

DOI: 10.22363/2313-0245-2020-24-3-245-252

Исследование активности и функциональных взаимоотношений мышц нижних конечностей у футболистов с помощью поверхностной электромиографии

О.А. Шевелев¹, Н.А. Ходорович¹, И.Л. Привалова², Е.О. Шевелева¹,
Е.А. Бобровский², В.В. Пушкина², А.А. Тагланов²

¹ Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

² Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Российская Федерация

Аннотация. «Экономичность» двигательной активности становится одним из трендов современного футбола, что требует максимальной объективизации функционального состояния мышц. *Цель работы:* исследование электрической активности и функциональных взаимоотношений мышц бедра и голени, участвующих в осуществлении фазовых движений ходьбы (бега) методом многоканальной регистрации поверхностной электромиограммы (ПЭМГ). *Материалы и методы.* В исследовании приняли участие молодые люди — студенты КГМУ, регулярно посещающие тренировки в секции футбола и участвующие в футбольных матчах (n=12). Производилась запись электрической активности (ЭА) мышц, участвующих в осуществлении фазовых движений ходьбы (бега): двуглавой мышцы бедра, полуперепончатой мышцы бедра и передней большеберцовой мышцы. Исследование ЭА проводилось в режиме максимального произвольного напряжения мышцы. Запись осуществлялась с помощью 8-канального электронейромиографа экспертного класса «Нейро-МВП-8» («Нейрософт», Иваново) до начала футбольной тренировки и через 30—60 минут после нее. Полученные данные проверяли на нормальность распределения с использованием тестов Шапиро — Уилка. Для оценки статистической значимости различий между выборками применяли критерий Ансари-Бредли для малых групп, а для оценки функциональных взаимосвязей между параметрами ЭА мышц рассчитывали коэффициент корреляции Кендалла. *Результаты.* Наиболее выраженные изменения параметров ЭА после тренировки состояли в изменении их скоррелированности. Отмечено наличие отрицательных корреляционных связей средней силы по частоте ЭА между полуперепончатыми мышцами справа и слева ($r = -0,349$) и отсутствие скоррелированности между ними по амплитуде ЭА. В то же время формировались положительные корреляционные связи между параметрами ЭА двуглавой и полуперепончатой мышц бедра (значения $r_{\text{ампл.}} = 0,204$, $r_{\text{част.}} = 0,226$), а также двуглавой мышцы бедра и большеберцовой мышцы (значения $r_{\text{ампл.}} = 0,486$, $r_{\text{част.}} = 0,452$) левой ноги футболистов. *Заключение.* Регистрация ПЭМГ позволяет количественно оценить изменения электрической активности и функциональной сопряженности мышц бедра и голени, вовлеченных в формирование шага и бега. Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что после футбольной тренировки происходит перестройка функциональных мышечных комплексов, способствующая экономичности двигательных действий и осуществлению дриблинга с мячом.

Ключевые слова: двуглавая мышца бедра, полуперепончатая мышца бедра, передняя большеберцовая мышца, поверхностная электромиограмма

© Шевелев О.А., Ходорович Н.А., Привалова И.Л., Шевелева Е.О., Бобровский Е.А., Пушкина В.В., Тагланов А.А., 2020



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Вклад авторов. Шевелев О.А. — концепция исследования, написание текста; Ходорович Н.А. — дизайн исследования, написание текста; Шевелева Е.О. — анализ полученных данных; Привалова И.Л. — сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста; Бобровский Е.А. — сбор и обработка материалов, анализ полученных данных; Пушкина В.В. — сбор и обработка материалов; Тагланов А.А. — сбор и обработка материалов.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 04.06.2020. Принята 08.06.2020

Для цитирования: Шевелев О.А., Ходорович Н.А., Привалова И.Л., Шевелева Е.О., Бобровский Е.А., Пушкина В.В., Тагланов А.А. Исследование активности и функциональных взаимоотношений мышц нижних конечностей у футболистов с помощью поверхностной электромиографии // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2020. Т. 24. № 3. С. 245—252. DOI: 10.22363/2313-0245-2020-24-3-245-252

Function test of the activity and interrelations of lower extremity muscles of football players with the use of surface electromyography method

O.A. Shevelev¹, N.A. Khodorovich¹, I.L. Privalova², E.O. Sheveleva¹,
E.A. Bobrovskii², V.V. Pushkina², A.A. Taglanov²

¹ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (RUDN University), Russian Federation

² Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation

Abstract. “Efficient performance” of physical activity is becoming a vital trend in modern football, which requires maximum objectification of the functional state of muscles. Aim: studying the electrical activity and functional relationships of sartorius and crurae muscles involved in phase movements of walking (running) by the method of multichannel registration of surface electromyogram (SEMG). *Materials and methods:* the study engaged the students of KSMU attending the football section and participating in football matches (n = 12). The electrical activity (EA) of the muscles involved in the implementation of walking (running): biceps femoris, musculus semimembranosus of the thigh and tibialis anterior muscle was registered. EA research was conducted with maximum volitional muscle tension. The recording was conducted using an 8-channel electroneuromyograph Neuro-MVP-8 prior to the football training and 30—60 minutes after. The data obtained were checked using Shapiro — Wilk tests. Ansari-Bradley test was used for small groups. Lastly, Kendall correlation coefficient was calculated to evaluate the functional relationships between the parameters of muscle EA. *Results:* The most significant changes in EA parameters after training consisted in their correlation. The presence of medium negative correlations between musculus semimembranosus of the thigh on right and left ($r = -0.349$) and the absence of correlation between the latter in the amplitude of EA were registered. Concurrently, positive correlations were noted between the EA parameters of the biceps femoris and semimembranosus (values $r_{am.} = 0,204$, $r_{freq.} = 0,226$), as well as biceps femoris and tibialis (values $r_{am.} = 0,486$, $r_{freq.} = 0,452$) of the left feet of football players. *Conclusion:* SEMG allows you to quantify the changes in electrical activity and functional connection of the muscles of the thigh and crurae involved in stepping and running. A realignment of the functional muscle complexes appears, which contributes to motor actions and implementation of dribbling after a training.

Key words: musculus biceps femoris, musculus semimembranosus of the thigh, tibialis anterior muscle, surface electromyogram

Author contributions. Shevelev O.A — the concept of the research, writing text; Khodorovich N.A. — study design, writing text; Privalova I.L. — data collection and processing, analysis of data, writing text; Sheveleva E.O. — analysis of data; Bobrovskii E.A. — data collection and processing, analysis of data; Pushkina V.V. — data collection and processing; Taglanov A.A. — data collection and processing.

Conflict of interest statement. The authors declare no conflict of interest.

Received 04.06.2020. Accepted 08.06.2020

For citation: Shevelev O.A., Khodorovich N.A., Privalova I.L., Sheveleva E.O., E.A. Bobrovskii, Pushkina V.V., Taglanov A.A. Function test of the activity and interrelations of lower extremity muscles of football players with the use of surface electromyography method. *RUDN Journal of Medicine*. 2020; 24 (3): 245—252. DOI: 10.22363/2313-0245-2020-24-3-245-252

Анализ трендов современного футбола показывает, что в исполнении ряда топ-сборных национальных команд он становится более «экономичным» с точки зрения объемов и качества двигательной активности [1]. Одним из методов получения информации о функциональной готовности мышц к выполнению различных видов движений является поверхностная электромиография (ПЭМГ), отражающая проявление интегрированной электрической активности мышц, а также изменение паттернов их активации в различных физиологических и патологических условиях [2, 3]. Описано использование данного метода для оценки активности, координации и утомления мышц после прерывистой тренировки, включающей движения различной интенсивности, осуществляемых во время футбольного матча (ходьба, бег, спринт) [4]. Количественный анализ электрической активности мышц показал, что более выгодный в энергетическом отношении уступающий режим при ходьбе доминирует в деятельности мышц-разгибателей, тогда как в работе мышц-сгибателей преодолевающий и уступающий режимы имеют примерно одинаковую длительность [5]. Описаны изменения электрической активности мышц бедра и голени в разные фазы шагового цикла при спринтерском беге. Наиболее существенные из них были отмечены для двуглавой и наружной мышц бедра, а также для камбаловидной и передней большеберцовой мышц [6].

Одним из преимуществ метода поверхностной электромиографии является возможность интегральной оценки различных функциональных групп мышц. Ценную информацию в методологическом и научном аспектах предоставляет исследование, в котором производилась запись ЭМГ мышц — синергистов бедра и голени спортсменов при беге со ступенчато увеличивающейся скоростью. Для исследования

были выбраны группы мышц-синергистов: m. rectus femoris и m. vastus lateralis (RF и VL), m. biceps femoris и m. semitendinosus (BF и SE), m. gastrocnemius и m. soles (GA и SO), активность которых является информативным показателем организации движений при беге. Установлен рост различий в функционировании m. biceps femoris и m. semitendinosus, а также m. gastrocnemius и m. soles с увеличением скорости бега [7]. На основе интегральной оценки мышечной активности был сделан вывод о модификации координационной структуры ведущих мышц при смене траектории движения в беге с максимальной скоростью [6]. Направленность на восстановление баланса активности кинетически связанных мышц предлагается использовать в построении реабилитационных программ [3].

С учетом актуальности системного планирования футбольных тренировок с различными видами двигательной активности **целью** нашей работы явилось исследование электрической активности и функциональных взаимоотношений мышц бедра и голени, участвующих в осуществлении фазовых движений ходьбы (бега) методом многоканальной регистрации поверхностной электромиограммы.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие молодые люди — студенты КГМУ, регулярно посещающие тренировки в секции футбола и участвующие в футбольных матчах (n=12). У всех было получено информированное согласие на участие в исследовании согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (WMA Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013) и обработку персональных данных. Программа исследований была одобрена этической комиссией КГМУ.

На подготовительном этапе участники исследования были ознакомлены с его целью и детальным описанием процедуры регистрации с помощью метода поверхностной электромиографии. Затем получено их информированное согласие в письменной форме. Производилась запись электрической активности мышц, участвующих в осуществлении фазовых движений ходьбы (бега): двуглавой мышцы бедра, полуперепончатой мышцы бедра и передней большеберцовой мышцы. Регистрирующие фетровые электроды с фиксированным межэлектродным расстоянием — 2 см располагались в соответствии с анатомическими ориентирами двигательных точек исследуемых мышц [8]. Исследование электрической активности проводилось в режиме максимального произвольного напряжения мышцы (MVC). Для стандартизации сигнала участники исследования производили три максимальных изометрических сокращения мышцы длительностью 6 секунд с краткими перерывами между ними. Запись осуществлялась с помощью 8-канального электронейромиографа экспертного класса «Нейро-МВП-8» («Нейрософт», Иваново) до начала футбольной тренировки и через 30—60 минут после нее.

На этапе обработки сигнала проводился турно-амплитудный и спектральный анализ полученных

данных. Граница минимальной амплитуды турна была установлена на 100 мкВ. Полученные данные проверяли на нормальность распределения с использованием тестов Шапиро — Уилка. Для оценки статистической значимости различий между выборками применяли критерий Ансари-Бредли [9], а для оценки функциональных взаимосвязей между параметрами электрической активности мышц рассчитывали коэффициент корреляции Кендалла.

Результаты

В первой серии исследований регистрирующие электроды располагались на двигательных точках двуглавой мышцы бедра (*m. biceps femoris*) и полуперепончатой мышцы (*m. semimembranosus*). Запись электрической активности производилась в режиме максимального произвольного сокращения (MVC).

Частота ЭА двуглавой мышцы бедра правой конечности была на 27.2 % ($p < 0,05$) выше, чем правой, а полуперепончатой слева на 46.2 % ($p < 0,05$) выше, чем справа. Значения коэффициентов корреляции Кендалла, рассчитанные между параметрами ЭА полуперепончатых мышц справа и слева, свидетельствовали о наличии положительных корреляционных связей средней силы по всем исследуемым параметрам ЭА (Табл. 1).

Таблица 1

Параметры электрической активности (ЭА) двуглавой мышцы бедра и полуперепончатой мышцы (Me [Q1; Q3])

		Параметры ЭА	макс. ампл., мкВ	Средн. ампл., мкВ	Средн. част., 1/с
До тренировки До тренировки	Me [Q1; Q3]	V.F. левая	488,5 [326;625]	251,5 [185;288]	88 [36;136]
		V.F. правая	433[279; 638]	221 [165;274]	112* [52;204]
		M.s. левая	414,0 [195;536]	226,5 [137;263]	78 [20;124]
		M.s. правая	430,5 [224; 1066]	237,5 [141;456]	42*[16; 84]
	значения r	V.F. левая – V.F. правая	-0,160*	-0,099	-0,078
		M.s. левая – M.s. правая	0,394*	0,367*	0,407*
		V.F. левая – M.s. левая	0,056	0,034	0,209*
		V.F. правая – M.s. правая	0,062	0,059	0,001
После тренировки	Me [Q1; Q3]	V.F. левая	460 [408;573,5]	240 [219;277,5]	108 [70;132]
		V.F. правая	492* [344;791,5]	241,5 [201;359]	62 [44;156]
		M.s. левая	581,5 [395;810]*	268 [207;310] *	116 [84;200]
		M.s. правая	420,5 [307;557]	208 [179;227]	68 [12;120]
	значения r	V.F. левая – V.F. правая	0,204*	0,159	0,251*
		M.s. левая – M.s. правая	0,064	-0,015	-0,349*
		V.F. левая – M.s. левая	0,204*	0,195*	0,226*
		V.F. правая – M.s. правая	-0,151	-0,209*	-0,247*

* $p < 0,05$

Table 1

Electrical activity (EA) parameters of the biceps femoris and musculus semimembranosus (Me [Q1; Q3])

		EA parameters	Max am., uV	avg. am., uV	avg. freq., 1/s
fore training ренировки	Me [Q1; Q3]	V.F. левая	488,5 [326;625]	251,5 [185;288]	88 [36;136]
		V.F. правая	433[279; 638]	221 [165;274]	112* [52;204]
		M.s. левая	414,0 [195;536]	226,5 [137;263]	78 [20;124]
		M.s. правая	430,5 [224; 1066]	237,5 [141;456]	42*[16; 84]
	r value	V.F. левая – V.F. правая	-0,160*	-0,099	-0,078
		M.s. левая – M.s. правая	0,394*	0,367*	0,407*
		V.F. левая – M.s. левая	0,056	0,034	0,209*
		V.F. правая – M.s. правая	0,062	0,059	0,001
After training	Me [Q1; Q3]	V.F. левая	460 [408;573,5]	240 [219;277,5]	108 [70;132]
		V.F. правая	492* [344;791,5]	241,5 [201;359]	62 [44;156]
		M.s. левая	581,5 [395;810]*	268 [207;310] *	116 [84;200]
		M.s. правая	420,5 [307;557]	208 [179;227]	68 [12;120]
	r value	V.F. левая – V.F. правая	0,204*	0,159	0,251*
		M.s. левая – M.s. правая	0,064	-0,015	-0,349*
		V.F. левая – M.s. левая	0,204*	0,195*	0,226*
		V.F. правая – M.s. правая	-0,151	-0,209*	-0,247*

* p < 0,05

Значения коэффициентов корреляции Кендалла, рассчитанные между параметрами ЭА полуперепончатых мышц справа и слева, свидетельствовали о наличии положительных корреляционных связей средней силы по всем исследуемым параметрам ЭА (Табл. 1).

Наиболее выраженные изменения параметров ЭА после тренировки состояли в изменении их скоррелированности. В частности, можно отметить наличие отрицательных корреляционных связей средней силы по частоте ЭА между полуперепончатыми мышцами справа и слева ($r = -0,349$) и отсутствие скоррелированности между ними по амплитуде

ЭА. В то же время формировались положительные корреляционные связи между параметрами ЭА исследуемых мышц левой ноги футболистов (Табл. 1).

Во второй серии исследований регистрирующие электроды располагались на двигательных точках двуглавой мышцы бедра (m.biceps femoris) и передней большеберцовой мышцы (m. tibialis anterior). В режиме максимального произвольного сокращения (MVC) средние значения частоты ЭА двуглавой мышцы бедра справа были выше, чем слева на 50 % ($p < 0,05$). Для большеберцовых мышц наблюдалось обратное соотношение, средние значения частоты ЭА слева были выше, чем справа, на 38,3 % (Табл. 2).

Таблица 2

Параметры электрической активности (ЭА) двуглавой мышцы бедра и передней большеберцовой мышцы (Me [Q1; Q3])

		Параметры ЭА	макс. ампл., мкВ	Средн. ампл., мкВ	Средн. част., 1/с
До тренировки До тренировки	Me [Q1; Q3]	V.F. левая	372,5 [315;496]	217 [186;244]	72 [32;144]
		V.F. правая	431,5 [343; 575]	207 [185;252]	108*[64;148]
		T.a. левая	840 [268;505]	276,5 [102;543,5]	202 [72;296]
		T.a. правая	624 [256;1667]	297,5 [156,5;564]	146*[36;294]
	значения r	V.F. левая – V.F. правая	0,103	0,081	0,222*
		T.a. левая – T.a. правая	0,396*	0,475*	0,496*
		V.F. левая – T.a. левая	-0,257*	-0,172*	-0,247*
		V.F. правая – T.a. правая	0,059	0,248*	-0,015

Окончание таблицы 2

		Параметры ЭА	макс. ампл., мкВ	Средн. ампл., мкВ	Средн. част., 1/с
После тренировки	Me [Q1; Q3]	V.F. левая	534 [334;1121]	252,5 [187;358]	142 [94;258]
		V.F. правая	486,5*[280;725]	240 [162;313,5]	142 [48;208]
		T.a. левая	467,5 [178;872,5]	220,5 [119,5;371]	64 [16;128]
		T.a. правая	918,5* [627;1074]	358* [275;418,5]	172*[148;200]
	значения r	V.F. левая – V.F. правая	-0,202*	-0,192*	-0,146
		T.a. левая – T.a. правая	0,387*	0,508*	0,223*
		V.F. левая – T.a. левая	0,399*	0,486*	0,452*
		V.F. правая – T.a. правая	-0,069	-0,026	0,065

* p < 0,05

Table 2

Electrical activity (EA) parameters of the biceps femoris and tibialis anterior muscle (Me [Q1; Q3])

		EA parameters	max am., uV	avg. am., uV	avg. freq., 1/s
Before training	Me [Q1; Q3]	B.F. left	372,5 [315;496]	217 [186;244]	72 [32;144]
		B.F. right	431,5 [343; 575]	207 [185;252]	108*[64;148]
		T.a. left	840 [268;505]	276,5 [102;543,5]	202 [72;296]
		T.a. right	624 [256;1667]	297,5 [156,5;564]	146*[36;294]
	r value	B.F. left – B.F. right	0,103	0,081	0,222*
		T.a. left – T.a. right	0,396*	0,475*	0,496*
		B.F. left – T.a. left	-0,257*	-0,172*	-0,247*
		B.F. right – T.a. right	0,059	0,248*	-0,015
After training	Me [Q1; Q3]	B.F. left	534 [334;1121]	252,5 [187;358]	142 [94;258]
		B.F. right	486,5*[280;725]	240 [162;313,5]	142 [48;208]
		T.a. left	467,5 [178;872,5]	220,5 [119,5;371]	64 [16;128]
		T.a. right	918,5* [627;1074]	358* [275;418,5]	172*[148;200]
	r value	B.F. left – B.F. right	-0,202*	-0,192*	-0,146
		T.a. left – T.a. right	0,387*	0,508*	0,223*
		B.F. left – T.a. left	0,399*	0,486*	0,452*
		B.F. right – T.a. right	-0,069	-0,026	0,065

* p < 0,05

Корреляционный анализ позволил обнаружить наличие слабых положительных корреляционных связей между частотными характеристиками ЭА прямых мышц бедра и положительных связей средней силы между всеми параметрами ЭА большеберцовых мышц. В то же время обнаруживались слабые отрицательные корреляционные связи между исследуемыми мышцами левой конечности (Табл. 2).

После тренировки отмечалось значимое возрастание всех исследуемых параметров ЭА больше-

берцовой мышцы правой конечности и значимое их преобладание над значениями левой. Существенные сдвиги обнаруживали значения коэффициентов корреляции Кендалла. Они свидетельствовали о формировании слабых отрицательных корреляционных связей между амплитудными значениями ЭА двуглавых мышц бедра правой и левой конечностей. Положительные корреляционные связи средней силы формировались между всеми исследуемыми параметрами ЭА двуглавой мышцы бедра и больше-

берцовой мышцы левой конечности (значения $r_{\text{ампл.}} = 0,486$, $r_{\text{част.}} = 0,452$). Аналогичные связи сохранялись между всеми параметрами ЭА большеберцовых мышц справа и слева (Табл. 2).

Обсуждение

Проведенное исследование позволило выявить некоторые особенности функциональной сопряженности мышц бедра и голени, вовлеченных в формирование шага и бега.

Известно, что амплитудные и частотные характеристики ПЭМГ отражают суммарную активность двигательных единиц, вовлекаемых в процесс сокращения [10]. Описаны характерные паттерны электрической активности сгибателей и разгибателей в различные фазы шагательных движений [5]. Наличие значимых положительных корреляционных связей между амплитудными и частотными характеристиками электрической активности *m. biceps femoris* и *m. semitendinosus* левой ноги, рассчитанных в нашем исследовании после футбольной тренировки, может подтверждать ее эффективность. Обе исследуемые мышцы участвуют в осуществлении стремительного сгибания в коленном суставе (четвертая фаза шага) и разгибания в тазобедренном суставе (шестая фаза шага) [5]. Скоррелированность электрической активности указанных мышц делает эти движения целенаправленными и более экономичными.

Исследование этих же мышц правой ноги показало наличие значимых отрицательных корреляционных связей между показателями электрической активности. Вероятно, это связано с тем, что полуперепончатая мышца функционирует не только как разгибатель бедра и сгибатель голени, но при согнутой в коленном суставе голени поворачивает ее внутрь [11]. Данная функция важна для осуществления движений, которые позволяют удерживать мяч и вести его под подошвой.

Полученные нами результаты согласуются с исследованиями активности мышц у фигуристов при выполнении специальных упражнений (прыжков с вращением тела). Авторы обращают внимание на увеличение жесткости кинематических цепей в фазу наибольшей нагрузки [12]. Следовательно, функциональное назначение активности мышц

в различные фазы движения следует рассматривать, начиная с двигательной задачи — системообразующего фактора построения двигательного действия. С этой точки зрения, закономерным представляется увеличение сопряженности между двуглавой мышцей бедра и передней большеберцовой мышцей левой ноги после тренировки. Известно, что эти мышцы участвуют в реализации движений во время бега, проявляя специфические паттерны биоэлектрической активности для каждого двигательного действия [2]. Вероятно, в нашем исследовании увеличение сопряженности между *m.biceps femoris* и *m.tibialis anterior* левой ноги после тренировки отражает их взаимодействие во время перемещений игрока по полю, а также функциональную роль левой ноги в игровых действиях футболиста.

Выводы

Регистрация поверхностной электромиограммы позволяет количественно оценить изменения электрической активности и функциональной сопряженности мышц бедра и голени, вовлеченных в формирование шага и бега.

Изменения скоррелированности параметров электрической активности мышц бедра и голени, вовлеченных в формирование шага и бега, могут отражать моторную асимметрию в двигательных действиях футболиста.

После тренировки, направленной на формирование целевых действий футболистов, происходит перестройка функциональных мышечных комплексов, способствующая экономичности двигательных действий и осуществлению дриблинга с мячом.

Библиографический список

1. Технология анализа данных распределения объемов двигательной активности в разных скоростных диапазонах и их особенности. Контрольные матчи Россия — Бразилия и Россия — Франция / В.А. Годик, М.А. Годик, С.С. Черчесов и др. <http://static.rfs.ru/content/page/document/2018/11/5bec85a9b9841.pdf>
2. Ланская О.В., О.В. Ланская, Е.В. Ланская, И.В. Пискунов. Биоэлектрическая активность мышц при спринтерском беге. Международный научный журнал «Символ науки». 2016, № 1. С. 22—26.
3. Omid A Khaiyat, Jessica Norris. Electromyographic activity of selected trunk, core, and thigh muscles in commonly used

- exercises for ACL rehabilitation. *Journal of Physical Therapy Science*. 2018. № 30 (4). С. 642—648.
4. N. Rahnama, A. Lees, T. Lees. Electromyography of selected lower-limb muscles fatigued by exercise at the intensity of soccer match-play. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2006. № 16. P. 257—263.
 5. А.С. Витензон, К.А. Петрушанская. К фазовому анализу ходьбы и некоторых ритмических движений человека. *Российский журнал биомеханики*. 2005. Т. 9. № 1. С. 19—35.
 6. Пискунов И.В., И.В. Пискунов, С.А. Моисеев, Р.М. Городничев С.А. Электромиографическое исследование регуляции произвольных быстрых циклических движений ног при спринтерском беге по прямой и виражу. *Журн. мед.-биол. исследований*. 2017. Т. 5. № 2. С. 5—12.
 7. Ципин Л.Л. Методологические аспекты применения электромиографии при изучении спортивных движений разной интенсивности. *Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта*. 2015. № 8 (126). С. 188—193.
 8. Николаев С.Г. Атлас по электромиографии. Иваново: ИП К. «ПресСто». 2010. 468 с.
 9. А.М. Носовский, А.Э. Пихлак, В.А. Логачев и др. Статистика малых выборок в медицинских исследованиях. *Российский медицинский журнал: Научно-практический журнал*. 2013. № 6. С. 56—60.
 10. Cram Jeffery R., Criswell, Eleanor L Cram`s introduction to surface electromyography. Rev. ed. 2004. P. 412.
 11. Капанджи А.И. Нижняя конечность. Функциональная анатомия. 6-е изд. М.: Эксмо, 2009. 313 с.
 12. И.М Козлов, Р.А. Кадыркаев. Активность мышц у фигуристов при выполнении специальных упражнений. *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология*. 2012. № 3. С. 1—10.
 1. Godik V.A., Godik M.A., Cheresov S.S. et al. The technology and particular issues associated with data analysis on distribution of motor activity volumes in different speed ranges. Test matches Russia — Brazil and Russia — France. Available from <http://static.rfs.ru/content/page/document/2018/11/5bec85a9b9841.pdf> [Accessed 19 th November 2019]. (In Russ).
 2. Lanskaya O.V. Muscle bioelectric activity during sprinting. *International scientific journal "Symbol of Science"*. 2016;1: 22—26. (In Russ).
 3. Omid A. Khaiyat. Electromyographic activity of selected trunk, core, and thigh muscles in commonly used exercises for ACL rehabilitation. *Journal of Physical Therapy Science*. 2018; 30: 642—648.
 4. Rahnama N. Electromyography of selected lower-limb muscles fatigued by exercise at the intensity of soccer match-play. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2006; 16: 257—263.
 5. Witenzon A.S., Petrushanskaya K.A. Phase analysis of walking and some rhythmic movements of a person. *Russian Journal of Biomechanics*. 2005;9(1): 19—35. (In Russ).
 6. Piskunov I.V., Moiseev S.A., Gorodnichev R.M. Electromyographic study of the regulation of volitional fast cyclic leg movements during sprinting in a straight and turning. *The journal of medical and biological research*. 2017;5(2): 5—12. (In Russ).
 7. Tsipin L.L. Methodological aspects of the use of electromyography in the study of sports movements of different intensities. *University of P.F. Lesgaft Science Notes*. 2015;8(126): 188—193. (In Russ).
 8. Nikolaev S.G. *Atlas on electromyography*. Ivanovo PresSto. 2010. 468 p. (In Russ).
 9. Nosovsky A.M., Pihlak A.E., Logachev V.A. et al. The statistics of small samples in medical research. *Russian Medical Journal: Scientific and Practical Journal*. Publishing house "Medicine". 2013;6:56—60. (In Russ).
 10. Cram Jeffery R. *Cram`s introduction to surface electromyography*. Rev. ed. 2004. 412 p.
 11. Kapanji A.I. *Lower limb. Functional anatomy*. 6th ed. Eksmo, 2009. 313 p. (In Russ).
 12. Kozlov I.M., Kadyrkaev R.A. Muscle activity of figure skaters performing special exercises. *Adygea State University herald. Series 3: Pedagogy and Psychology*. 2012;3: 1—10. (In Russ).

References

Ответственный за переписку: Ходорович Надежда Анатольевна — профессор кафедры общей патологии Медицинского института, Российский университет дружбы народов. 117997, ул. Миклухо-Маклая, д. 6., г. Москва, Россия, E-mail: nkhodorovich@mail.ru.

Шевелев О.А. SPIN: 9845—2960; ORCID: 0000—0002—3949—455X
 Ходорович Н.А. SPIN-код: 6237—9153; ORCID: 0000—0002—1289—4545
 Привалова И.Л. SPIN: 4135—2870; ORCID: 0000—0002—0838—0774
 Шевелева Е.О. SPIN: 2593—2995; ORCID: 0000—0002—7024—8875
 Бобровский Е.А. SPIN: 1324—5990; ORCID: 0000—0002—7432—5276

Corresponding author: N.A. Khodorovich — Professor Department of General Pathology and Pathological Physiology, Institute of Medicine, Peoples' Friendship University of Russia, 117997, ul. Miklukho-Maklaya, 6, Moscow, Russia. E-mail: nkhodorovich@mail.ru.

Shevelev O.A. ORCID: 0000—0002—3949—455X
 Khodorovich N.A. ORCID: 0000—0002—1289—4545
 Privalova I.L. ORCID: 0000—0002—0838—0774
 Sheveleva E.O. ORCID: 0000—0002—7024—8875
 Bobrovskii E.A. ORCID: 0000—0002—7432—5276