
УДК 796.01:612

ББК 75.0

Э 45

Чермит К.Д.

Доктор педагогических наук, доктор биологических наук, профессор, проректор по учебной работе Адыгейского государственного университета, тел. 89184259818, e-mail: Chermit@adygnet.ru

Шаханова А.В.

Доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой физиологии факультета естествознания, проректор по научной работе Адыгейского государственного университета, тел. 89184201021, e-mail: Dissagu@yandex.ru

Заболотный А.Г.

Кандидат педагогических наук, доцент кафедры физического воспитания института физической культуры и дзюдо, директор центра «Здоровье» Адыгейского государственного университета, тел. 89286620738, e-mail: Zabolotniy-tol1@yandex.ru

Тхагова А.А.

Аспирант кафедры физиологии факультета естествознания, физиолог центра «Здоровье» Адыгейского государственного университета, тел. 89286666767, e-mail: Asiett@yandex.ru

**Электромиографическая характеристика приседания
со штангой в пауэрлифтинге
(Рецензирована)**

Аннотация

На основе регистрации интерференционной поверхностной электромиограммы исследована биоэлектрическая активность мышц в ходе приседания со штангой с различными отягощениями в пауэрлифтинге. Анализ параметров полученных электромиограмм осуществлен методом геометрического моделирования.

Ключевые слова: электромиограмма (ЭМГ), биоэлектрическая активность, приседание со штангой, пауэрлифтинг.

Chermit K.D.

Doctor of Pedagogy, Doctor of Biology, Professor, Vice-Rector for Educational Work at Adyghe State University, ph. 89184259818, e-mail: Chermit@adygnet.ru

Shakhanova A.V.

Doctor of Biology, Professor, Head of Physiology Department of Natural Science Faculty, Vice-Rector for Scientific Work at Adyghe State University, ph. 89184201021, e-mail: Dissagu@yandex.ru

Zabolotniy A.G.

Candidate of Pedagogy, Associate Professor of Physical Education Department, Institute of Physical Training and Judo, Director of the «Health» Centre at Adyghe State University, ph. 89286620738, e-mail: Zabolotniy-tol1@yandex.ru

Tkhagova A.A.

Post-graduate student of Physiology Department of Natural Science Faculty, Physiologist of the «Health» Centre at Adyghe State University, ph. 89286666767, e-mail: Asiett@yandex.ru

The electromyographic characteristic of squats in powerlifting

Abstract

The electrobiological activity of muscles during squats with different weights in powerlifting is investigated on the basis of the interference surface electromyogram recording. The analysis of the electromyogram parameters is made by using the geometric modeling method.

Key words: electromyogram (EMG), electrobiological activity, squat, powerlifting.

Разработка и совершенствование методики тренировки приседания со штангой в пауэрлифтинге неразрывно связаны с получением и использованием объективной информации о физиологических процессах, происходящих в нервно-мышечном аппарате,

механизмах управления движением под воздействием различных отягощений. Единственным объективным методом получения данной информации является электромиография [1], позволяющая изучать проявление интегрированной биоэлектрической активности целой мышцы, отражающей ее функциональное состояние и деятельность, форму сокращения отдельных двигательных единиц, их координацию во времени и степень синхронизации активности движений [2-7].

В физиологии спорта электромиографию применяют при исследовании адаптации нервно-мышечного аппарата к условиям спортивной тренировки, формирования специальных двигательных навыков, а также процессов утомления, восстановления и реабилитации после травм [8-16]. При выполнении спортсменом сложных движений можно видеть на полученных ЭМГ кривых не только характер активности отдельных мышц, но и оценивать моменты и порядок их включения в различные формы двигательных актов [5].

В лаборатории эргономической биомеханики на базе центра «Здоровье» НИИ комплексных проблем Адыгейского государственного университета было проведено исследование биоэлектрической активности мышц спины, бедра и голени при выполнении приседания со штангой по правилам пауэрлифтинга. Исследование осуществлялось путем регистрации поверхностной электромиограммы на основе многофункционального компьютерного комплекса «Нейро-Мвп». В исследовании участвовало 15 спортсменов (кандидатов и мастеров спорта), занимавшихся пауэрлифтингом. В ходе выполнения приседания со штангой производилась регистрация поверхностной ЭМГ мышц спины, бедра и голени. Использовались биполярные дисковые электроды с электродным расстоянием 2 см. Выбор места расположения электродов осуществлялся с учетом безопасности тестирования, оценки биоэлектрической активности наибольшего количества двигательных единиц исследуемой области тела, отсутствия артефактов при записи ЭМГ и помех движению спортсмена при выполнении упражнения. При этом электроды располагались на спине в области поясницы по ходу расположения волокон прямой мышцы спины, на бедре они устанавливались по центру прямой мышцы бедра, а в области голени – в центре нижней части икроножной мышцы. Импеданс под электродами составлял от 4 до 8 кОм. Исследование проводилось при выполнении приседания без отягощения, а также при выполнении упражнения с отягощениями: 50%, 60%, 70%, 80%, 90%.

Основные анализируемые параметры ЭМГ: максимальная амплитуда сигнала при измерении ее от пика до пика, средняя частота секундной реализации сигнала и время реализации биоэлектрической активности.

Временные параметры выполнения упражнения определялись по длительности проявления активных фаз биоэлектрической активности исследуемых мышечных групп. Выполнение упражнения проводилось по команде с фиксацией исходной и финальной позы, что отражалось на паттерне ЭМГ, по которому и определялись временные границы биоэлектрической активности исследуемых мышц. Началом реализации двигательного действия считалось увеличение параметров биоэлектрической активности одной, двух или одновременно всех исследуемых мышечных групп относительно биоэлектрической активности исходного положения. Завершением выполнения двигательного действия считалось снижение биоэлектрической активности всех исследуемых мышечных групп до проявления биоэлектрической активности финальной позы.

Анализ интерференционной кривой показал, что общие закономерности изменения биоэлектрической активности зависят от нагрузки, которую испытывает мышца: чем больше проявление силы, тем выше частота пиков и амплитуда ЭМГ.

Согласно литературным данным [2, 5, 10, 17, 18] нервная регуляция обеспечивает проявление мышечной силы за счет увеличения частоты нервных импульсов, посту-

пающих в скелетные мышцы от мотонейронов. В свою очередь характер нервных импульсов изменяет силу сокращения мышц четырьмя способами:

- 1) увлечением числа активных двигательных единиц, когда происходит вовлечение медленных и более возбудимых двигательных единиц;
- 2) переходом от слабых одиночных сокращений к сильным тетаническим сокращениям мышечных волокон по мере увеличения частоты нервных импульсов;
- 3) увеличением синхронизации двигательных единиц, приводящей к одновременной тяге всех активных мышечных волокон;
- 4) увеличением мышечной координации, в результате чего сила мышцы растет при одновременном расслаблении ее антагонистов или уменьшается при одновременном сокращении других мышц, а также увеличивается при фиксации туловища или отдельных суставов мышцами антагонистами [5].

Для совершенствования механизмов проявления силы в процессе выполнения приседания со штангой необходимо выяснить координацию работы основных мышечных групп, реализующих данное двигательное действие. С этой целью были изучены параметры ЭМГ основных мышечных групп, участвующих в выполнении приседания со штангой.

Для изучения максимальной амплитуды ЭМГ были определены у каждого спортсмена ее средние значения за время выполнения упражнения. Динамика максимальной амплитуды ЭМГ говорит о достоверном ($P < 0,05$) ее увеличении при повышении величины отягощения (рис. 1).

При выполнении упражнения с отягощениями до 60% от максимального наибольшие показатели максимальной амплитуды ЭМГ регистрируются с мышц бедра, а при преодолении отягощений с 70% и выше – с мышц спины. Самые низкие значения максимальной амплитуды ЭМГ характерны мышцам голени.

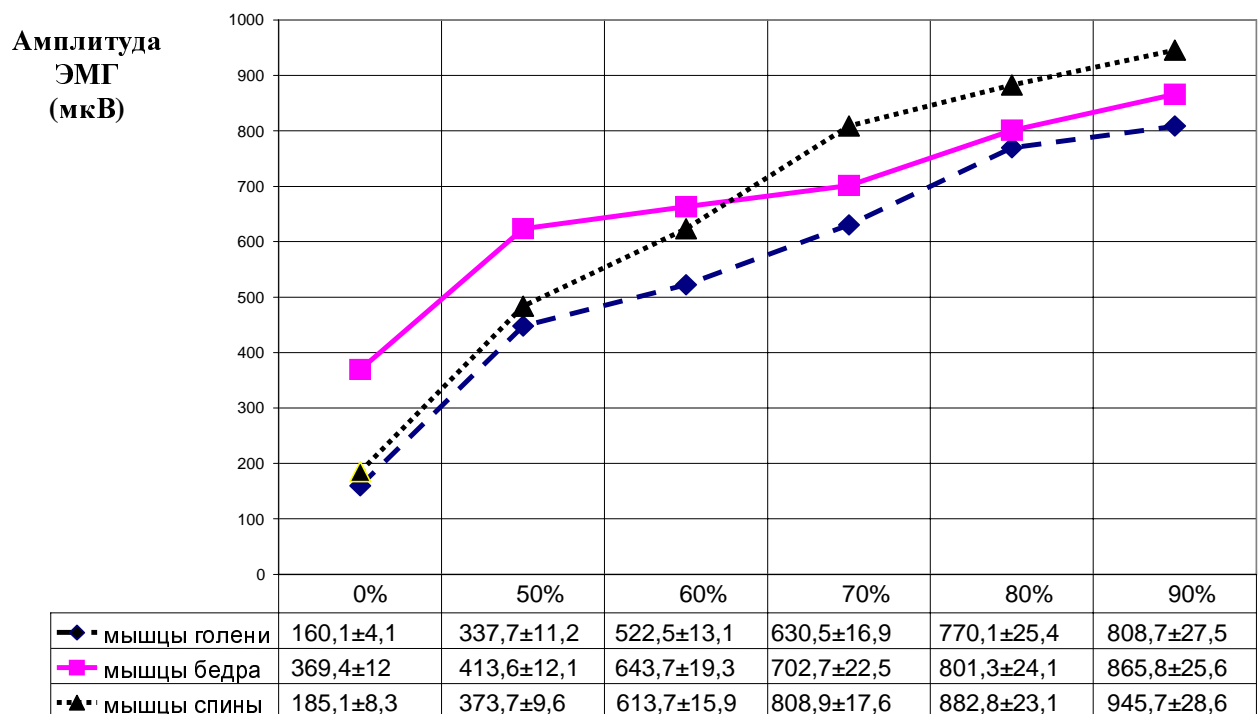


Рис. 1. Динамика максимальной амплитуды ЭМГ мышц голени, спины и бедра при увеличении отягощений от 0 до 90%

Изучение средних значений частоты сигнала ЭМГ всех исследуемых мышечных групп за время выполнения упражнения позволяет установить достоверное увеличение данного показателя при повышении отягощения с 50% до 90% ($P < 0,05$) (рис. 2). Наибольшие значения средней частоты сигнала ЭМГ при 90% отягощениях регистрируются с мышц бедра и спины, тогда как с голени данный показатель значительно ниже ($P < 0,05$).

Анализ временных параметров биоэлектрической активности двигательного действия позволил установить отсутствие достоверных различий во времени ее реализации в ходе преодоления отягощений от 50% до 90%.

Для понимания общих позиций изменения биоэлектрической активности исследуемых мышц предпринят анализ параметров ЭМГ на основе методов геометрического моделирования. Параметры ЭМГ были отложены в трехмерной системе координат. Частота ЭМГ – по оси X , амплитуда – по оси Y и время реализации ЭМГ – по оси Z . В результате была получена геометрическая модель электромиограммы (рис. 3).

Геометрическую модель можно рассматривать как объем биоэлектрической активности мышцы. Было изучено соотношение объемов биоэлектрической активности всех исследуемых мышечных групп при выполнении приседания без отягощения и с отягощением 50% и 90%.

Так при выполнении приседания без отягощения доля биоэлектрической активности мышц бедра составляет 79%, мышц голени – 9%, а мышц спины – 12%. При преодолении 50% отягощения происходит увеличение доли биоэлектрической активности мышц спины и голени с 12% до 27% и с 9% до 21% соответственно, но при этом наблюдается и снижение доли биоэлектрической активности мышц бедра с 79% до 52%. Данная тенденция сохраняется и при увлечении отягощения до 90%. Доля биоэлектрической активности мышц спины продолжает увеличиваться с отягощением от 27% до 40%, а доля биоэлектрической активности мышц голени – от 21% до 23% (рис. 4).

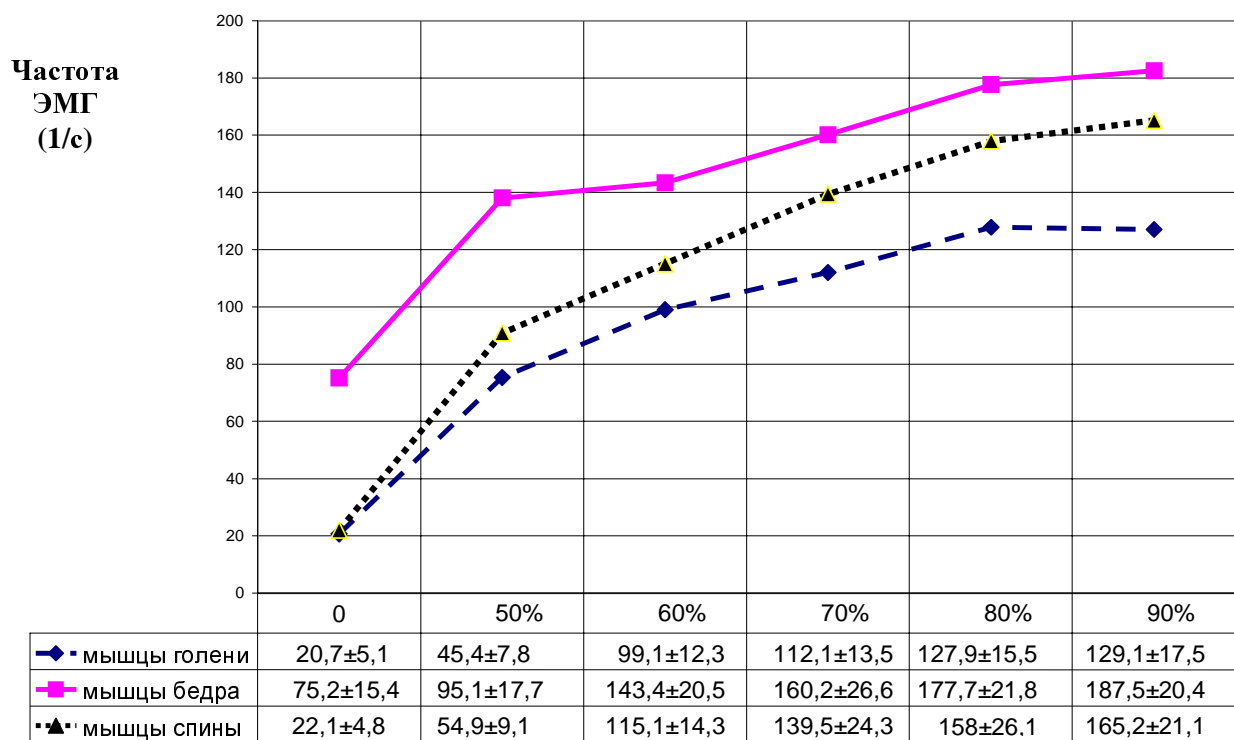


Рис. 2. Динамика частоты реализации сигнала ЭМГ мышц голени, спины и бедра при увеличении отягощений от 0 до 90%

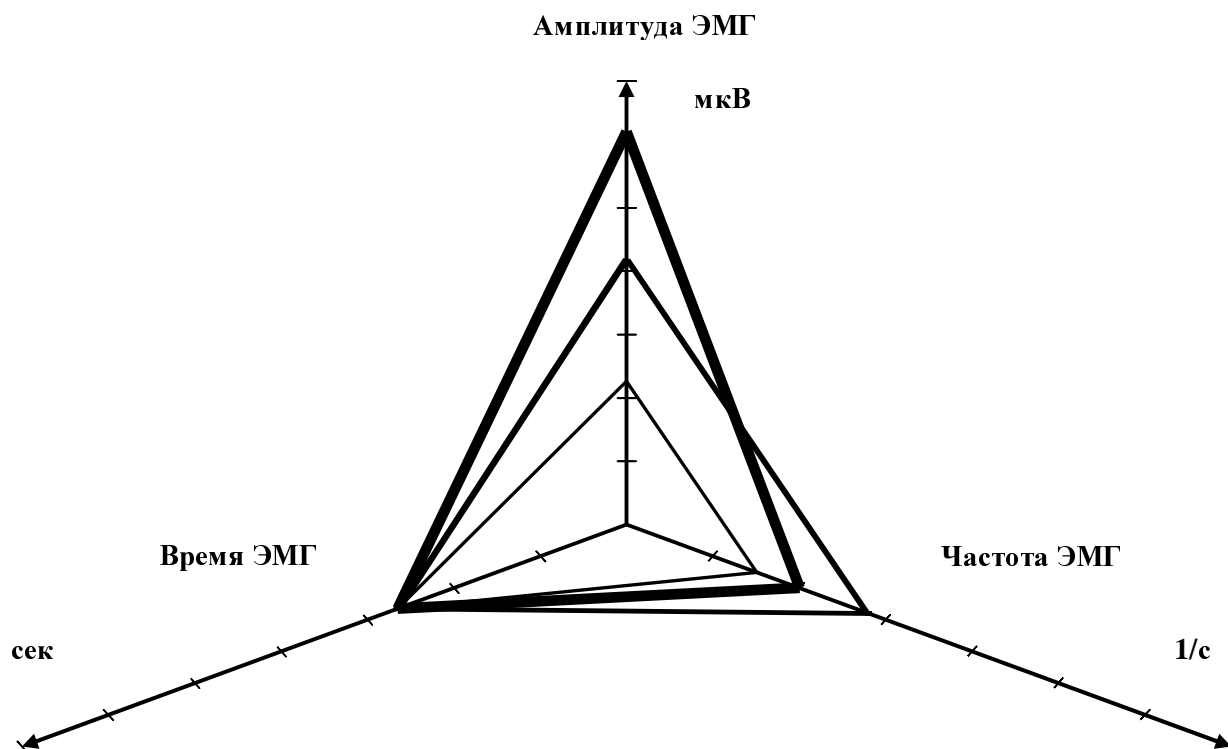


Рис. 3. Геометрическая модель ЭМГ мышц голени бедра и спины в ходе приседания со штангой с отягощением 90%

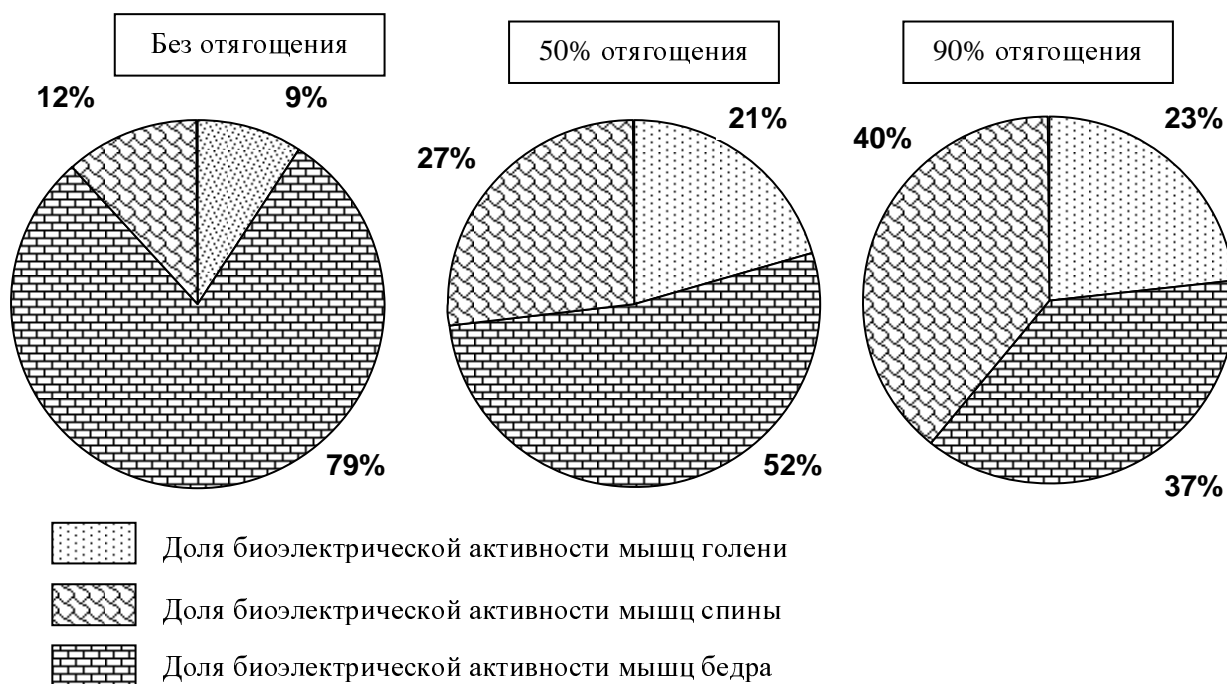


Рис. 4. Доли биоэлектрической активности мышц бедра, голени и спины при выполнении приседания со штангой

Таким образом, увеличение веса штанги приводит к увеличению доли биоэлектрической активности мышц спины и голени на фоне снижения доли биоэлектрической активности мышц бедра. При этом производные объема биоэлектрической активности,

амплитуды и частоты ЭМГ характеризуют величину проявления силы: чем выше амплитуда и частота пиков ЭМГ, тем большую силу проявляет мышца, а время ЭМГ характеризует длительность ее проявления. Следовательно, чем выше отягощение, тем больше величина проявления силы зависит от работы мышц спины и голени.

В целом исследование параметров ЭМГ мышц спины, бедра и голени позволяет определить ряд позиций, характеризующих биоэлектрическую активность данных мышечных групп в ходе выполнения приседания со штангой с различными отягощениями:

– постепенное повышение величины отягощения с 50 до 90% приводит к достоверному увеличению максимальной амплитуды и средней частоты реализации сигнала ЭМГ при отсутствии изменения времени биоэлектрической активности всех исследуемых мышечных групп;

– мышцам голени характерны самые низкие значения максимальной амплитуды и средней частоты реализации сигнала ЭМГ;

– мышцам бедра характерны наибольшие значения средней частоты реализации сигнала ЭМГ, а до применений отягощений в 70% – наибольшие значения максимальной амплитуды ЭМГ;

– мышцам спины при применении отягощений свыше 70% характерны наибольшие значения максимальной амплитуды ЭМГ;

– геометрическая модель ЭМГ представляет объективную информацию об изменении долей биоэлектрической активности мышечных групп в ходе выполнения приседания со штангой с различными отягощениями;

– увеличение веса штанги приводит к увеличению доли биоэлектрической активности мышц спины и голени относительно доли биоэлектрической активности мышц бедра.

Учет долей биоэлектрической активности может использоваться при построении методики тренировки приседания со штангой в пауэрлифтинге. Построение геометрических моделей ЭМГ возможно для анализа биоэлектрической активности работы мышц при выполнении других двигательных действий в спорте.

Увеличение доли биоэлектрической активности мышц спины и голени, реализующих проявление активных поз при выполнении приседания со штангой с использованием около предельных отягощений, позволяет говорить о возрастающем влиянии механизмов обеспечения позы на результат двигательного действия. В этой связи важным выводом для методики тренировки приседания со штангой является необходимость разработки и применения специальных физических упражнений, позволяющих развивать проявление силы мышц спины и голени в ходе реализации позной активности.

Примечания:

1. Персон Р.С. Спинальные механизмы управления мышечным сокращением. М.: Наука, 1985. 184 с.
2. Аганянц Е.К., Бердичевская Е.М., Трембач А.Б. Очерки по физиологии спорта. Краснодар: Экоинвест, 2001. 204 с.
3. Лапшин В.П., Серая Э.В., Савотченко А.М. Эффективность лечебной гимнастики и массажа по данным электромиограммы ЛФК и массаж // Медицинский массаж / РАСМИРБИ. 2002. № 1. С. 43-44.
4. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. Иваново, 2003. 264 с.

References:

1. Person R.S. Spinal mechanisms of muscular contraction control. M.: Nauka, 1985. 184 p.
2. Aganyants E.K., Berdichevskaya E.M., Trembach A.B. Sketches on sports physiology. Krasnodar: Ekoinvest, 2001. 204 p.
3. Lapshin V.P., Seraya E.V., Savotchenko A.M. The efficiency of curative gymnastics and massage according to the data of electromyography of LFK and massage // Medical massage / RASMIRBI. 2002. No. 1. P. 43-44.
4. Nikolaev S.G. Practical work on clinical electromyography. Ivanovo, 2003. 264 p.

-
5. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология спорта: учеб. пособие. СПб., 1999. 231 с.
 6. Ящанинас И.И. Электрическая активность скелетных мышц, свойства двигательных единиц у лиц различного возраста и их изменения под влиянием спортивной тренировки: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. Киев, 1983. 33 с.
 7. Melchiorri G., Rainoldi A. Muscle fatigue induced by two different resistances: Elastic tubing versus weight machines // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011. No. 21. P. 954-959.
 8. Козаров Д. Двигательные единицы скелетных мышц человека. Л.: Наука, 1983. 251 с.
 9. Козлов И.М. Электромиографическое исследование бега // *Сборник трудов институтов физической культуры*. М.: ФиС, 1966. С. 62-69.
 10. Коц Я.М. Организация произвольного движения. М.: Наука, 1975. 248 с.
 11. Кошелев С.Н. Биомеханика спортивных танцев. М., 2006. 140 с.
 12. Персон Р.С. Электромиография в исследованиях человека. М.: Наука, 1969. 211 с.
 13. Прянишникова О.А. Спортивная электромиография // *Теория и практика физической культуры*. 2005. № 9.
 14. Alessio G., Merletti R. Are the myoelectric manifestations of fatigue distributed regionally in the human medial gastrocnemius muscle? // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011. No. 21. P. 929-938.
 15. Deschamps Th., Murian A., Hug F. Reciprocal timing precision and central adaptations as a function of mechanical constraints // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011. No. 21. P. 968-973.
 16. Eneida Yuri Suda. Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball locking // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2009. No. 19. P. 84-93.
 17. Трэмбач А.Б. Характеристика электромиограммы двуглавой мышцы плеча у тяжелоатлетов при различном дозировании нагрузок // *Теория и практика физической культуры*. 2000. № 1. С. 20-22.
 18. Хедман Р. Спортивная физиология. М.: ФиС, 1980. 149 с.
 5. Solodkov A.S., Sologub E.B. Physiology of sports: a manual. SPb., 1999. 231 p.
 6. Yashchaninas I.I. The electric activity of skeletal muscles, characteristics of motor units of persons of various ages and their change under the influence of sports training: Dissertation abstract for the Doctor of Pedagogy degree. Kiev, 1983. 33 p.
 7. Melchiorri G., Rainoldi A. Muscle fatigue induced by two different resistances: Elastic tubing versus weight machines // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011. No. 21. P. 954-959.
 8. Kozarov D. Motor units of skeletal muscles of a person. L.: Nauka, 1983. 251 p.
 9. Kozlov I.M. Electromyography research of running // *The collection of works of physical training institutes*. M.: FiS, 1966. P. 62-69.
 10. Kots Ya.M. The organization of free movement. M.: Nauka, 1975. 248 p.
 11. Koshelev S.N. Biomechanics of sports dancing. M., 2006. 140 p.
 12. Person R.S. Elektromyography in researches of a man. M.: Nauka, 1969. 211 p.
 13. Pryanishnikova O.A. Sports electroneuro-myography // *Physical training theory and practice*. 2005. No. 9.
 14. Alessio G., Merletti R. Are the myoelectric manifestations of fatigue distributed regionally in the human medial gastrocnemius muscle? // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011. No. 21. P. 929-938.
 15. Deschamps Th., Murian A., Hug F. Reciprocal timing precision and central adaptations as a function of mechanical constraints // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011. No. 21. P. 968-973.
 16. Eneida Yuri Suda. Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball locking // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2009. No. 19. P. 84-93.
 17. Trembach A.B. The characteristic of the electromyography of a two-headed muscle of a shoulder of weight-lifters at graduated weight bearing // *Physical training theory and practice*. 2000. No. 1. P. 20-22.
 18. Hedman R. Sports physiology. M.: FiS, 1980. 149 p.