

СПЕКТР МОЩНОСТИ ЭМГ ВО ВРЕМЯ ЭКСЦЕНТРИЧЕСКОГО И КОНЦЕНТРИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ СОКРАЩЕНИЯ С ВОЗРАСТАЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ

УДК/UDC 796.03

Поступила в редакцию 20.12. 2019 г.



Информация для связи с автором:
sergeeva_xenia@mail.ru

Аспирант **К.В. Сергеева**¹

Доктор биологических наук, профессор **Р.В. Тамбовцева**¹

¹ Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва

EMG SPECTRUM POWER IN ECCENTRIC AND CONCENTRIC CONTRACTION MODES WITH INCREMENTAL INTENSITY

Postgraduate student **K.V. Sergeeva**¹

Dr. Biol., Professor **R.V. Tambovtseva**¹

¹ Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow

Аннотация

Цель исследования – провести сравнительный анализ электрической активности четырехглавой мышцы, зарегистрированной при выполнении упражнения «разгибание голени сидя» в эксцентрическом и концентрическом режимах сокращения с возрастающей интенсивностью для косвенной оценки возможных различий в рекрутировании двигательных единиц с участием 9 тренированных мужчин.

Методика и организация исследования. В ходе экспериментальной работы измерялась биоэлектрическая активность трех головок четырехглавой мышцы: m. rectus femoris, m. vastus lateralis и m. vastus medialis при выполнении упражнения «разгибание голени в тренажере» у 9 представителей скоростно-силовых видов спорта

Результаты исследования и выводы. Анализ поверхностной электромиограммы показал, что средняя частота (MPF) была выше для эксцентрического режима сокращения в диапазоне исследуемых интенсивностей, что свидетельствует о большей активности быстросокращающихся двигательных единиц по сравнению с концентрическим. Основываясь на полученных результатах и теоретическом обосновании, мы можем заключить, что более высокая средняя частота ЭМГ в эксцентрическом режиме сокращения согласуется с теорией, что быстро сокращающиеся ДЕ избирательно рекрутируются во время эксцентрических сокращений. Таким образом, большая рефлекторная возбудимость высокопороговых эфферентов, улучшение их сократительных способностей, возможность достижения более высокого крутящего момента (т. е. механической нагрузки) при использовании супрамаксимальных нагрузок в эксцентрической фазе движения может дать конкурентное преимущество для развития силовых показателей и гипертрофии мышечной ткани, что наиболее актуально в скоростно-силовых видах спорта. Полученные результаты исследования можно использовать при подборе методов силовой тренировки.

Ключевые слова: электромиография, ЭМГ, быстрые волокна, спектральный анализ, средняя частота.

Введение. Под режимом работы мышцы понимают характер изменения таких ее параметров, как длина и напряжение во время выполнения физических упражнений. При работе преодолевающего характера (концентрический режим) сила тяги мышцы больше момента внешней силы. Если же момент прилагаемого мышечного усилия меньше момента противодействующей силы, то мышца удлиняется под воздействием отягощения в уступающем или эксцентрическом режиме.

Annotation

Objective of the study was to conduct a comparative analysis of the electrical activity of the quadriceps muscle of 9 trained males performing sitting knee extension in the eccentric and concentric contraction modes with increasing intensity in order to indirectly assess possible differences in the recruitment of motor units.

Methods and structure of the study. During the experiment, we measured the bioelectric activity of three heads of the quadriceps muscle: m. rectus femoris, m. vastus lateralis and m. vastus medialis in 9 representatives of speed-strength sports performing knee extension in the simulator.

Results of the study and conclusions. The analysis of the surface electromyogram showed that the average frequency (MPF) within the range of the studied intensities was higher in the eccentric contraction mode, which indicates a higher level of activity of rapidly contracting motor units as opposed to the concentric mode.

Based on the results obtained and theoretical substantiation, we can conclude that the higher average EMG frequency in the eccentric contraction mode is consistent with the theory that rapidly contracting motor units are recruited selectively during the eccentric contractions. Thus, the high level of reflex excitability of high-threshold afferents, improvement of their contractility, ability to achieve a higher torque (i.e., mechanical load) when performing supramaximal loads in the eccentric phase of movement can give a competitive advantage for the development of strength indicators and hypertrophy of muscle tissues which is most relevant in speed-strength sports.

The data obtained can be used when selecting the strength training methods.

Keywords: electromyography, EMG, fast muscle fibers, spectral analysis, medium frequency.

Вследствие этих особенностей эксцентрическое сокращение требует меньшей активности мышечной массы при аналогичном с концентрическим крутящем моменте. Именно поэтому активность мышц, оцениваемая методом поверхностной электромиографии (ЭМГ), во время уступающей фазы движения, как правило, ниже [3], но при этом мышца может производить значительно большую силу, чем мышца, которая сокращается изометрически или концентрически при прочих равных усло-

виях. Одиночный саркомер при активном растяжении способен развивать силу, превышающую чисто изометрические силы при оптимальной длине в среднем на 20–50% за счет структурного белка титина, роль которого в сокращении мышц выходит далеко за рамки чисто пассивной структурной роли. Титин способствует «активному» производству силы, работая в качестве молекулярной пружины, которая увеличивает свою жесткость, связывая кальций и сокращая свободную длину путем прикрепления проксимальной области титина к миофиламентам актина [5]. Учитывая потенциально большую силовую емкость мышц в уступающем режиме, величина отягощения в эксцентрической фазе должна использоваться большая, чем в концентрической, уравнивая тем самым нейромышечную активность обоих типов сокращения.

Цель исследования – уточнение особенностей спектральных характеристик суммарной ЭМГ мышц во время эксцентрических и концентрических сокращений с различной интенсивностью для косвенной оценки возможных различий в рекрутировании двигательных единиц.

Методика и организация исследования. Экспериментальное исследование проводилось в лаборатории «работоспособности НИИ спорта и спортивной медицины» на базе «Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)». Измеряли биоэлектрическую активность трех головок четырехглавой мышцы: m. rectus femoris, m. vastus lateralis и m. vastus medialis при выполнении упражнения «разгибание голени в тренажере» у 9 представителей скоростно-силовых видов спорта. Испытуемые выполнили максимум произвольного концентрического сокращения (100% МПС) разгибателей голени, за которым следовали сокращения с субмаксимальной интенсивностью 80%, 50% и 25%. Эта последовательность была выполнена отдельно в концентрическом и затем в эксцентрическом режимах сокращения в рандомизированном порядке. Эксцентрический максимум соответствовал 140% от концентрического максимума. Данный процент был выбран согласно литературным экспериментальным данным в разнице максимальной эксцентрической и концентрической динамической силы [2]. Темп работы задавался метрономом и составлял одно движение за 2 с. Тестовое движение выполнялось по команде с фиксацией исходной и финальной позы, что отражалось на паттерне ЭМГ, по которому и определялись временные границы биоэлектрической активности исследуемых мышц. Регистрация биопотенциалов скелетных мышц осуществлялась с помощью 16-канального электромиографа ME6000 Biomonitor System (Mega Electronics Ltd, Finland). Сигнал ЭМГ записывался с помощью электродов Ag/AgCl (диаметр 50 мм). Частота дискретизации сигнала –

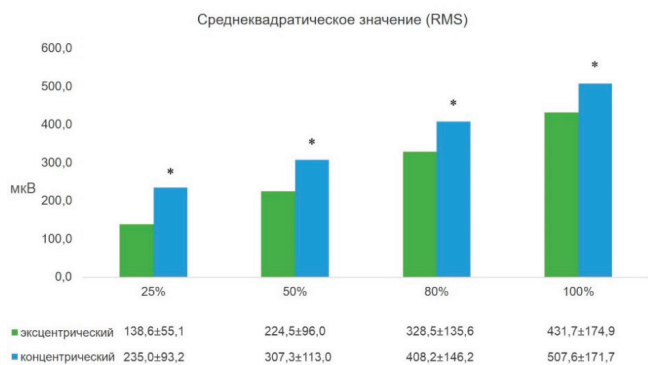


Рис. 1. Динамика значений RMS электромиограммы четырехглавой мышцы бедра при увеличении интенсивности от 25% до 100% МПС. Значения представлены как среднее ± σ. Звездочкой отмечены статистически значимые (p < 0,01) различия между эксцентрическим и концентрическим режимами

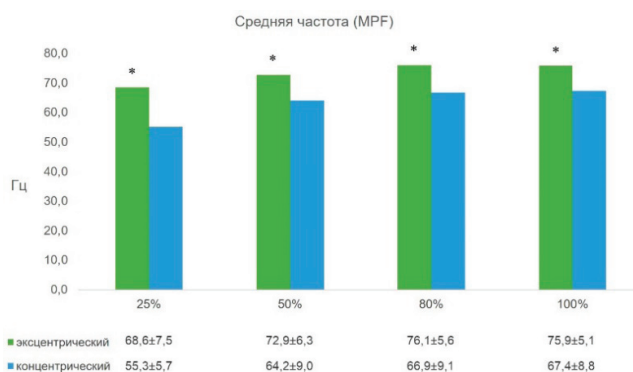


Рис. 2. Динамика средней частоты (MPF) электромиограммы четырехглавой мышцы бедра при увеличении интенсивности от 25% до 100% МПС.

Значения представлены как среднее ± σ. Звездочкой отмечены статистически значимые (p < 0,01) различия между эксцентрическим и концентрическим режимами

2000 Гц. Электроды располагались над брюшком мышцы (в проекции двигательной зоны) с межэлектродным расстоянием 20 мм. Для анализа осцилографических сигналов использовались следующие характеристики электромиограмм: скользящее среднеквадратическое значение (RMS) и средняя частота (MPF), которая определялась с помощью алгоритма быстрых преобразований Фурье (FFT) с массивом из 4096 точек сигнала с функцией окна Ханна.

Результаты исследования и их обсуждение. Представление амплитуды ЭМГ во временной области, выраженное как временная эволюция среднеквадратического значения RMS, является индикатором средней мощности сигнала и показывает количество и скорость разрядов ПД активных ДЕ [1]. Как и ожидалось, значение RMS увеличивалось с повышением величины отягощения при каждом режиме сокращения, что говорит о подключении все большего числа мышечных волокон. При этом эксцентрические сокращения показали меньшую амплитуду во всем диапазоне усилий, что было для нас неожиданным, поскольку выборку составили тренированные испытуемые (рис. 1). Кроме того, в нашем предыдущем похожем исследовании двуглавой мышцы плеча (неопубликованные данные) максимальные эксцентрические сокращения сопровождался значительно большим RMS, что, по-видимому, объясняется прежде всего подключением дополнительных высокопороговых ДЕ в связи с перевесом внешних сил, но не увеличением скорости разрядов ПД, поскольку величина RMS в большей степени отражает изменения в рекрутировании, чем скорости разряда [4].

Мы полагаем, что выявленное расхождение между двумя исследованиями может быть связано с функциональными свойствами тестируемой четырехглавой мышцы, которая характеризуется преобладанием медленных волокон, по сравнению с двуглавой мышцей плеча. Кроме того, различия в амплитуде могут быть обусловлены и другими обстоятельствами, в частности использованием недостаточной нагрузки для данной мышечной группы, особенностями биомеханики упражнений, отсутствием ознакомительных сессий у испытуемых.

Тем не менее проверка гипотезы при p = 0,01 показывает достоверно большие значения средней частоты сигнала ЭМГ при эксцентрическом режиме по сравнению с концентрическим, что полностью соответствует представлениям о большей активности быстро сокращающихся двигательных единиц, несмотря на более низкие показатели амплитуды (рис. 2, 3).

Средняя частота увеличивалась параллельно с возрастанием произвольного усилия, указывая на постепенное подключение быстрых волокон, и вышла на плато в диапа-

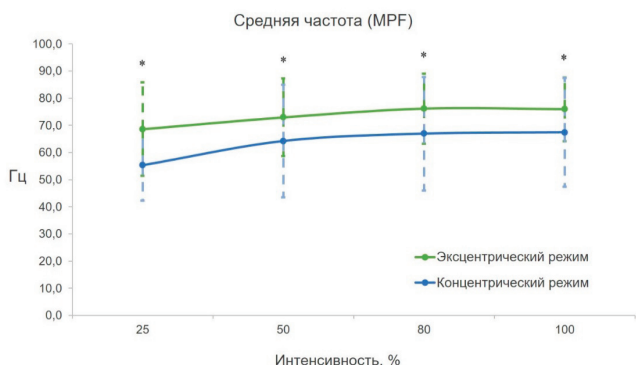


Рис. 3. Динамика средней частоты (MPF) электромиограммы четырехглавой мышцы бедра при увеличении интенсивности от 25% до 100% МПС.

Значения представлены как среднее ± σ × t (0,95, 9). Звездочкой отмечены статистически значимые (p<0,01) различия между эксцентрическим и концентрическим режимами

зоне от 80 % до 100 % МПС. Данная динамика MPF при максимальных и околомаксимальных уровнях производства силы соответствует результатам ранее проведенных исследований [4] и говорит о том, что большинство ДЕ уже активизировано и не отображает каких-либо физиологических феноменов.

Вывод. Основываясь на полученных результатах и теоретическом обосновании, мы можем заключить, что более высокая

средняя частота ЭМГ в эксцентрическом режиме сокращения согласуется с теорией, что быстро сокращающиеся ДЕ избирательно рекрутируются во время эксцентрических сокращений. Таким образом, большая рефлекторная возбудимость высокопороговых эфферентов, улучшение их сократительных способностей, возможность достижения более высокого крутящего момента (т.е. механической нагрузки) при использовании супрамаксимальных нагрузок в эксцентрической фазе движения может дать конкурентное преимущество для развития силовых показателей и гипертрофии мышечной ткани, что наиболее актуально в скоростно-силовых видах спорта.

References

- Filligoi, G.C. Detection of hidden rhythms in surface EMG signals with a nonlinear time-series tool / G.C. Filligoi, F. Felici // Medical Engineering & Physics. – 1999. – Vol.21, №6-7. – P. 439–448.
- Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise / D.B. Hollander [et al.] // J. Strength Cond. Res. – 2007. – Vol. 21, №1. – P. 34–40.
- Pasquet, B. Specific modulation of motor unit discharge for a similar change in fascicle length during shortening and lengthening contractions in humans / B. Pasquet, A. Carpentier, J. Duchateau // Journal of Physiology. – 2006. – Vol.577, №2. – P. 753–765.
- Relationships between surface EMG variables and motor unit firing rates / A. Christie // Eur. J. Appl. Physiol. – 2009. – Vol.107, №2. – P. 177–185.
- Residual force enhancement following eccentric contractions: a new mechanism involving titin / W.G. Herzog [et al.] // Physiology. – 2016. – Vol.31, №4. – P. 300–312.

ИЗ ПОРТФЕЛЯ РЕДАКЦИИ

МНОГОУРОВНЕВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ В СПОРТЕ

Доктор психологических наук, профессор
А.Н. Николаев¹

¹Псковский государственный университет, Псков

УДК/UDC 796.01:159.9

Ключевые слова: психологическая помощь, психологическое обеспечение, психологическая подготовка спортсменов.

Введение. Тренер в процессе учебно-тренировочной деятельности со спортсменами реализует четыре основные функции спорта: воспитательную, образовательную, оздоровительную и соревновательную [1, 2]. Основным интересом тренеров, как правило, состоит в росте спортивных результатов учеников для предстоящих побед на соревнованиях.

Психологическую подготовку к соревнованию, наряду с физической подготовкой, технической и тактической, должен осуществлять тренер. Однако на практике психологическая подготовка спортсменов остается в стороне. Более того, задачи психологической подготовки спортсменов в большинстве случаев даже не ставятся в учебно-тренировочных планах. Именно этим и объясняется тот факт, что в спортивные команды часто требуется психолог (особенно имеющий опыт работы со спортсменами – спортивный психолог). Сказанное не исключает работы тренеров по психологической помощи спортсменам.

Цель исследования – обоснование методического обеспечения психологической помощи в организации тренировочного процесса.

Методика и организация исследования. Психологическая подготовка спортсменов должна сводиться к их обучению: своевременному выявлению и профилактике такого рода проблем и средств устранения этих проблем, то есть тренер должен обучать спортсменов средствам диагностики, профилактики и устранения психологических проблем.

MULTILEVEL ORGANIZATION OF PSYCHOLOGICAL SERVICE IN SPORTS

Dr.Sc. Psych., Professor **A.N. Nikolaev¹**
¹Pskov State University, Pskov

Поступила в редакцию 26.12.2019 г.

Кроме того, он должен обучать спортсменов средствам максимальной реализации спортивно-соревновательных резервов, средствам поддержания благоприятного психологического климата в команде и всему тому, что включает в себя психологическое обеспечение спортивной деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение. Психологическая помощь спортсменам осуществляется на трех уровнях. 1-й уровень – психологическая самоподготовка спортсмена, которая является центральной в системе психологического обеспечения спортивных команд. На 2-м уровне проводится обучение психологической подготовке спортсменов тренерами или спортивными психологами, что подразумевает проведение тренингов, решение ситуационных задач в виде кейсов. На 3-м уровне осуществляется обучение тренеров навыкам психологического сопровождения и поддержки тренировочного процесса.

Вывод. Организация психологической помощи должна включать средства и методы самообучения спортсмена достижению психологической устойчивости, способности самостоятельно справляться со своими проблемами – как говорится, к «каждой ситуации психолога не приставишь».

Литература

- Николаев А.Н. Психология тренера в детско-юношеском спорте / А.Н. Николаев. – СПб.: ГАППО, 2005. – 344 с.
- Солдатова Г.В. Система психологического сопровождения спортсменов как парадигма в подготовке психологов спорта / Г.В. Солдатова // Теория и практика управления образовательным процессом: педагогические, социальные и психологические проблемы: Вестник БПА. – Вып. 1144. – СПб.: БПА, 2013. – С. 54-57.

Информация для связи с автором: nialo@mail.ru