part 2. – P. 83-86.

**Сведения об авторах:** **Сабина Маликовна Абуталимова** – научный сотрудник Центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: sabina190989@yandex.ru; **Сергей Викторович Нопин** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: work800@yandex.ru

**Information about the authors:** **Sabina Malikovna Abutalimova** – Researcher of the FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, e-mail: sabina190989@yandex.ru; **Sergej Viktorovich Nopin** – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of the Center for Biomedical Technologies of the FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, e-mail: work800@yandex.ru.