

ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНИРОВОЧНОГО И СОРЕВНОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССОВ В АДАПТИВНОМ СПОРТЕ

Шишкин А.В., Митин А.Е., Филиппова С.О.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры», Санкт-Петербург, Россия (191040, г. Санкт-Петербург, Лиговский пр. 56, литера «Е»), e-mail: filiso@mail.ru

В статье обсуждается проблема использования электромиографии в исследованиях, предметом которых является двигательная деятельность людей с ограниченными возможностями здоровья. Электромиография – это метод изучения электрической активности мышц в покое и во время их сокращения. Появление современных электромиографов, предусматривающих компьютерную обработку результатов, обеспечивает принципиально новые возможности исследования закономерностей функционирования мышц, а также решения прикладных спортивных задач. Для обоснования необходимости использования электромиографии в современных исследованиях в области спорта в работе представлен обзор публикаций авторов зарубежных стран, где эти разработки активно ведутся уже более 20 лет. На основе проведенного анализа доказывается, что вопрос об особенностях изменений электромиографических показателей нервно-мышечного аппарата под влиянием статических и динамических нагрузок у спортсменов-инвалидов изучен еще недостаточно. Хотя очевидно, что учет этих параметров при организации тренировочного процесса может в значительной степени повысить не только его эффективность, но и результат соревновательной деятельности.

Ключевые слова: адаптивный спорт, тренировочный и соревновательный процесс, спортсмены-инвалиды, электромиография.

PROBLEM OF APPLICATION OF ELEKTROMIOGRAFIYA FOR THE PURPOSE OF INCREASE OF EFFICIENCY OF THE TRAINING AND COMPETITIVE PROCESSES IN ADAPTIVE SPORTS

Shishkin A.V., Mitin A.E., Filippova S.O.

Federal state budgetary establishment «St.-Petersburg scientific research institute of physical culture», St.-Petersburg, Russia (191040, St.-Petersburg, Ligovsky avenue 56, a letter «E»), an e-mail: filiso@mail.ru

In article the problem of use of an elektromiografiya in the researches which subject is motive activity of people with limited opportunities of health is discussed. Elektromiografiya is a method of studying of electric activity of muscles in rest and during their reduction. Emergence of the modern elektromiograf providing computer processing of results, provides essentially new possibilities of research of regularities of functioning of muscles, and also solutions of applied sports tasks. For justification of need of use of an elektromiografiya in modern researches in the field of sports in work the review of publications of authors of foreign countries where this development is actively conducted more than twenty years is submitted. On the basis of the carried-out analysis it is proved that the question of features of changes of elektromiografichesky indicators of the neuromuscular device under the influence of static and dynamic loadings at disabled athletes is studied more not enough. Though, it is obvious that the accounting of these parameters at the organization of training process can raise substantially not only its efficiency, but also result of competitive activity.

Keywords: adaptive sports, training and competitive process, disabled athletes, elektromiografiya.

Введение. С каждым годом адаптивный спорт становится все более популярным. Все большее число спортсменов участвует в соревнованиях, следовательно, возрастает конкуренция. Известно, что успех спортсменов зависит от совершенствования их морфофункциональных свойств. Однако при неадекватных физических нагрузках и недостаточной организации врачебно-педагогического контроля возрастает число случаев

спортивного травматизма [6]. Для получения объективных данных о состоянии организма спортсмена необходим комплексный подход к исследованию его морфофункциональных свойств, с применением новых методов и более совершенных методик исследования. В этой связи вызывает особенный интерес метод электромиографического (ЭМГ), или электронейромиографического (ЭНМГ) исследования адаптационных реакций нервно-мышечной системы при физических нагрузках [1].

Электромиография включает в себя несколько методик: интерференционная поверхностная ЭМГ, стимуляционная ЭМГ (исследование М-ответа и скорости распространения возбуждения по моторным волокнам, исследование потенциала действия нерва, исследование F-волны, H-рефлекса, A-волны), ритмическая стимуляция, игольчатая ЭМГ (исследование потенциалов двигательных единиц), а также магнитная стимуляция, позволяющая исследовать центральное время моторного проведения). Отдельные методики, положенные в основу клинической электромиографии, применялись в экспериментах еще в XIX веке.

Основное содержание исследования. Возможности использования электромиографии для решения различных задач, связанных с двигательной деятельностью, уже многие годы обсуждаются в исследованиях зарубежных авторов. В большинстве работ отмечается, что электромиографические исследования помогают определить место возникновения проблемы в системе движения. Проблема может быть локализована в периферической нервной системе или самой мышце. Таким образом, электромиография является ценным диагностическим инструментом в дифференциальной диагностике нервных и мышечных заболеваний [36].

Электромиография также используется в биомеханическом анализе движений [18; 31]. Это помогает понять роль мышц в конкретном движении [21; 27]. В последние годы электромиография получает все большее значение в спортивной медицине и эргономических исследованиях [29; 34]. Она способствует анализу движений, и поэтому так важен учет ее показателей в спорте [22; 25].

Использование электромиографии для изучения функций мышц в осуществлении движений носит название кинезиологическая электромиография [33]. Основными целями кинезиологической электромиографии является анализ координации мышц в различных движениях и позах у здоровых людей, а также у инвалидов, во время тренировки и соревнований, в лабораторных условиях и в условиях реальной деятельности [15].

Электромиография имеет большое значение для определения функций мышц человеческого тела [23]. Так как электромиография представляет собой запись

электрической активности мышц, она позволяет диагностировать функциональные нарушения в системе движения [26].

Работа Н. Turker, Н. Sozen показала значительное повышение интереса ученых, проводящих исследования в области спорта, к использованию электромиографии. По мнению авторов, это способствует объединению усилий спортивных педагогов и медицинских работников для понимания особенностей движений человеческого тела [35].

При помощи электромиографического анализа возможно определение наиболее целесообразной техники выполнения упражнения [19]. Электромиография часто используется для измерения уровня напряжения мышц, что позволяет оценить интенсивность воздействия физического упражнения на конкретные мышцы, участвующие в движении [20; 28].

Использование электромиографии помогает осуществлять контроль техники выполнения движений и вносить необходимые коррективы в случае необходимости [14; 16]. Электромиография применяется в исследованиях разных видов упражнений. Значительный интерес для ученых представляет анализ при выполнении динамических упражнений, в частности баллистических движений [11; 12; 30].

Электромиография была предметом лабораторных исследований на протяжении десятилетий. Но прогресс технологических разработок в области электроники и компьютерной техники способствовал распространению электромиографии в различных областях, особенно в неврологии, травматологии, кинезиологии, реабилитации и спортивной медицине. Как отмечают G. Kamen, D.A. Gabriel, в начале 1950-х годов были опубликованы лишь несколько научных статей. В настоящее время наблюдается бурный рост числа публикаций и ежегодно появляется более 2500 научных работ, основанных на использовании метода электромиографии [24]. Наблюдается и рост публикаций по использованию электромиографии в исследованиях в области спорта. На сегодняшний день это более 700 исследований в год [35].

Следует отметить, что электромиография многие годы использовалась в исследовательской деятельности, но сегодня ее результаты ложатся в основу программ спортивной подготовки и используются тренерами и инструкторами по фитнесу [17]. Таким образом, электромиографические исследования вносят значительный вклад в современную концепцию управления движением человека [10].

Электромиография может использоваться и для оценки спортивного оборудования. Так, в работе Н. Sozen рассматривается работа мышц при тренировке спортсменов на различных тренажерах, наиболее популярных в реабилитации и фитнесе [32]. Как отмечают в своей работе A.Oh. Cerrah, Н. Ertan, A.R. Soylu, исследования в области спорта, которые

используют электромиографию, в основном связаны с определением механизма сокращения и расслабления мышц а также с профилактикой травматизма [13].

На современном этапе в нашей стране также прослеживается повышение интереса ученых к использованию электромиографии как метода исследования научных проблем в области физической культуры и спорта. Авторы рассматривают электромиографию как средство оптимизации тренировочного и соревновательного процессов с целью повышения их эффективности в разных видах спорта.

Электромиографическое исследование тренировочного процесса борцов-самбистов проведено А.В. Ткаченко. По мнению автора, биоэлектрические характеристики работающих мышц являются основополагающими критериями для эффективного отбора и использования специально-подготовительных упражнений для конкретных технических приемов в структуре спортивной тренировки борцов-самбистов [8].

М.Б. Гуровой, Л.В. Капилевичем была проведена сравнительная оценка биоэлектрической активности мышц у тяжелоатлетов и единоборцев разной квалификации. Авторы предложили использовать выявленные физиологические особенности обеспечения силовых характеристик в качестве объективных индикаторов для оперативного управления процессом силовой подготовки спортсменов различных специализаций [2].

Электромиографические исследования спортсменов-легкоатлетов проводились А.В. Калининим, С.И. Захаровой. При обследовании мышц нижних конечностей спортсменов был выявлен рост биоэлектрической активности с ростом спортивной квалификации, а при выполнении дозированной физической нагрузки отмечено достоверное снижение длительности мышечной активности с ростом уровня спортивной квалификации. Проведенные функциональные обследования позволили авторам выделить четыре формы развития и течения патологического процесса, характерные для перенапряжений опорно-двигательной системы у спортсменов [4].

Д.В. Семеновым, В.Н. Шляхтовым, А.А. Румянцевым методом поверхностной электромиографии была установлена внутренняя структурная схожесть акробатических переворотов вперед и назад. Метод биомеханического анализа позволил выявить параметры кинематики данных упражнений в фазах отталкивания [7].

В исследовании И.А. Зюбановой, В.А. Ускова, Л.В. Капилевича при помощи электромиографии было выявлено, что при выполнении точных нападающих ударов в волейболе наиболее высокие коэффициенты вариаций показателей электрической активности наблюдаются в основной фазе движений. Следовательно, внутренние механизмы когнитивной программы игрового действия формируются в подготовительной фазе, а

реализуются в основной фазе через моторную программу под контролем высших отделов центральной нервной системы [3].

Анализ показал, что практически во всех видах спорта проведены исследования различных аспектов использования электромиографии. В то же время в области адаптивного спорта работ, рассматривающих электронейромиографию как средство повышения эффективности тренировочного и восстановительного процессов, очень мало. В базе научной электронной библиотеки представлена лишь статья А.В. Шевцова, Т.В. Красноперовой, П.З. Буйлова. В своем исследовании авторы использовали данные электронейромиографии для анализа функционального состояния мышечной системы у легкоатлетов-параолимпийцев [9].

Такое положение дел можно объяснить тем, что, во-первых, история исследований в адаптивном спорте насчитывает значительно меньший период, чем история исследований в спорте; во-вторых, в адаптивном спорте интерес большинства исследователей связан с особенностями индивидуальной техники спортсменов-инвалидов и методикой спортивной тренировки, в то время как вопросы физической и социальной реабилитации зачастую уходят на второй план [5].

В заключение следует отметить, что проведенный научный поиск свидетельствует о возможности при помощи электромиографического исследования получать широкий спектр данных о движениях человека. В этой связи использование электромиографии в исследованиях в области спорта способствует повышению эффективности тренировочного, соревновательного и восстановительного процессов. Однако в работах, которые касаются спортивной деятельности людей с ограниченными возможностями здоровья, на сегодняшний день методика электромиографии практически не представлена, что актуализирует исследования в данном направлении.

Список литературы

1. Габов А.В. Спортивная электромиография // СпортМед – 2009 : матер. междунар. науч. конф. по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений. – М., 2009. - С. 23-25.
2. Гурова М.Б., Капилевич Л.В. Физиологические основы обеспечения силовых способностей у тяжелоатлетов и единоборцев // Бюллетень сибирской медицины. – 2009. - № 8. – С. 165-167.

3. Зюбанова И.А., Усков В.А., Капилевич Л.В. Биомеханические модельные характеристики выполнения нападающего удара в волейболе // Вестник Томского государственного университета. - 2013. - № 367. - С. 151-153.
4. Калинин А.В., Захарова С.И. Электромиографические особенности перенапряжения опорно-двигательной системы легкоатлетов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2012. - № 4 (86). – С. 43-48.
5. Кантор В.З., Митин А.Е., Филиппова С.О. Студенты-паралимпийцы в педагогическом университете: к проблеме формирования реабилитационно-образовательной среды // Universum: Вестник Герценовского университета. – 2013. - № 2. – С. 153-157.
6. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения. – Киев : Олимпийская литература, 2004. - 808 с.
7. Семенов Д.В., Шляхтов В.Н., Румянцев А.А. Исследование биомеханических параметров и биоэлектрической активности мышц при выполнении акробатических переворотов вперед и назад // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2009. - № 3. – С. 75-79.
8. Ткаченко А.В. Программирование специально-подготовительных упражнений в структуре тренировки с учетом двигательной-координационной специфики ведущих групп мышц у борцов-самбистов : дис. ... канд. пед. наук. – Великие Луки, 2006. – 165 с.
9. Шевцов А.В., Красноперова Т.В., Буйлов П.З. Адаптивная восстановительная коррекция мышечной системы легкоатлетов-паралимпийцев с нарушением зрения паравертбральным тренажером и стретч-массажем // Адаптивная физическая культура. – 2013. - № 1. – С. 29-32.
10. Blumenstein B., Bar-eli M., Tenenbaum G. Brain and Body in Sport and Exercise: Biofeedback Applications in Performance Enhancement. - UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2002. – 150 pp.
11. Bogy R., Cerny K., Mohammed O. Repeatability of wire and surface electrodes in gait // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. – 2003. - № 82. – P. 338-344.
12. Bolgla L.A., Uhl T.L. Reability of electromyographic normalization methods for evaluating hip musculature // Journal of Electromyography Kinesiology. – 2007. - № 17. – P. 102-111.
13. Cerrah A.Oh, Ertan H. Soylu A.R. The use of electromyography in sports science // Journal of Physical Education and Sports Sciences. – 2010. - № 2. - P. 43-49.
14. Clarys J.P. Electromyography in sports and occupational settings: an update of its limits and possibilities // Ergonomics. – 2000. - № 43. – P. 1750-1762.
15. Clarys J.P., Cabri J. Electromyography and the study of sports movements: a review // Journal of Sports Sciences. – 1993. - № 11 (5). – P. 379-448.

16. Comparison of critical force to EMG fatigue thresholds during isometric leg extension / C.R. Hendrix, T.J. Housh, G.O. Johnson, M. Mielke, C.L. Camic, J.M. Zuniga, R.J. Schmidt // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 2009. - № 41. – P. 956-964.
17. Critical appraisal and hazards of surface electromyography data acquisition in sport and exercise / J.P. Clarys, A. Scafoglieri, J. Tresignie, T. Reilly, P.V. Roy // *Asian Journal of Sports Medicine*. – 2010. - № 1(2). – P. 69-80.
18. De Luca C.J. The use of surface electromyography in biomechanics // *Journal of Applied Biomechanics*. - 1997. – P. 13-135.
19. Ekstrom R.A., Donatelli R.A., Carp K.C. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises // *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. – 2007. - № 37 (12). – P. 754-762.
20. Electromyographic activity and applied load during shoulder rehabilitation exercises using elastic resistance / R.A. Hintermeister, G.W. Lange, J.M. Schultheis, M.J. Bey, R.J. Hawkins // *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. – 1998. - № 26. – P. 210-220.
21. Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis / M. Monfortpanego, F.J. Vera-garcia, D. Sanchez-zuriaga, M.A. Sarti-martinez // *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. – 2009. - № 32. – P. 232-244.
22. Farina D. Interpretation of the surface electromyogram in dynamic contractions // *Exercise and Sport Sciences Reviews*. – 2006. - № 34. – P. 121-127.
23. Illyes A., Kiss R.M. Shoulder muscle activity during pushing, pulling, elevation and overhead throw // *Journal of Electromyography Kinesiology*. - 2005. - № 15 (3). – P. 282-289.
24. Kamen G., Gabriel D.A. *Essentials of Electromyography*. - IL-USA: Human Kinetics, 2010. – 280 pp.
25. Maclsaac D., Parker P.A, Scott R.N. The short time Fourier transform and muscle fatigue assessment in dynamic contractions // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. – 2001. - № 11. - 439-449.
26. *Manual de electromiografia clinica* / G.E. Rivas, M.D. Jimenez, J. Pardo, M. Romero – Barcelona : Ergon, 2007. - 467 pp.
27. Marshall P., Murphy B. The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscle to rapid limb movement // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. – 2003. - № 13. – P. 477-489.
28. Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: Comparison of dumbbells and elastic resistance / L.L. Andersen, C.H. Andersen, O.S. Mortensen, O.M. Poulsen // *Physical Therapy*. – 2010. - № 90 (4). – P. 538-549.

29. Potvin J.R., Bent L.R. A validation of techniques using surface EMG signals from dynamic contractions to quantify muscle fatigue during repetitive tasks // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. – 1997. - № 7. – P. 131-139.
30. Reliability of surface electromyography during maximal voluntary isometric contractions, jump landings, and cutting / M. Fauth, E.J. Petushek, C.R. Feldmann, B.E. Hsu, L.R. Garceau, B.N. Lutsch, W.P. Ebben // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2010. - № 24 (4). – P. 1131-1137.
31. Soderberg G.L., Cook T.M. Electromyography in biomechanics // *Physical Therapy*. – 1984. - № 64. – P. 1813-1820.
32. Sozen H. Comparison of muscle activation during elliptical trainer, treadmill and bike exercise // *Biology of Sport*. – 2010. - № 27. – P. 203-206.
33. Sutherland D.H. The evolution of clinical gait analysis part I: kinesiological EMG // *Gait & Posture*. – 2001. - № 14 (1). – P. 61-70.
34. Time-frequency analysis of surface myoelectric signals during athletic movement / G. Balestra, S. Frassinelli, M. Knaflitz, F. Molinari // *Engineering Medicine and Biology Magazine*. - 2001. - № 20. – P. 106-115.
35. Turker H., Sozen H. Surface Electromyography in Sports and Exercise // *Electrodiagnosis in New Frontiers of Clinical Research*. - Publisher: InTech, 2013. – P. 175-194.
36. Weiss L., Silver J.K., Weiss J. Easy EMG. - Oxford, UK: Butterworth-Heinemann. – 2004. – 288 pp.

Рецензенты:

Кантор В.З., д.п.н., профессор, проректор по учебной работе Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург.

Чурганов О.А., д.п.н., профессор, заведующий отделом медико-биологических технологий спорта Санкт-Петербургского научно-исследовательского института физической культуры, г. Санкт-Петербург.