

УДК 612.821, 159.91

ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ КИСТИ И ПРЕДПЛЕЧЬЯ У СПОРТСМЕНОВ АЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

Джелдубаева Э. Р., Туманянц К. Н., Чуян Е. Н.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: delviza@mail.ru*

С помощью электромиографического метода поверхностной интерференционной электромиографии был проанализирован характер состояния мышц предплечья и кисти на фоне электрической активности во время силовой тяги у спортсменов асинхронных видов спорта.

Ключевые слова: поверхностная интерференционная электромиография, максимальная амплитуда и частота турнов, мышцы предплечья и кисти, борцы, баскетболисты, тхэквондисты.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что функциональные возможности нервно-мышечной системы (НМС) спортсменов являются одним из важнейших факторов, влияющих на результат их спортивной деятельности. Разработка новых и совершенствование традиционных спортивных и оздоровительных технологий неразрывно связаны с уровнем знаний о структуре и физиологических процессах нервно-мышечного аппарата, а также о механизмах управления движениями различной координационной сложности. При этом, несмотря на большое количество научных публикаций [1–3], проблема оценки функциональных возможностей НМС в качестве составляющей функциональной системы движения спортсмена раскрыта недостаточно.

В настоящее время в спортивной физиологии для оценки состояния НМС используют такие методы, как динамометрия и электронейромиография [1, 2, 4, 5]. Однако такого подхода недостаточно для комплексной оценки функциональных возможностей данной системы. На наш взгляд, эти знания могут быть существенно углублены и расширены с помощью использования метода поверхностной интерференционной электромиограммы (ПЭМГ), основанной на регистрации и анализе электрической активности мышц в состоянии покоя и при выполнении произвольных двигательных действий [5]. Анализ современных данных [6, 7] позволил установить целесообразность использования ПЭМГ для оценки функциональных возможностей НМС спортсменов циклических и ациклических видов спорта.

В связи с вышеизложенным **целью** данного исследования явилось установление электромиографических показателей мышц кисти и предплечья, участвующих в сжатии кисти в кулак, у спортсменов ациклических видов спорта с помощью метода поверхностной интерференционной электромиограммы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа была выполнена на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» при кафедре физиологии человека и животных и биофизики Таврической академии (СП) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского».

В исследованиях приняли участие 30 спортсменов, специализирующихся в баскетболе, борьбе и тхэквондо. Данные виды спортивной деятельности, согласно классификации по спортивной физиологии, относят к ациклическим видам спорта. Участники исследования имели спортивную квалификацию от I–III разряда до мастера спорта, возраст составил 18–25 лет. В качестве объекта исследований выбрана кисть руки человека.

Основным методом нашего исследования являлась поверхностная (ПЭМГ) интерференционная электромиография.

Отведение и регистрация биопотенциалов скелетных мышц осуществлялись по общепринятой методике [8] с помощью многофункционального компьютерного комплекс «Нейрон-Спектр-5/S» (Декларация о соответствии № РОСС RU. ИМ18. Д00816, от 27. 01. 2014 до 26. 01. 2024) с использованием программы «Нейро-МВП.NET» (версия 3) (ООО «Нейрософт», Россия, г. Иваново, 2015).

Для регистрации ПЭМГ использовали пробу «Интерференционная ЭМГ». Были определены следующие движения: расслабленная кисть (30 секунд), сжатие кисти в кулак (30 секунд), расслабление кисти (30 секунд). Основанием для их выбора послужило то, что они наилучшим образом соответствуют движениям при захвате предметов.

На основе результатов анализа анатомического строения руки человека [9] были отобраны четыре мышцы, формирующие в наибольшей степени выбранные базовые движения:

- поверхностный сгибатель пальцев (*musculus flexor digitorum superficialis*);
- разгибатель пальцев (*musculus extensor digitorum*);
- длинный разгибатель большого пальца (*musculus extensor pollicis longus*);
- короткий сгибатель большого пальца кисти (*musculus flexor pollicis brevis*).

Зарегистрированные электромиограммы подвергались традиционному анализу [8, 10]. При этом оценивали такие параметры ПЭМГ, как частота и максимальная амплитуда турнов («поворотов») [11]. Регистрация миограмм позволит провести тонкий анализ работы задействованных мышц и выявить оптимальное соотношение их напряжений [12].

Полученные данные подвергали статистической обработке. Проверку на нормальность распределения величин осуществляли с помощью коэффициента Колмогорова – Смирнова. Достоверность различий средних величин независимых

выборки оценивали с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Для статистического анализа результатов исследования использовали программу «Statistica 10,0».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования показали, что при расслабленной кисти максимальная амплитуда сокращений ПЭМГ по исследуемым мышцам различалась у спортсменов разной профессиональной направленности. Так, максимальный показатель был зарегистрирован у тхэквондистов при отведении с *m.flexor pollicis brevis* (109,54±42,88 мкВ) (табл. 1, рис. 1) Достоверные отличия максимальной амплитуды ПЭМГ при расслабленной кисти отмечались и при отведении с *m.flexor pollicis longus* у спортсменов-борцов (60,15±33,14 мкВ). При этом данный показатель у баскетболистов и тхэквондистов был выше в среднем на 39,64 % (p<0,01) (рис. 1а).

Таблица 1.
Показатели интерференционной поверхностной электромиограммы исследуемых мышц у спортсменов ациклических видов

Исследуемые мышцы	Тест	Показатели	Группы спортсменов		
			Борьба (1)	Баскетбол (2)	Тэквондо(3)
<i>Flexor digitorum superficialis</i>	Расслаблена кисть	Максимальная амплитуда, мкВ	64,15±33,55	57,45±38,47	53,83±31,44
	Сжатие	Максимальная амплитуда, мкВ	1224,80±733,48	1098,35±525,73	897,43±381,41
		Средняя частота, 1/с	225,26±63,15	243,90±69,21	231,22±60,05
		Ампл./част., мкВ*С	1,28±0,30	1,35±0,56	1,23±0,44
	Расслаблена кисть	Максимальная амплитуда, мкВ	69,89±33,72	67,73±40,22	77,40±53,30
<i>Extensor digitorum</i>	Расслаблена кисть	Максимальная амплитуда, мкВ	31,80±24,18	36,13±30,96	34,58±25,72
	Сжатие	Максимальная амплитуда, мкВ	1512,57±1147,36 p _{1,2} <0,03 p _{1,3} <0,01	844,88±545,06 p _{1,2} <0,03	610,46±241,06 p _{1,3} <0,01
		Средняя частота, 1/с	207,51±83,15 p _{1,2} <0,03 p _{1,3} <0,03	168,57±54,27 p _{1,2} <0,03	153,17±50,52 p _{1,3} <0,03
		Ампл./част., мкВ*С	6,01±8,53	1,86±1,07	1,60±0,73

Продолжение таблицы 1

	Расслаблена кисть	Максимальная амплитуда, мкВ	30,08±20,13	28,19±18,55	37,23±23,76
<i>Flexor pollicis longus</i>	Расслаблена кисть	Максимальная амплитуда, мкВ	60,15±33,14 p _{1,2} <0,05 p _{1,3} <0,03	100,04±51,27 p _{1,2} <0,05	99,28±44,43 p _{1,3} <0,03
	Сжатие	Максимальная амплитуда, мкВ	1019,44±743,53	772,50±246,69 p _{2,3} <0,01	625,82±239,24 p _{2,3} <0,01
		Средняя частота, 1/с	200,21±91,50	213,51±35,33 p _{2,3} <0,05	196,24±65,22 p _{2,3} <0,05
		Ампл./част., мкВ*С	2,62±2,38	1,08±0,22	1,22±0,49
	Расслаблена кисть	Максимальная амплитуда, мкВ	66,97±28,25	80,83±33,12	105,29±46,76
<i>Flexor pollicis brevis</i>	Расслаблена кисть	Максимальная амплитуда, мкВ	77,11±45,59	92,54±52,54	109,54±42,88
	Сжатие	Максимальная амплитуда, мкВ	1929,13±1020,62 p _{1,3} <0,01	2228,54±1108,08 p _{2,3} <0,01	1784,43±885,54 p _{1,3} <0,01 p _{2,3} <0,01
		Средняя частота, 1/с	287,61±74,55	282,02±43,20	266,17±51,64
		Ампл./част., мкВ*С	1,31±0,35	1,41±0,40	1,44±0,58
	Расслаблена кисть	Максимальная амплитуда, мкВ	70,13±42,26 p _{1,3} <0,01	77,98±38,62	95,61±43,79 p _{1,3} <0,01

Примечание: p_{1,2,3} – достоверность полученных результатов по критерию Манна – Уитни

При сжатии кисти в кулак изменения максимальной амплитуды турнов ПЭМГ с *m. extensor digitorum* и *m. flexor pollicis brevis* показало, что максимальное значение его отмечается у борцов (1512,57±1147,36 мкВ и 1019,44±743,53 мкВ), минимальное – у тхэквондистов (610,46±241,06 мкВ и 625,82±239,24 мкВ), что меньше на 59,64 % (p<0.01) и 38,61 (p<0.01) соответственно. При регистрации ПЭМГ с *m. flexor pollicis brevis* максимальный данный показатель отмечался у баскетболистов.

При расслаблении после сжатия кисти достоверные отличия в максимальной амплитуде турнов были зарегистрированы между борцами и тхэквондистами при отведениях с *m. flexor pollicis brevis* и *m. flexor pollicis longus*. При этом данные показания у спортсменов-тхэквондистов были в среднем на 32,04 % (p<0.01) выше, чем таковые у борцов (рис. 1в).

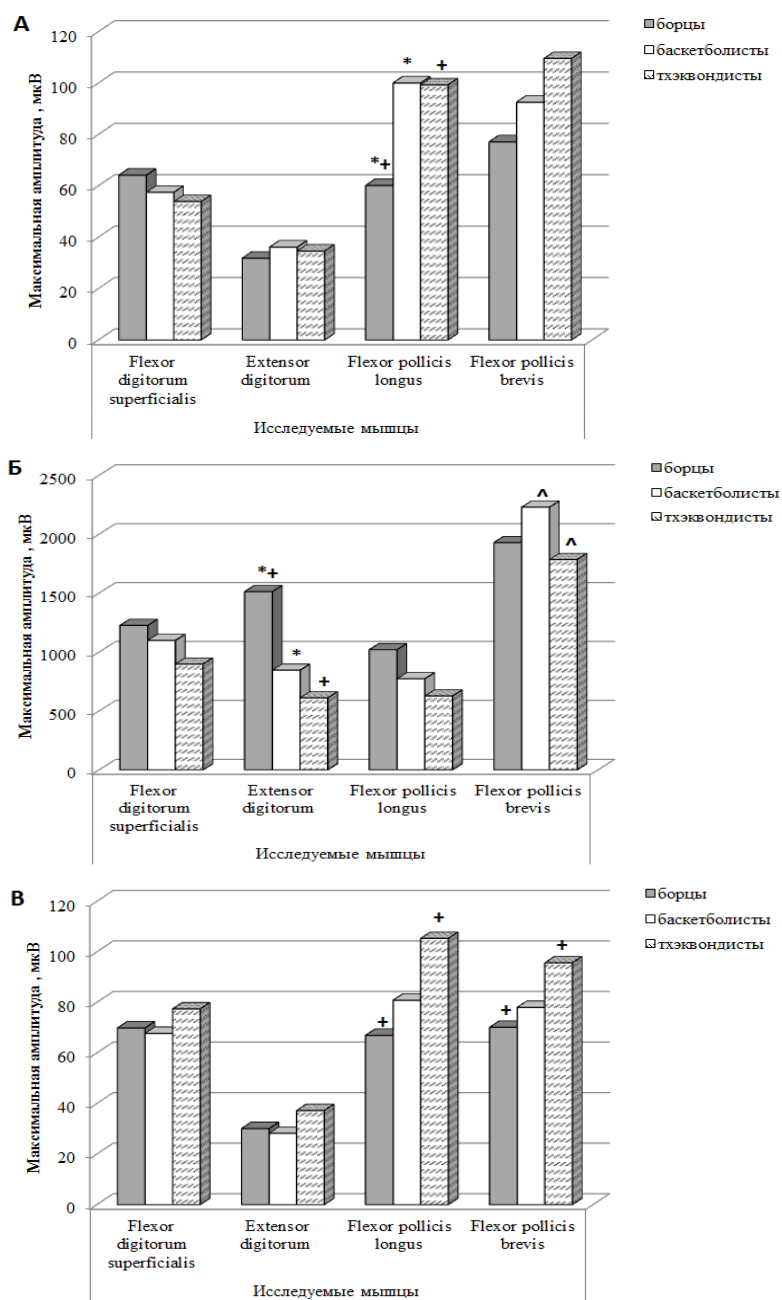


Рис. 1. Изменение показателя максимальной амплитуды мышечных турнов исследуемых мышц при расслабленной кисти (А), сжатой кисти в кулак (Б), расслабленной после сжатия кисти (В) у спортсменов ациклических видов спорта
 Примечание: * – достоверность полученных результатов между группами борцов и баскетболистов по критерию Манна – Уитни; + – между группами борцов и тхэквондистов; ^ – между группами баскетболистов и тхэквондистов.

При анализе изменения частоты турнов ПЭМГ при сжатии кисти в кулак у спортсменов разных направлений выявил достоверные отличия этого показателя при регистрации с *m. extensor digitorum* и *m. flexor pollicis longus* (рис. 2). Так, при отведении с *m. extensor digitorum* отличия отмечались между показателями у борцов и баскетболистов (был выше на 18,77 %; $p < 0,03$) и борцов и тхэквондистов (на 26,19 %; $p < 0,03$); при отведении с *m. flexor pollicis longus* – между баскетболистами и тхэквондистами (выше на 8,09 %; $p < 0,05$).

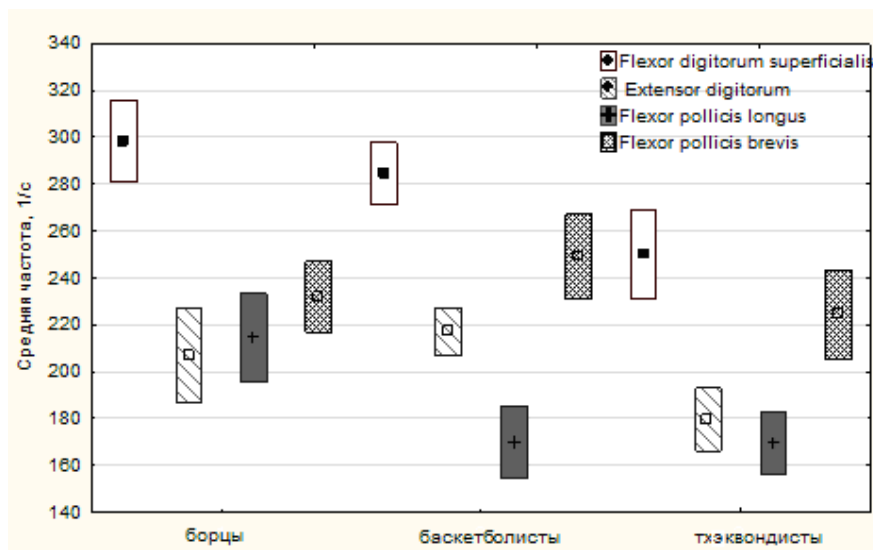


Рис. 2. Изменение показателя средней частоты (1/с) турнов участников исследования мышц при сжатой кисти в кулак у спортсменов ациклических видов спорта (точка – среднее арифметическое, прямоугольник – стандартная ошибка)

Турно-амплитудный анализ зарегистрированных ЭМГ выявил, что при выполнении сжатия кисти у спортсменов разных направлений электромиографический рисунок имеет специфические особенности (рис. 3). Своеобразие рисунка ЭМГ проявляется в различных величинах амплитуды и количестве турнов, а также в порядке активации исследуемых мышц при выполнении сжатия кисти. Это позволяет выявить «ненужное» напряжение мышц, которое сам спортсмен может не осознавать.

Таким образом, с помощью электромиографического метода был проанализирован характер состояния мышц предплечья и кисти, участвующих в сжатии кисти в кулак, на фоне электрической активности во время максимальной силовой тяги у спортсменов асинхронных видов спорта.

Известно, что амплитуда и частота ЭМГ, которые нарастают градуально, определяются количеством возбужденных двигательных единиц, а также степенью синхронизации их возбуждения. Это связано с тем, что сначала активируются двигательные единицы, обладающие большей возбудимостью, а затем другие [13].

Механизмы данных феноменологий мышечных сокращений определяются увеличением частоты нервных импульсов, поступающих в скелетные мышцы от мотонейронов спинного мозга, вовлечением в работу большого числа двигательных единиц, синхронизацией их активности, приводящих к повышению силы сокращения мышцы [14–16].

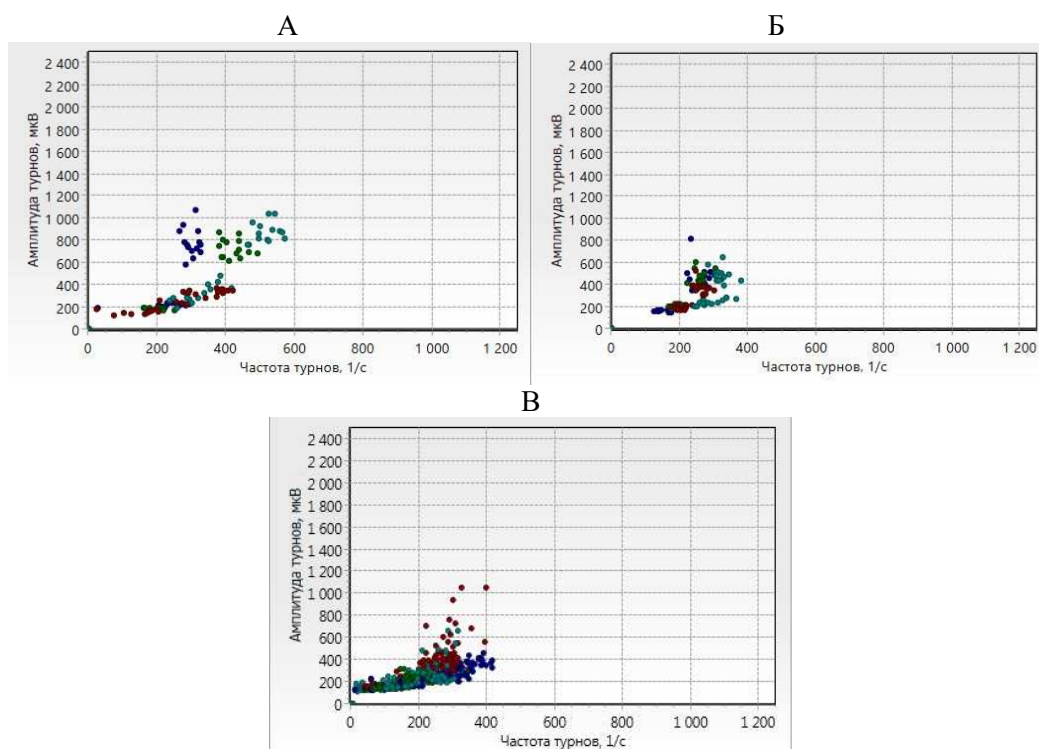


Рис. 3. Показания турно-амплитудного анализа поверхностной интерференционной электромиограммы мышц кисти и предплечья, участвующих в сжатии в кулак, у борцов (А), баскетболистов (Б) и тхэквондистов (В)

Наши данные и исследования других авторов [17–19] показали наличие различных электромиографических порогов у спортсменов различных направлений. Появление данных изменений у спортсменов авторы объясняют возможностью включения в работу различных типов мышечных волокон (переходных и гликолитических) в ответ на повышение интенсивности нагрузки до определенного уровня. Также показано, что рекрутирование новых двигательных единиц (особенно быстро сокращающихся: II-я и II-б типов) обусловлено механизмами развития утомления локального и общего генезиса. Таким образом, выявленные результаты в данной работе могут быть основой для разработки методики оценки резервных возможностей различных по типу мышечных волокон с использованием ПЭМГ.

Результаты исследований CJ De Luca [17] и S. Green [20] свидетельствуют о том, что с увеличением числа активированных высокоскоростных II-я и II-б типа (гликолитических) мышечных волокон стремительнее растет амплитуда ЭМГ. Это обуславливается увеличением вклада анаэробного энергообеспечения. То есть значительный прирост амплитуды ПЭМГ различных мышц кисти и предплечья, участвующих в сжатии кисти, обусловлен способностью НМС к включению большого количества быстросокращающихся мышечных волокон, а также синхронизации действия двигательных единиц и высокими резервными возможностями высокоскоростных мышечных волокон [21].

Результаты электромиографических исследований мышц могут быть использованы при выборе средств и методов физической реабилитации, направленных на оптимизированные координационные взаимоотношения в межмышечных связях при выполнении специальной силовой тренировки у спортсменов разных направлений подготовки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При выполнении сжатия кисти у спортсменов разных направлений электромиографический рисунок имеет специфические особенности. Своеобразие рисунка ЭМГ проявляется в различных величинах амплитуды и количестве турнов, а также в порядке активации исследуемых мышц при выполнении сжатия кисти.
2. Высокие показания максимальной амплитуды мышечных колебаний при расслабленной кисти регистрируются у тхэквондистов при отведении с *m. flexor pollicis brevis* и у борцов – с *m. flexor pollicis longus*. При сжатии кисти в кулак более высокие изменения максимальной амплитуды турнов с *m. extensor digitorum* и *m. flexor pollicis brevis* отмечаются у борцов, более низкие – у тхэквондистов. Максимальный данный показатель при отведении с *m. flexor pollicis brevis* зарегистрирован у баскетболистов. При расслаблении после сжатия кисти достоверные отличия в максимальной амплитуде турнов зарегистрированы между борцами и тхэквондистами при отведении с *m. flexor pollicis brevis* и *m. flexor pollicis longus*.
3. Достоверные изменения частоты турнов ПЭМГ отмечаются при отведении с *m. extensor digitorum* (между показателями у борцов и баскетболистов, а также борцов и тхэквондистов); при отведении с *m. flexor pollicis longus* (между баскетболистами и тхэквондистами).

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках инициативной части государственного задания № 6.5452.2017/8.9 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Временная организация физиологических систем человека и животных: феноменология и механизмы генерации и регуляции микро- и мезоритмов».

Работа выполнена на оборудовании КП ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» «Экспериментальная физиология и биофизика».

Список литературы

1. Городничев Р. М. Спортивная электронейромиография / Р. М. Городничев. – Великие Луки: ВЛГИФК, 2005. – 230 с.
2. Капилевич Л. В. Физиологические методы контроля в спорте / Л. В. Капилевич, К. В. Давлетьярова, Е. В. Кошельская, Ю. П. Бредихина, В. И. Андреев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 172 с.
3. Machado F. A. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests / F. A. Machado, A. C. Kravchychyn, C. S. Peserico, D. F. da Silva, P. V. Mezzaroba // J. Sci. Med. Sport. – 2013. – V.16, №3. – P. 276–280.
4. Hug F. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists / F. Hug, D. Laplaud, B. Savin, L. Grelot // Eur. J. Appl. Physiol. – 2003. – V. 90. – P. 643–646.
5. Команцев В. Н. Методические основы клинической электронейромиографии / В. Н. Команцев. – Руководство для врачей. – СПб.: 2006. – 362 с.
6. Maestu J. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue / J. Maestu, A. Chiccella, P. Purge, S. Ruosi // Journal of Strength and Conditioning research. – 2006. – V. 20, № 4. – P. 824–28.
7. Складанівська І. В. Оцінка аеробних можливостей м'язів із використанням методу поверхневої електроміографії / І. В. Складанівська // Актуальні проблеми фізичної культури та спорту. – 2014. – № 32 (4). – С. 42–45.
8. Николаев С. Г. Практикум по клинической электромиографии. Практическое руководство / С. Г. Николаев // Иван. гос. мед. академия. – Изд. 2-е., доп. – Иваново, 2003. – 264 с.
9. Колесников Л. Л. Анатомия человека. Атлас в 3-х томах. Том 1. Остеология, артросиндесмология, миология / Колесников Л. Л. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 480 с.
10. Еськов В. М. Субъективная и объективная оценка степени напряжения мышц / В. М. Еськов, Ю. П. Зинченко, В. В. Еськов, Д. Ю. Филатова // Вестник московского университета. Серия 14. Психология. – 2016. – № 2. – С. 19–35.
11. Лапшин В. П. К вопросу анализа интерференционной (суммарной) электромиограммы (ЭМГ) / В. П. Лапшин, С. Г. Николаев, С. В. Гусев, Г. А. Панченко // Материалы II международной конференции «Радиоэлектроника в медицинской диагностике». Москва, сент. 1997. – М., 1997. – С. 107–109.
12. Иванова М. П. Корковые механизмы произвольных движений человека / М. П. Иванова. – М.: Наука, 1991. – 193 с.
13. Александров Ю. И. Основы психофизиологии / Ю. И. Александров. – М.: ИНФРА, 1998. – 432 с.
14. Аганянц Е. К. Очерки по физиологии спорта / Аганянц Е. К., Бердичевская Е. М., Трембач А. Б. – Краснодар: Экоинвест, 2001. – 204 с.
15. Trembach A. B. Characteristics of the electromyogramme of the biceps muscle of arm of weight-lifters at various graduated weight bearing / A. B. Trembach // Theory and practice of physical culture. – 2000. – No. 1. – P. 20–22.
16. Deschamps Th. Reciprocal iming precision and central adaptations as a function of mechanical constraints / Th. Deschamps, A. Murian, F. Hug // Journal of Electromyography and Kinesiology. – 2011. – No. 21. – P. 968–97.
17. Lucia A. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography / A. Lucia, A. Sonchez, A. Carvajal, J. Chicharro // Br J Sports Med. – 1999. – No. 33 – P. 178–185.
18. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests / F. A. Machado, A. C. Kravchychyn, C. S. Peserico, D. F. da Silva, P. V. Mezzaroba // J Sci Med Sport. – 2013. – V. 16(3). – P. 276–280.
19. Maestu J. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue / J. Maestu, A. Chiccella, P. Purge, S. Ruosi // Journal of Strength and Conditioning research. – 2006. – V. 20(4). – P. 824–828.
20. Green S. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems / S. Green, B. Dawson // Sports Med. – 1993. – V. 5, Is. 15. – P. 312.

21. Zuniga J. M. Electromyographic and gas exchange fatigue thresholds during incremental treadmill running / J. M. Zuniga, M. P. Bubak, B. E. Fisher, D. E. Neighbors // Journal of Athletic Medicine. – 2013. – V. 1, Is. 2. – P. 99–109.

PECULIARITIES OF ELECTROMIOGRAPHIC INDICATORS IN ATHLETES OF ACYCLIC SPORTS

Dzheldubaeva E. R., Tumanyants K. N., Chuyan E. N.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: delviza@mail.ru*

With the help of the electromyographic method of surface interference electromyography, the character of the state of the muscles of the forearm and the hand was analyzed against the background of electrical activity during the traction of athletes of asynchronous sports. The following movements were defined: relaxed brush (30 seconds), compression of the hand into a fist (30 seconds), relaxation of the brush (30 seconds). The reason for their choice was that they are best suited to the movements that capture objects.

It is shown that when performing brush compression in athletes of different directions, the electromyographic pattern has specific features. The peculiarity of the EMG pattern is manifested in different amplitude values and the number of thorns, and also in the order of activation of the muscles under investigation when brush compression is performed. This allows you to identify the "unnecessary" muscle tension, which the athlete himself may not realize.

The results of the study showed that high readings of the maximum amplitude of muscle oscillations with a relaxed hand are recorded in taekwondoers when being led away from m.flexor pollicis brevis and in wrestlers with m.flexor pollicis longus. When the brush is compressed into a fist, higher changes in the maximum amplitude of the turn with m. extensor digitorum and m.flexor pollicis brevis are noted in wrestlers, lower ones are for taekwondo players. The maximum given figure at an abduction with m.flexor pollicis brevis is registered at basketball players. When relaxing after brush compression, significant differences in the maximum amplitude of the thorns are recorded between wrestlers and taekwondists in leads with m.flexor pollicis brevis and m.flexor pollicis longus. A significant change in the frequency of the TEMG tours is observed with the departure from m. extensor digitorum (between the indicators of wrestlers and basketball players, as well as wrestlers and taekwondo players); at the lead with m.flexor pollicis longus (between basketball players and taekwondo players).

Thus, the results of electromyographic studies of muscles can be used to select the means and methods of physical rehabilitation aimed at optimized coordination relationships in intermuscular connections when performing special strength training for athletes of different training areas.

Keywords: surface interference electromyography, maximum amplitude and frequency of thorns, forearm and hand muscles, wrestlers, basketball players, taekwondo players.

References

1. Gorodnichev R. M. *Sportivnaya elektroneyromiografiya*, 230 p. (are Great Luke: VLGIFK, 2005).
2. Kapilevich L. V., Davlet'yarova T. V., Koshel'skaya E. V., Bredikhina Yu. P., Andreev V. I. *Fiziologicheskie control methods in sport*, 172 p. (is Tomsk: Izd-vo of the Tomsk polytechnic university, 2009).
3. Machado F. A., Kravchychyn A. C., Peserico C. S., da Silva D. F., Mezzaroba P. V. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests, *J. Sci. Med. Sport*, **16**, 3 (2013).
4. Hug F., Laplaud D., Savin B., Grelot L. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **90**, 643 (2003).
5. Komancev V. N. *Metodicheskie bases of clinical elektroneyromiografii*, 362 p. (it is Guidance for doctors. SPb., 2006).
6. Maestu J., Chiccella A., Purge P., Ruosi S. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue, *Journal of Strength and Conditioning research*, **20**, 4 (2006).
7. Skladanivska I. V. Ocinka aerobic possibilities of muscles with the use of method of superficial electromyography, *Issues of the day of physical culture and sport*, **32**, 4 (2014).
8. Nikolaev S. G. *Praktikum on a clinical electro-myography* – Nikolaev S. G. is Practical guidance, 264 p. (Ivan. gos. honey. academy Edition 2th., dop. Ivanovo, 2003).
9. Kolesnikov L. L. *Anatomiya man*. An atlas is in 3th volumes, 480 p. (Tom 1. Osteology, artrosindesmologiya, miologiya. are GEOTAR-medias, 2017).
10. Es'kov V. M., Zinchenko Yu. P., Es'kov V. V., Filatova D. Yu. Sub'ektivnaya and objective estimation of degree of tension of muscles, *Announcer of the Moscow university. Series 14. Psychology*, **2**, 19 (2016).
11. Lapshin V. P., Nick S. G., Gusev S. V., Panchenko G. A. To the question of analysis of interference (total) electromyogram (EMG), *Materials of the II International conference «Radio electronics in medical diagnostics» Moscow, sent. 1997. - Sb. dokl.*, 107. (M., 1997).
12. Ivanova M. P. *Korkovye mechanisms of autokinesias of man*, 193 p. (M.: «Science», 1991).
13. Aleksandrov Yu. I. *Osnovy to psikhofiziologii*, 432 p. (M.: INFRA is Mcode, 1998).
14. Aganyanc E. K., Berdichevskay A. E., Trembach A. B., Ocherki on physiology of sport, *Aganyanc e.k.,: Ekoinvest*, 204 p. (Krasnodar 2001).
15. Trembach A. B. Characteristics of the electromyogramme of the biceps muscle of arm of weight-lifters at various graduated weight bearing, *Theory and practice of physical culture*, **1**, 20 (2000).
16. Deschamps Th., Murian A., Hug F. Reciprocal iming precision and central adaptations as a function of mechanical constraints, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, **21**, 968 (2011).
17. Lucia A., Sonchez A., Carvajal A., Chicharro J. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography, *Br J Sports Med.*, **33**, 178 (1999).
18. Machado F. A., Kravchychyn A. C., Peserico C. S., Da Silva D. F., Mezzaroba P. V. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests, *J Sci Med Sport.*, **16**, 3 (2013).
19. Maestu J., Chiccella A., Purge P., Ruosi S. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue, *Journal of Strength and Conditioning research*, **20**, 4 (2006).
20. Green S., Dawson B. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems, *Sports Med.*, **5**, 15 (1993).
21. Zuniga J. M., Bubak M. P., Fisher B. E., Neighbors D. E. Electromyographic and gas exchange fatigue thresholds during incremental treadmill running, *Journal of Athletic Medicine*, **1** (2013).