Дата публикации: 01.09.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_3
УДК 591.175.1; 796.012.424.6; 796.332

Publication date: 01.09.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_3
UDC 591.175.1; 796.012.424.6; 796.332

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ДВИЖЕНИЯ СТОПЫ, У ФУТБОЛИСТОВ

Е.А. Бобровский, И.Л. Привалова, Е.А. Бобровская
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск, Россия

Аннотация. Исследование электрической активности мышц позволяет получить представление о стратегии контроля со стороны центральной нервной системы над отдельными группами мышц. Цель работы – исследование взаимоотношений электрической активности мышц, осуществляющих движения стопы, у футболистов. Был использован метод поверхностной электромиографии. В режиме максимального произвольного мышечного сокращения производилась запись электрической активности функциональных групп мышц-синергистов: икроножная – длинная малоберцовая, длинная малоберцовая – мышца, отводящая мизинец, передняя большеберцовая – длинный разгибатель большого пальца стопы одновременно с обеих конечностей. Предложены электрофизиологические маркеры функциональной подготовленности футболистов, а именно: направленность и теснота корреляционных связей в функциональных группах мышц-синергистов, а также асимметрия электрической активности исследуемых мышц, осуществляющих движение стопы.
Ключевые слова: икроножная мышца, длинная малоберцовая мышца, мышца, отводящая мизинец, передняя большеберцовая мышца, длинный разгибатель большого пальца стопы, взаимоотношения электрической активности мышц.

RELATIONSHIP BETWEEN THE ELECTRICAL ACTIVITIES OF THE MUSCLES THAT PERFORM FOOT MOVEMENTS IN SOCCER PLAYERS

E.A. Bobrovskij, I.L. Privalova, E.A. Bobrovskaya
Kursk State Medical University, Kursk, Russia

Abstract. The study of the electrical activity of muscles allows to get an idea of the strategy of control by the central nervous system over individual muscle groups. The aim of the study is to investigate the relationship between the electrical activities of muscles performing foot movements in soccer players. The method of surface electromyography was applied. In the mode of maximum voluntary muscle contraction we recorded electrical activity of functional groups of synergistic muscles: calf – long peroneal, long peroneal – little finger abductor muscle, anterior tibial – long extensor of the big toe of the foot simultaneously from both limbs. Electrophysiological markers of functional fitness of soccer players are proposed, namely: the direction and closeness of correlations in the functional groups of synergistic muscles, as well as the asymmetry of electrical activity of the studied muscles that perform foot movements.
Keywords: calf muscle, long peroneal muscle, little finger abductor muscle, tibialis anterior muscle, long extensor of the big toe of the foot, relationships of the electrical activity of muscles.

Введение. Известно, что исследование электрической активности мышц позволяет получить представление о стратегии контроля со стороны центральной нервной системы (ЦНС) над отдельными двигательными единицами, мышцами или их группами [1]. Анализ результатов поверхностной электромиографии лежит в основе представлений о том, что ключевым организационным принципом управления ЦНС двигательными процессами является модульность [2-3], обеспечивая экономичность и универсальность регуляции. Известно также, что длительные тренировки могут модифицировать существующие нейро-мышечные модули и формировать

новые, специфичные для определенных спортивных занятий [4]. Таким образом, формируются определенные паттерны электрической активности (ЭА) различных мышц и новый уровень их «сонастроенности» [5], на фоне которой и осуществляется движение. Можно предположить, что ее количественная оценка может дать информацию о функциональной подготовленности спортсменов [6]. Одним из проявлений взаимоотношений ЭА мышц является также соотношение ЭА одноименных мышц правой и левой конечностей, однако описание ее на основе данных поверхностной электромиографии (ПЭМГ) представлено лишь в отдельных публикациях [7]. Вопросы моторной асимметрии у спортсменов [8], в частности у футболистов [9-11], обсуждаются в научной литературе. В то же время отмечено, что недостаточная научная разработанность проблемы (на примере детско-юношеского футбола) является одним из лимитирующих факторов эффективности тренировочного процесса [12]. Поэтому исследование взаимоотношений ЭА мышц, осуществляющих движение стопы, у футболистов с позиции ее скоррелированности и симметрии является актуальным.

Цель – исследование взаимоотношений электрической активности мышц, осуществляющих движения стопы, у футболистов.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на здоровых добровольцах в возрасте 19-26 лет – студентах КГМУ и профессиональных футболистах. В исследовании приняли участие 76 человек мужского пола, которые были разделены на две группы. Первую группу (1 группа) составили студенты КГМУ, не имеющие спортивной специализации (n=52), а вторую (2 группа) – футболисты профессионального клуба (n=24).

Был использован метод ПЭМГ, запись ЭА мышц проводилась с помощью 8-канального электронейромиографа экспертного класса «Нейро-МВП-8» (Нейрософт, Иваново). На подготовительном этапе участника исследования информировали о цели и алгоритмах процедуры регистрации ПЭМГ мышц нижних конечностей, после чего получали от него информированное согласие в письменной форме. Для регистрации ПЭМГ использовались фетровые электроды с фиксированным межэлектродным расстоянием, составляющим 2 см (в соответствии с международными рекомендациями) [13], их фиксацию производили в соответствии с анатомическими ориентирами на двигательных точках исследуемых мышц [13-14]. Запись ЭА мышц одновременно с обеих конечностей осуществляли в следующих сериях исследований: икроножная мышца и длинная малоберцовая мышца (1 серия), длинная малоберцовая мышца и мышца, отводящая мизинец (2 серия), передняя большеберцовая мышца и длинный разгибатель большого пальца стопы (3 серия). Для получения максимального произвольного мышечного сокращения участники исследования производили три максимальных изометрических сокращения мышцы (максимальное усилие на противодействие сопротивлению – упор в стену из положения лежа) длительностью 6 секунд с краткими перерывами между ними [13, 15]. Затем проводили турно-амплитудный анализ полученных данных с расчетом максимальной амплитуды, средней амплитуды и средней частоты электрической активности. Граница минимальной амплитуды турна была установлена на 100 мкВ. Для оценки асимметрии электрической активности определяли коэффициент асимметрии каждого турна по формуле [16]:

$$К_{ас} = \frac{N_{пр} - N_{лев}}{N_{пр} + N_{лев}} * 100\%$$

где $N_{пр}$ – значение ЭА справа, $N_{лев}$ – значение ЭА слева.

Положительное значение коэффициента асимметрии указывало на правостороннюю асимметрию и преобладание ЭА правых мышц, а отрицательное – на левостороннюю асимметрию и более низкие значения ЭА правых мышц, что характеризует уменьшение числа двигательных единиц, задействованных в акте сокращения. Статистическую обработку

результатов проводили с использованием программы STATISTICA 13 (TIBCO Software Inc., США). Для проверки гипотезы о нормальности распределения использовали критерий Шапиро-Уилка. Для оценки статистической значимости различий между выборками применяли двухвыборочный критерий Колмогорова-Смирнова.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ функциональной сопряженности мышц в первой серии (икроножные, длинные малоберцовые мышцы) показал, что в 1 группе исследования между значениями максимальной амплитуды икроножных мышц и длинных малоберцовых мышц как левой (ρ=0,448), так и правой (ρ=0,431) конечности имеются положительные корреляционные связи средней силы (рис. 1.1. А, Б). Во 2 группе исследования значения коэффициентов корреляции Спирмена составили 0,737 для левой конечности и 0,585 для правой, что также свидетельствует о наличии положительных корреляционных связей (сильных и средней силы) (рис. 1.1. В, Г). Следует отметить, что различия между значениями коэффициентов корреляции, рассчитанными для участников исследования первой и второй групп, были статистически значимыми.

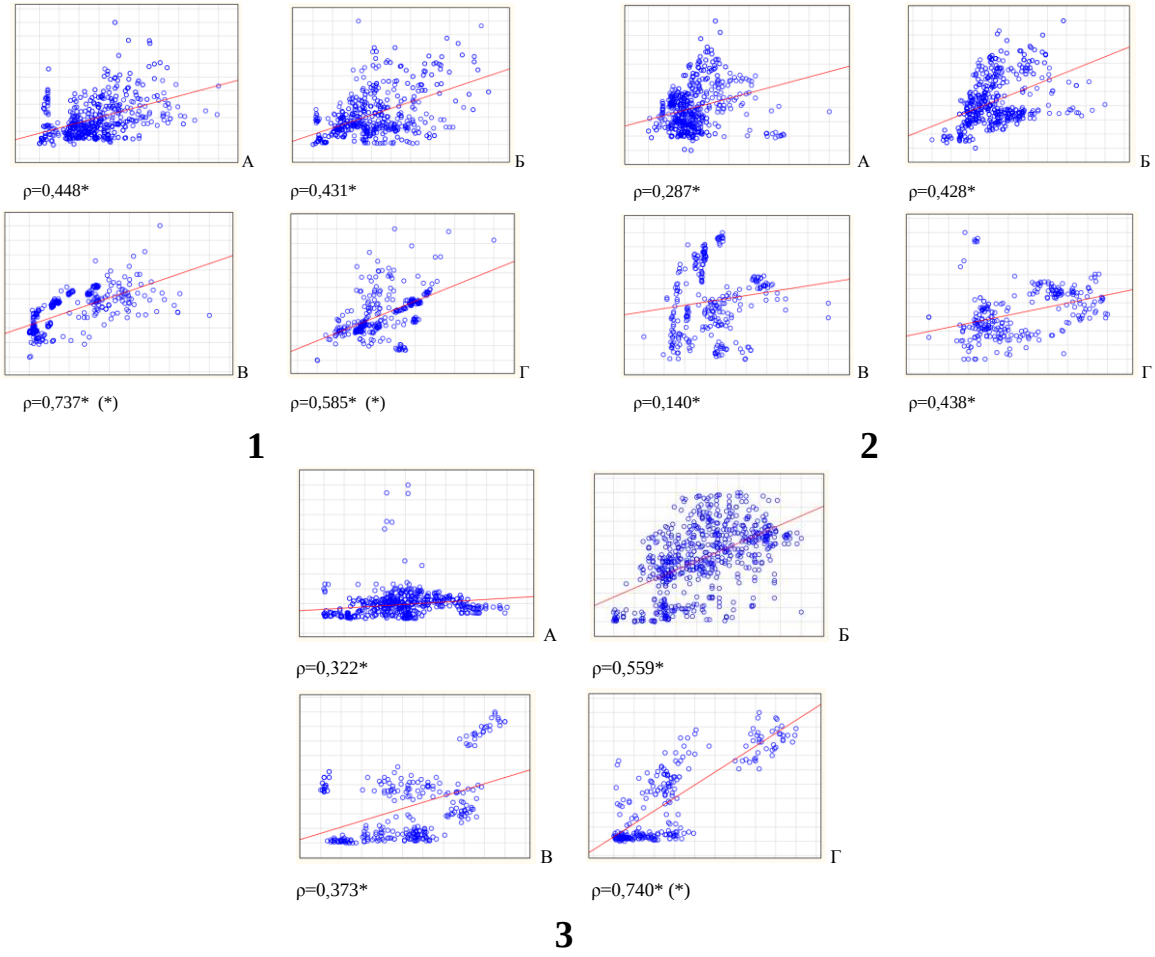


Рис. 1. Скоррелированность значений максимальной амплитуды (1), средней амплитуды (2) и средней частоты (3) электрической активности икроножной и длинной малоберцовой мышц

Примечание (здесь и далее): А – левая конечность, 1 группа; Б – правая конечность, 1 группа; В – левая конечность, 2 группа; Г – правая конечность, 2 группа; * – статистически значимые значения коэффициентов корреляции (p<0,05); (*) – статистически значимые различия коэффициентов корреляции между группами (p<0,05)

Сила и направленность корреляционных связей между значениями средней амплитуды ЭА икроножной и длинной малоберцовой мышц не имели статистически значимых различий между группами исследований (рис. 1.2). Между значениями средней частоты ЭА икроножной и длинной малоберцовой мышц также были выявлены положительные корреляционные связи средней силы в 1 группе исследования (рис. 1.3. А, Б). Во 2 группе исследования значения коэффициентов корреляции Спирмена составили 0,373 для левой конечности и 0,740 для правой. Это свидетельствует о наличии сильных положительных корреляционных связей между мышцами правой конечности (рис. 1.3. В, Г).

Таким образом, в проведенной серии исследований во 2 группе выявлены сильные положительные корреляционные связи между значениями максимальной амплитуды ЭА икроножной и длинной малоберцовой мышц левой конечности, а также между значениями средней частоты ЭА этих мышц правой конечности, что значимо отличает футболистов от нетренированных молодых людей.

Во второй серии исследования (длинные малоберцовые мышцы, мышцы, отводящие мизинец) у участников 1 группы обнаружена слабая отрицательная корреляционная связь (р=-0,162) между значениями максимальной амплитуды ЭА длинных малоберцовых мышц и мышц, отводящих мизинец, правой конечности (рис. 2.1. А, Б).

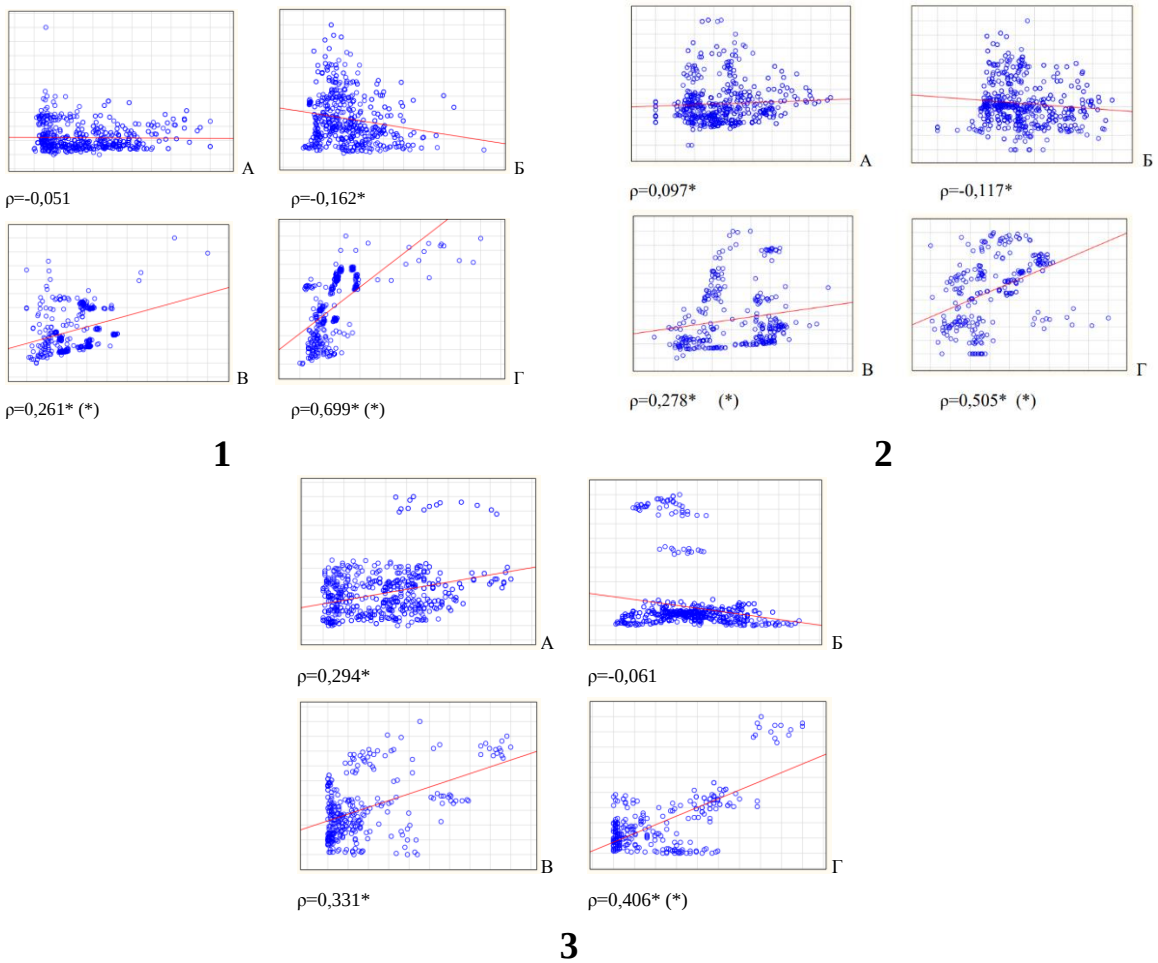


Рис. 2. Скоррелированность значений максимальной амплитуды (1), средней амплитуды (2) и средней частоты (3) электрической активности длинной малоберцовой мышцы и мышцы, отводящей мизинец

Во 2 группе исследования между аналогичными значениями левой конечности была обнаружена слабая положительная корреляционная связь (р=0,261), а правой – сильная положительная корреляционная связь (р=0,699) (рис. 2.1. В, Г). Аналогичная картина наблюдалась для значений средней амплитуды электрической активности исследуемых мышц (рис. 2.2. А-Г).

Значения коэффициентов корреляции, отражающие взаимоотношения средней частоты ЭА длинных малоберцовых мышц и мышц, отводящих мизинец в 1 группе исследования, свидетельствовали о слабой положительной корреляционной связи между мышцами левой конечности и ее отсутствии между мышцами правой (рис. 2.3. А, Б). Во 2 группе исследования между значениями средней частоты ЭА исследуемых мышц правой конечности выявлялась положительная корреляционная связь средней силы (рис. 2.3. Г).

В данной серии исследований во 2-й группе выявлена сильная положительная корреляционная связь между значениями максимальной амплитуды ЭА длинной малоберцовой мышцы и мышцы, отводящей мизинец правой конечности, что значимо отличает футболистов от нетренированных молодых людей. Следует отметить наличие положительных корреляционных связей средней силы между значениями средней амплитуды ЭА указанных мышц, а также между значениями средней частоты их ЭА правой конечности у футболистов, тогда как у нетренированных молодых людей в этих сопоставлениях обнаруживались слабые отрицательные корреляционные связи.

Анализ функциональной сопряженности мышц в третьей серии (передние большеберцовые мышцы, длинные разгибатели большого пальца стопы) выявил наличие положительной корреляционной связи средней силы между значениями максимальной амплитуды электрической активности передней большеберцовой мышцы и длинного разгибателя большого пальца стопы левой конечности как в 1-ой, так и во 2-ой группе исследования. Для мышц правой конечности между аналогичными значениями ЭА значимой корреляционной связи в 1-ой группе выявлено не было, тогда как во 2-ой группе обнаруживалась сильная положительная корреляционная связь (ρ=0,880) (рис. 3.1. А-Г).

Сила и направленность корреляционных связей между значениями средней амплитуды ЭА передней большеберцовой мышцы и длинного разгибателя большого пальца стопы не имели статистически значимых различий между группами исследований (рис. 3.2).

Значения коэффициентов корреляции, отражающие взаимоотношения средней частоты ЭА передней большеберцовой мышцы и длинного разгибателя большого пальца стопы в 1 группе исследования, свидетельствовали о слабых положительных корреляционных связях между мышцами как левой, так и правой конечностей (рис. 3.3. А, Б). Во 2 группе исследования между значениями средней частоты ЭА исследуемых мышц левой конечности выявлялась положительная корреляционная связь средней силы (рис. 3.3. В).

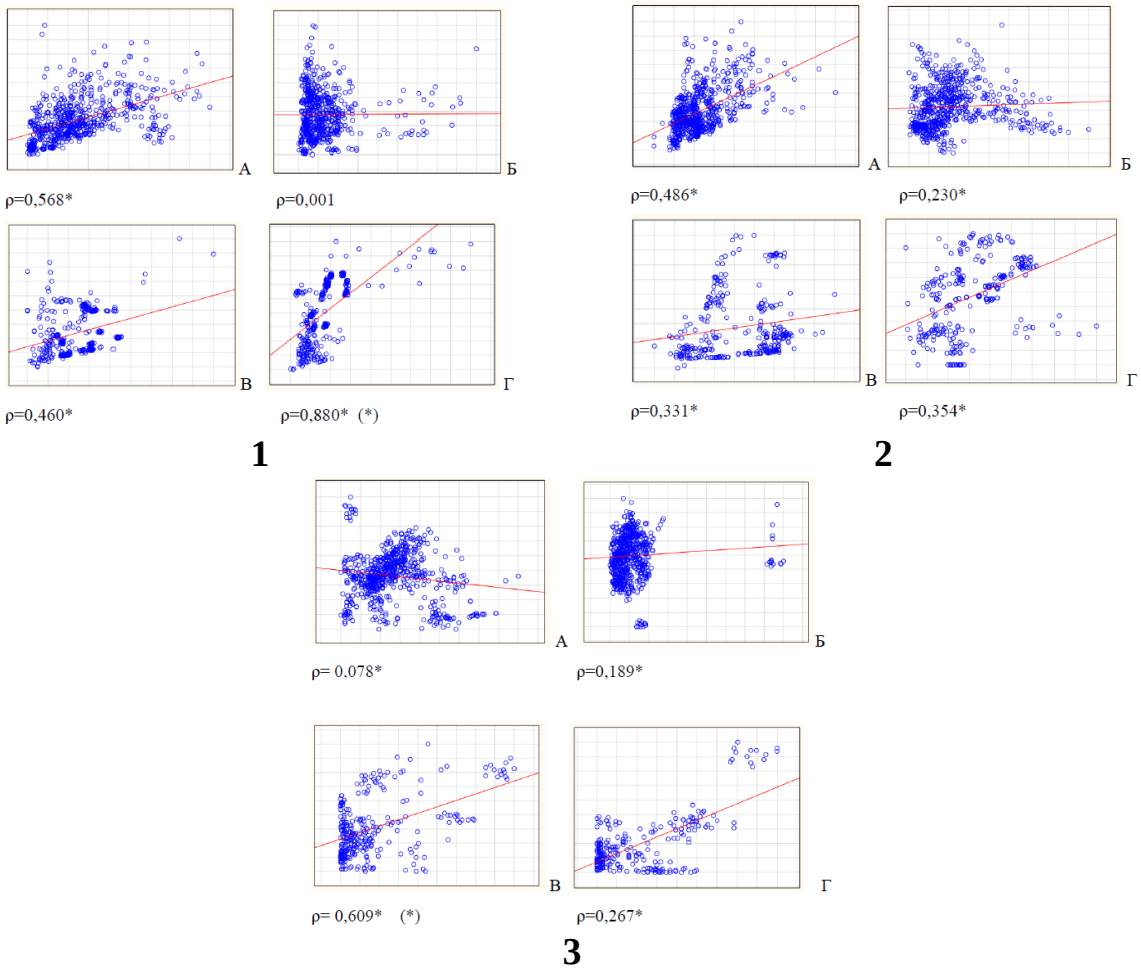


Рис. 3. Скоррелированность значений максимальной амплитуды (1), средней амплитуды (2) и средней частоты (3) электрической активности передней большеберцовой мышцы и длинного разгибателя большого пальца стопы

Следовательно, значимые отличия ЭА группы мышц: передняя большеберцовая – длинный разгибатель большого пальца стопы у футболистов состоят в наличии сильных положительных корреляционных связей между значениями максимальной амплитуды ЭА указанных мышц правой конечности и положительных корреляционных связей средней силы между значениями средней частоты ЭА левой конечности.

Таким образом, можно считать, что направленность и тесноту корреляционных связей в функциональных группах мышц-синергистов можно отнести к электрофизиологическим маркерам функциональной подготовленности футболистов.

Количественный анализ соотношения значений ЭА одноименных мышц левой и правой конечностей в первой серии исследования выявил что у участников 1 группы коэффициенты асимметрии ($К_{ас}$) были достаточно низкими (табл. 1).

Значения электрической активности участников исследования 2 группы свидетельствовали о наличии левосторонних асимметрий всех исследуемых параметров ЭА для икроножной мышцы и частотных характеристик ЭА для длинной малоберцовой мышцы. Для амплитудных характеристик ЭА длинной малоберцовой мышцы у участников исследования 2 группы, напротив, отмечались правосторонние асимметрии (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты асимметрии электрической активности икроножных и длинных малоберцовых мышц в 1 и 2 группах исследования, %, Me [Q1;Q3]

Мышцы	Параметры электрической активности			
	Макс. ампл., мкВ		Средн. ампл., мкВ	Средн. част., 1/с
Икроножная мышца	Группа 1	0,85 [-19,6; 24,3]	1,35 [-11,8; 15,3]	1,61 [-21,5; 22,7]
	Группа 2	-11,30 [-31,7; -5,7]*	-7,5 [-19,9; -0,6]*	-20,0[-40; -1,75]*
Длинная малоберцовая мышца	Группа 1	1,29 [-15,9; 23,7]	-1,29 [-16,3; 13,0]	-2,0 [-21,8; 13,2]
	Группа 2	29,24 [-27,43; 40,16]*	20,3 [-13,0; 34,9]*	-21,6 [-38,9; 15,2]*

Примечание (здесь и далее): * – статистически значимые различия между группами исследования ($p<0,05$)

Во 2 серии исследования во 2 группе значения K_{ac} также были достаточно низкими, что свидетельствовало об отсутствии выраженной асимметрии (табл. 2).

Значения K_{ac} амплитудных значений ЭА длинных малоберцовых мышц участников исследования 2 группы свидетельствовали о наличии выраженной правосторонней асимметрии. Для средней частоты ЭА длинных малоберцовых мышц и всех параметров ЭА мышц, отводящих мизинец была выявлена левосторонняя асимметрия (табл. 2).

В 3 серии исследования в 1 группе была обнаружена левосторонняя асимметрия значений максимальной амплитуды ЭА и средней частоты ЭА длинных разгибателей большого пальца стопы (табл. 3).

Таблица 2

Коэффициенты асимметрии электрической активности длинных малоберцовых мышц и мышц, отводящих мизинец, в 1 и 2 группах исследования, %, Me [Q1;Q3]

Мышцы	Параметры электрической активности			
	Макс. ампл., мкВ		Средн. ампл., мкВ	Средн. част., 1/с
Длинная малоберцовая мышца	Группа 1	-3,0 [-24,7; 27,9]	-2,53 [-22,4; 13,8]	3,86 [-27,5; 42,6]
	Группа 2	15,34 [-14,5; 43,5]*	26,37 [-19,9; 6,0]*	-16,8 [-40; 6,4]*
Мышца, отводящая мизинец	Группа 1	6,14 [-14,5; 37,4]	0,76 [-9,6; 21,4]	11,81 [-12,6; 66,1]
	Группа 2	-4,78 [-27,4; 18,4]*	-8,41 [-13,0; 7,4]*	-7,94 [-38,9; 25,0]

Таблица 3

Коэффициенты асимметрии электрической активности передних большеберцовых мышц и длинных разгибателей большого пальца в 1 и 2 группах исследования, Me [Q1;Q3]

Мышцы	Параметры электрической активности			
	Макс. ампл., мкВ		Средн. ампл., мкВ	Средн. част., 1/с
Передняя большеберцовая мышца	Группа 1	1,31 [-17,3; 18,7]	1,79 [-8,5; 13,9]	-1,06 [-8,7; 7,3]
	Группа 2	29,91 [-1,3; 44,2]*	25,69 [-6,7; 47,9]*	-20,32[-53,0; 5,5]*
Длинный разгибатель большого пальца стопы	Группа 1	-25,74 [-43,1; 4,1]	3,10 [-18,7; 31,0]	-14,72 [-34,9; 11,5]
	Группа 2	-4,25 [-10,1; 15,4]*	-13,22 [-26,6; 21,3]*	4,83 [-33,3; 33,3]

Значения K_{ac} ЭА участников исследования 2 группы свидетельствовали о наличии правосторонней асимметрии максимальной и средней амплитуды ЭА передних большеберцовых мышц. Значения средней частоты ЭА передней большеберцовой мышцы и средней амплитуды ЭА длинного разгибателя большого пальца стопы характеризовались левосторонней асимметрией (табл. 3).

Заключение. В проведенном исследовании выявлены особенности функциональных взаимоотношений мышц-синергистов, осуществляющих движение стопы, которые могут служить электрофизиологическими маркерами функциональной подготовленности футболиста. К ним можно отнести скоррелированность ЭА в группах мышц, в частности икроножная – длинная малоберцовая мышцы: сильная положительная корреляционная связь между значениями максимальной амплитуды ЭА левой конечности, а также между значениями средней частоты ЭА правой конечности; длинная малоберцовая мышца – мышца, отводящая мизинец: сильная положительная корреляционная связь между значениями максимальной амплитуды ЭА, положительная корреляционная связь средней силы между значениями средней амплитуды ЭА и между значениями средней частоты ЭА правой конечности; передняя большеберцовая мышца – длинный разгибатель большого пальца стопы: сильная положительная корреляционная связь между значениями максимальной амплитуды ЭА правой конечности и положительная корреляционная связь средней силы между значениями средней частоты ЭА левой конечности.

К электрофизиологическим маркерам функциональной подготовленности футболиста также можно отнести асимметрию ЭА мышц, осуществляющих движение стопы. В частности, икроножные мышцы: левосторонняя асимметрия значений максимальной амплитуды, средней амплитуды и средней частоты ЭА; длинные малоберцовые мышцы: правосторонняя асимметрия значений максимальной и средней амплитуды ЭА и левосторонняя асимметрия значений средней частоты ЭА; мышцы, отводящие мизинец: левосторонняя асимметрия значений максимальной амплитуды, средней амплитуды и средней частоты ЭА; передние большеберцовые мышцы: правосторонняя асимметрия значений максимальной и средней амплитуды ЭА, левосторонняя асимметрия значений средней частоты ЭА; длинные разгибатели большого пальца стопы: левосторонняя асимметрия значений средней амплитуды ЭА.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Avila, E. R. Advances in EMG measurement techniques, analysis procedures, and the impact of muscle mechanics on future requirements for the methodology / E. R. Avila, S. E. Williams, C. Disselhorst-Klug // Biomech. – 2023. – Vol. 156. – P. 111687.
2. Latash, M. L. Biomechanics and motor control: defining central concepts / M. L. Latash, V. M. Zatsiorsky. – NY. : Academic Press, 2016. – 401 p.
3. Cheung, V. C. K. Approaches to revealing the neural basis of muscle synergies: a review and a critique / V. C. K. Cheung, K. Seki // J. Neurophysiol. – 2021. – Vol. 125. – № 5. – P. 1580-1597.
4. Sawers, A. Long-term training modifies the modular structure and organization of walking balance control / A. Sawers, J. L. Allen, L. H. Ting // J Neurophysiol. – 2015. – Vol. 114. – № 6. – P. 3359-3373.
5. Завьялов, А. В. Соотношение функций организма (экспериментальные и клинико-физиологические аспекты) / А. В. Завьялов. – Москва: Медицина, 1990. – 158 с.
6. Шамардин, А. И. Оптимизация функциональной подготовленности футболистов / А. И. Шамардин. – Волгоград, 2000. – 276 с.
7. Нопин, С. В. Функциональные асимметрии ЭМГ активности и динамических характеристик у высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении соревновательного упражнения «рывок» / С. В. Нопин, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_20.

8. Латеральное регулирование физических нагрузок спортсменов: коллективная монография / Чермит К. Д., Карягина Н. В., Клименко А. А. [и др.]. – Майкоп: ЭлИТ, 2022. – 129 с.
9. Dynamic balance ability in young elite soccer players: implication of isometric strength / Chtara M., Rouissi M., Bragazzi N. [et al] // The Journal of sports medicine and physical fitness. – 2018. – Vol. 58. – № 4. – P. 414-420.
10.Bishop, C. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review / C. Bishop, A. Turner, P. Read // Journal of sports sciences. – 2018. – Vol. 36. – № 10. – P. 1135-1144.
11.Пантелеева, А. М. Особенности проявлений симметрии-асимметрии при статической нагрузке у футболистов-правшей / А. М. Пантелеева, Е. М. Бердичевская // Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации. – 2020. – № 1. – С. 205-207.
12.Необходимость учета функциональной асимметрии в начальной технической подготовке юных футболистов: миф или реальность? / М. О. Руденко, А. П. Золотарев, Р. З. Гакаме, М. Р. Григорьян // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2021. – № 4. – С. 63-68.
13.Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures / H. J. Hermens, B. Freriks, C. Disselhorst-Klug, G. Rau // J Electromyogr Kinesiol. – 2000. – Vol. 5. – № 10. – P. 361-374.
14.Николаев, С. Г. Атлас по электромиографии / С. Г. Николаев. – Иваново: ПресСто, 2010. – 468 с.
15.Городничев, Р. М. Спортивная электронейромиография. – Р. М. Городничев. – Великие Луки, 2005. – 229 с.
16.Грабиненко, Е. В. Особенности функциональной асимметрии мозга и коэффициента латерализации спортсменов в зависимости от специализации / Е. В. Грабиненко, В. В. Журба // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2017. – № 2 (6). – С. 22-24.

REFERENCES

1. Avila E.R., Williams S.E., Disselhorst-Klug C. Advances in EMG measurement techniques, analysis procedures, and the impact of muscle mechanics on future requirements for the methodology. *J Biomech*, 2023, vol. 156, p. 111687.
2. Latash M.L., Zatsiorsky V.M. Biomechanics and motor control: defining central concepts. NY: Academic Press, 2016. 401 p.
3. Cheung V.C.K., Seki K. Approaches to revealing the neural basis of muscle synergies: a review and a critique. *J Neurophysiol*, 2021, vol. 125, no. 5, pp. 1580-1597.
4. Sawers A., Allen J.L., Ting L.H. Long-term training modifies the modular structure and organization of walking balance control. *J Neurophysiol*, 2015, vol. 114, no. 6, pp. 3359-3373.
5. Zav'yalov A.V. Correlation of body functions (experimental, clinicaland physiological aspects). Moscow: Meditsina, 1990. p. 158. (in Russ.)
6. Shamardin A.I. Optimizing functional fitness of soccer players. Volgograd, 2000. 276 p. (in Russ.)
7. Nopin S.V., Koryagina Yu.V. Functional asymmetry of EMG activity and dynamic features in elite weightlifters when performing the competitive snatch. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_20. (in Russ.)
8. Chermit K.D., Karyagina N.V., Klimenko A.A., Shakhanova A.V., Zabolotnij A.G. Lateral regulation of athletes' physical activity: a collective monograph. Maikop: ElIT, 2022. 129 p. (in Russ.)
9. Chtara M., Rouissi M., Bragazzi N., Owen A.L., Haddad M., Chamari K. Dynamic balance ability in young elite soccer players: implication of isometric strength. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 2018, vol. 58, no. 4, pp. 414-420.
10. Bishop C., Turner A., Read P. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *Journal of sports sciences*, 2018, vol. 36, no. 10. pp. 1135-1144.
11. Panteleeva A.M., Berdichevskaya E.M. Peculiarities of symmetry-asymmetry in case of static load in right-handed soccer players. *Resources of Competitiveness of Athletes: Theory and Practice of Implementation*, 2020, no. 1, pp. 205-207. (in Russ.)
12. Rudenko M.O., Zolotarev A.P., Gakame R.Z., Grigor'yan M.R. The need то take into account functional asymmetry in the initial technical training of young football players: myth or reality? *Physical Education, Sports – Science and Practice*, 2021, no 4, pp. 63-68. (in Russ.)
13. Hermens H.J., Freriks B., Disselhorst-Klug C., Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*, 2000, vol. 5, no. 10, pp. 361-374.
14. Nikolaev S.G. Electromyography atlas. Ivanovo: PresSto, 2010. 468 p. (in Russ.)
15. Gorodnichev R.M. Sports electroneuromyography. Velikiye Luki, 2005. 229 p. (in Russ.)

16. Grabinenko E.V., Zhurba V.V. Features of functional asymmetry of the brain and the coefficient of lateralization of athletes depending on the specialization. *Health, Physical Culture and Sports*, 2017, no. 2 (6), pp. 22-24. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Евгений Анатольевич Бобровский – старший преподаватель кафедры физической культуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Курск, e-mail: bobrowsky.eugeny2017@yandex.ru.
Ирина Леонидовна Привалова – доктор биологических наук, профессор кафедры нормальной физиологии им. А.В. Завьялова, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Курск, e-mail: ir_priv@mail.ru.
Елена Анатольевна Бобровская – доктор медицинских наук, профессор кафедры хирургических болезней Института непрерывного образования, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации организация, Курск, e-mail: ea-bobrovskaya@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Evgenij A. Bobrovskij – Senior Lecturer of the Department of Physical Culture, Kursk State Medical University, Kursk, e-mail: bobrowsky.eugeny2017@yandex.ru.
Irina L. Privalova – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Normal Physiology named after A.V. Zavyalov, Kursk State Medical University, Kursk, e-mail: ir_priv@mail.ru.
Elena A. Bobrovskaya – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Surgical Diseases of the Institute of Continuing Education, Kursk State Medical University, Kursk, e-mail: ea-bobrovskaya@yandex.ru.

Для цитирования: Бобровский, Е. А. Исследование взаимоотношений электрической активности мышц, осуществляющих движения стопы, у футболистов / Е. А. Бобровский, И. Л. Привалова, Е. А. Бобровская // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_3

For citation: Bobrovskij E.A., Privalova I.L., Bobrovskaya E.A. Relationship between the electrical activities of the muscles that perform foot movements in soccer players. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_3