

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АСИММЕТРИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЮНЫХ ФЕХТОВАЛЬЩИКОВ

С.В. Седоченко, А.В. Черных

Рассмотрены электронейромиографические параметры асимметрии фехтовальщиков 13–14 лет. Выявлено влияние стандартной нагрузки на степень активации мышц голени фехтовальщиков в различных статических позах. Изучалась динамика коэффициента реципрокности и темпа прироста/регресса электронейромиографических амплитудных показателей большеберцовых и камбаловидных мышц до и после «боя с тенью».

Ключевые слова: электронейромиография, параметры асимметрии, фехтовальщики, активация камбаловидной и большеберцовой мышц, коэффициент реципрокности.

В зависимости от степени влияния специфической нагрузки на опорно-двигательный и связочно-мышечный аппарат спортсменов выделяют симметричные, асимметричные и смешанные виды спорта [1, 7]. Фехтование относится к асимметричным видам спорта, поскольку нагрузка на каждую конечность разнонаправлена и основная оперативная поза спортсмена в процессе выполнения технико-тактических действий асимметрична, что стимулирует формирование доминантных и субдоминантных конечностей [4, 6]. Специфическая работа мышц каждой конечности спортсмена запускает адаптационные процессы, одним из которых и является асимметризация. Однако вследствие перенапряжения ведущих конечностей и недостаточности нагрузки субдоминантных диссимиляционные процессы активируются и приводят к повышенной утомляемости и нерациональным энерготратам каждой конечности [1, 4, 5, 6, 7].

Целью настоящей работы является изучение параметров мышечной асимметрии фехтовальщиков, выявление степени активации мышц антагонистов голени в покое и в оперативной позе. Объект исследования – мышечная асимметрия фехтовальщиков в покое и в оперативной позе. Предмет исследования – электронейромиографические (ЭНМГ) параметры мышц, участвующих в поддержании положений покоя и оперативной позы.

Методы исследования – метод исследования электрической активности мышц с помощью нейромиоанализатора НМА-4-01 «Нейромиан» (НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог) с биологической обратной связью, методы математической статистики.

Для уточнения проявлений особенностей мышечной асимметрии нижних конечностей использовался метод интерференционной электронейромиографии с расстановкой электродов [2, 3] на мышцы голени (камбаловидная (m. Soleus) и большеберцовая (m. tibialis ant.)) для исследования суммарной биоэлектрической активности мышц, в покое сидя, стоя и в оперативной позе. Изучались следующие параметры: амплитуда (мкВ) и частота (1/с) активации камбаловидных и большеберцовых мышц обеих конечностей, коэффициент реципрокности мышц до и после нагрузки и темп прироста регресса амплитудных ЭМГ показателей. Исследование проводилось до и после стандартной нагрузки «бой с тенью». В исследовании приняли участие 76 фехтовальщиков-рапиристов, средний возраст $13,5 \pm 0,5$ лет, уровень квалификации I разряд – КМС (таблица).

ЭМГ показатели активации мышц голени фехтовальщиков до и после нагрузки (n=76)

Положение	Мышца	До нагрузки				После нагрузки			
		Амп., мкВ		Част., 1/с		Амп., мкВ		Част., 1/с	
		М	± m	М	± m	М	± m	М	± m
Покой сидя	S. tibialis ant.	69,67	0,91	17,62	0,40	10,14	0,35	0,37	0,18
	S. soleus	81,17	10,75	10,02	0,61	25,04	1,49	1,04	0,37
	D. tibialis ant.	67,50	10,38	7,32	0,64	16,75	0,53	0,18	0,08
	D. soleus	90,58	3,73	10,75	0,49	21,04	2,16	0,45	0,17
Покой стоя	S. tibialis ant.	71,75	4,55	26,38	0,90	14,77	1,44	0,00	0,00
	S. soleus	120,75	9,17	33,08	1,43	47,67	2,68	9,20	0,45
	D. tibialis ant.	48,50	1,57	11,08	0,29	119,42	14,02	47,31	7,50
	D. soleus	112,75	7,34	30,92	0,39	86,08	5,71	29,46	1,00
Оперативная поза	S. tibialis ant.	123,92	6,29	34,38	3,14	118,50	4,80	2,12	0,33
	S. soleus	146,83	6,47	29,85	2,56	51,33	1,00	16,23	0,46
	D. tibialis ant.	204,67	14,49	33,08	2,93	101,58	3,16	32,54	4,26
	D. soleus	197,92	16,74	36,38	1,71	84,08	5,84	32,69	2,23

Примечание: S. tibialis ant. – левая большеберцовая мышца; S. Soleus – левая камбаловидная мышца; D. tibialis ant. – правая большеберцовая мышца; D. Soleus – правая камбаловидная мышца; Амп. – амплитуда, размах ЭМГ сигнала; Част. – частота, число основных колебаний (рассчитывается как число значимых пересечений базовой линии за 1 с)

Изучение показателей до нагрузки в покое сидя показывает незначительную разницу амплитудных характеристик обеих ног. В ортоградной позе наиболее активированы камбаловидные мышцы обеих ног, что подтверждает усиление работы на поддержание равновесия и сопротивление падению вперед, причем различие в показателях с мышцами антагонистами достаточно велико. Наименьшие значения параметров имеет правая большеберцовая мышца.

Частотные характеристики дублируют амплитудные. В оперативной позе активнее работают левая камбаловидная и правая большеберцовая мышцы, но показатели мышц антагонистов имеют незначительные различия. Инверсия частотных характеристик по отношению к амплитудным наблюдается в обеих ногах.

Таким образом, исходя из общего анализа ЭНМГ данных можно заключить, что до выполнения стандартной нагрузки мышцы голени фехтовальщиков имеют высокие показатели в покое сидя, что говорит о сохранившейся переактивации (то есть не полном восстановлении). В положении стоя обращает на себя внимание недостаточность активации большеберцовых мышц за счет неполного разгибания в коленных суставах. В оперативной позе заметны латеральные различия (преобладание активации правой ноги) у фехтовальщиков, что связано с увеличением ее опорной функции.

При сравнении полученных данных до и после стандартной нагрузки в положении сидя сохраняется тенденция к активации камбаловидных мышц, но значения показателей более низкие в сравнении с аналогичными до нагрузки. При поддержании позы стоя выявлено резкое увеличение параметров правой большеберцовой мышцы, в сочетании со снижением остальных показателей. В частотных показателях обнаружен прогресс в значениях правой ноги и регресс в левой. Анализ данных оперативной позы после «боя с тенью» показывает уменьшение активации всех исследуемых мышц. Частотные данные левой ноги значительно различаются, в камбаловидной мышце они выше более чем в 7 раз, причем в противоположность амплитудным значениям, а в правой ноге схожие. Такие показатели подтверждают наличие утомления в левой камбаловидной мышце.

Таким образом, исходя из общего анализа ЭНМГ данных можно заключить, что после стандартной нагрузки в амплитудных и частотных показателях мышц голени фехтовальщиков замечен значительный регресс данных в покое сидя, что говорит об утомляемости исследуемых мышц. В положении стоя обращает на себя внимание высокие латеральные различия (более чем в 2 раза), активация правой ноги преобладает в амплитудных значениях, а в частотных характеристиках они еще выше, что говорит о нерациональной нагрузке на обе конечности. В оперативной позе выявлено снижение активации всех исследуемых мышц, обусловленное утомлением, что подтверждает неустойчивое положение спортсменов фехтовальщиков.

Корреляционный анализ показателей до и после нагрузки выявил сложные прямые и обратные зависимости активации мышц нижних конечностей, особенно важными из которых представляются: обратная корреляция левой большеберцовой мышцы в покое сидя до нагрузки с правой камбаловидной мышцей сидя и с ней же в оперативной позе после нагрузки ($r < 0,05$). Обнаружена обратная корреляционная зависимость левой большеберцовой мышцы в оперативной позе после нагрузки от

левой камбаловидной мышцы в покое сидя до нагрузки ($r < 0,05$). Далее хотелось описать корреляционные взаимосвязи ($r < 0,05$) мышц нижних конечностей до выполнения стандартной нагрузки фехтовальщика. Активация левой камбаловидной мышцы в покое сидя имеет обратную корреляцию с обеими мышцами левой ноги в оперативной позе. Левая большеберцовая мышца в ортоградной позе имеет прямую взаимосвязь с мышцами, выполняющими удержание оперативной позы (левой камбаловидной и правой большеберцовой). Так же обратная корреляционная зависимость выявлена между правой большеберцовой в позе стоя и левой камбаловидной мышцей в оперативной позе. Правая камбаловидная мышца при стоянии имеет обратную связь с левой большеберцовой.

Таким образом, из проведенного анализа видно, что ЭМГ показатели активации мышц нижних конечностей фехтовальщиков в покое сидя и стоя имеют ряд корреляционных взаимосвязей с ЭМГ параметрами оперативной позы, это дает основание утверждать: что рационально скорректированная ортоградная поза позволяет воздействовать на оптимизацию оперативной позы фехтовальщиков.

Электронеуромиографический коэффициент реципрокности мышц (КР, %) отражает координационное отношение мышц. До выполнения стандартной нагрузки в покое сидя коэффициент реципрокности (КР) составил для левой ноги 85 %, а для правой 74 %, при поддержании ортоградной позы – 59 и 43 % соответственно (рис. 1).

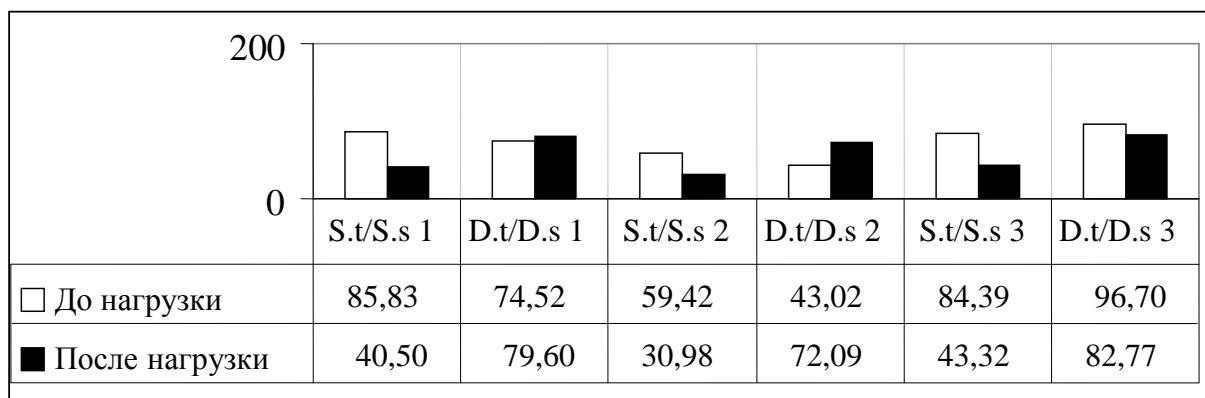


Рис. 1. Соотношение коэффициента реципрокности мышц голени до и после нагрузки фехтовальщиков:

S.t/S.s. – коэффициент реципрокности левой ноги; D.t/D.s. – коэффициент реципрокности правой ноги; 1 – в покое сидя; 2 – в покое стоя; 3 – в оперативной позе

В оперативной позе соотношение меняется: для левой ноги КР составляет 84 %, а для правой – 96 %. Очевидно, при выполнении боевой

стойки взаимодействие мышц в системе синергист – антагонист имеет не только значительные латеральные различия, но и преобладание реципрокности мышц левой ноги в покое, переходящее в правую нижнюю конечность, при удержании оперативной позы (см. рис. 1).

После реализации «боя с тенью» у фехтовальщиков КР в покое сидя для левой ноги 40 %, а для правой 79 %; стоя соотношение меняется незначительно 30 и 72 %; в оперативной позе соотношение практически не меняется – 43 и 83 % соответственно. Обращает на себя внимание значительная разница значений КР после нагрузки, очень высокий процент справа и средненизкий слева. Также хотелось бы отметить, что различие КР правой и левой ноги до нагрузки составляло 11–16 %, а после нагрузки возросло до 39–42 %.

Полученные результаты являются бесспорным подтверждением увеличения латеральной асимметрии нижних конечностей, связанного с утомлением вследствие нагрузки.

Исходя из данных рис. 1, можно заметить, что после стандартной нагрузки фехтовальщиков «бой с тенью» показатели коэффициента реципрокности мышц вдвое (и более) ниже во всех положениях левой ноги. В показателях правой ноги выявлен прирост исследуемых параметров в положении сидя и стоя и незначительный регресс в оперативной позе (см. рис. 1).

В процессе изучения темпов прироста/регресса ЭНМГ показателей фехтовальщиков замечено: в покое сидя регресс показателей до и после нагрузки в высоких значениях в диапазоне $-85,45 \div -69,5$ (рис. 2).

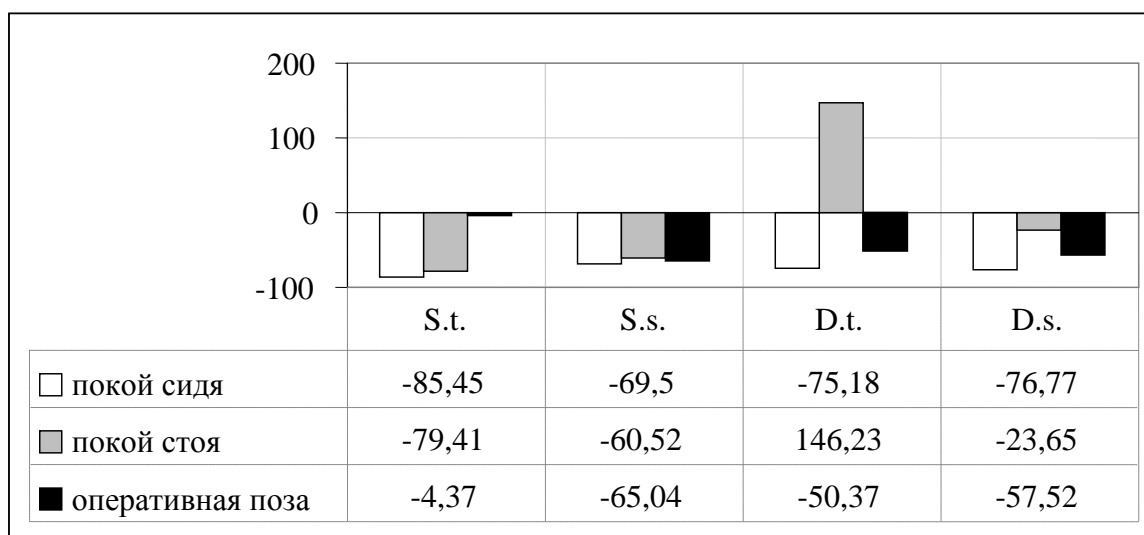


Рис. 2. Темп прироста/регресса электронейромиографических показателей фехтовальщиков до и после нагрузки

S. t. – левая большеберцовая мышца; *S. s.* – левая камбаловидная мышца; *D. t.* – правая большеберцовая мышца; *D. s.* – правая камбаловидная мышца

В покое стоя выявлена разнонаправленная динамика значений: в обеих мышцах левой ноги регресс показателей имел высокие значения и незначительные отличия, а в правой большеберцовой мышце обнаружен резкий скачок прироста в сочетании со средненизкими значениями регресса правой камбаловидной мышцы. В оперативной позе фехтовальщиков отмечены самые низкие показатели темпа регресса, особенно в левой большеберцовой мышце, а в остальных исследуемых мышцах данные имели средние значения. Подобные показатели подтверждают присутствие утомления нижних конечностей и отсутствие достаточной устойчивости вертикальной и оперативной поз.

Выводы. Исходя из изучения ЭНМГ показателей фехтовальщиков, корреляционного и регрессионного анализов можно заключить, что в положении сидя до и после нагрузки наиболее активируются камбаловидные мышцы, то же можно сказать и о положении стоя до нагрузки, в то время как после нагрузки отмечена разнонаправленность процессов активации (в левой ноге активирована камбаловидная, а в правой большеберцовая мышцы). В оперативной позе после нагрузки наиболее активируются большеберцовые мышцы. Коэффициент реципрокности мышц охарактеризовал рост асимметрии активации мышц ног после нагрузки. Корреляционный анализ выявил зависимость ЭМНГ параметров исследуемых мышц в оперативной позе от данных, полученных в основной стойке. Анализ темпа прироста/регрессии показателей до и после «боя с тенью» у фехтовальщиков подтвердил наличие утомления в исследуемых мышцах, особенно в левой большеберцовой.

Опираясь на полученные результаты, приходим к выводу, что для поддержания оперативной и ортоградной поз фехтовальщикам до и после нагрузки необходима не только достаточно развитая мускулатура голени, способствующая поддержанию поструральной устойчивости, но и рациональное построение самой позы.

Список литературы

1. Балкарова Е.О., Блюм Ю.Е. Динамика мышечных асимметрий в условиях физических нагрузок // Вестник восстановительной медицины. 2008. № 6. С. 81.
2. Влияние конфигурации электродов на скорость проведения возбуждения при регистрации интерференционной электромиограммы / Л. Христова [и др.] // Физиология человека. 2008. Т. 34. №6. С. 100–105.

3. Зайцев К.С., Эйхман Е.А. Применение метода электронеуромиографии в спорте // Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений. 2014. Т. 2. С. 160–170.

4. Особенности внутримышечной деятельности фехтовальщиков-рапиристов при выполнении технических приемов / Е.Н. Медведева [и др.] // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 1 (107). С. 109–114.

5. Особенности поддержания вертикальной позы с учетом индивидуального профиля асимметрии у спортсменов, специализирующихся в игровых видах спорта / А.С. Тришин [и др.] // Управление движением (Motor Control 2014): материалы V Рос. с межд. участием конф. по управлению движениями. Петрозаводск, 2014. С. 64.

6. Седоченко С.В., Германов Г.Н., Сабирова И.А. Влияние вида спорта на особенности функциональных мышечных асимметрий у фехтовальщиков и теннисистов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 2 (120). С. 139–144.

7. Функциональные асимметрии как фактор адаптации системы контроля вертикальной позы в спорте / Е.М. Бердичевская [и др.] // Адаптация в спорте: состояние, перспективы, проблемы: материалы межд. науч. конф. СПб., 2009. С. 54–55.

Седоченко Светлана Владимировна, зав. лабораторией, преп. 02051970@mail.ru, Россия, Воронеж, Воронежский государственный институт физической культуры,

Черных Анна Витальевна, канд. мед. наук, ст. преп., genchay@mail.ru, Россия, Воронеж, Воронежский государственный институт физической культуры

STUDY ELECTRONEUROMYOGRAPHIC ASYMMETRYC PARAMETERS OF LOWER LIMB FENCERS

S.V. Sedochenko, A.V. Chernykh

The article discusses the asymmetry parameters electroneuro-myographic fencers of 13-14 years. The effect of the standard load on the degree of activation of the leg muscles fencers in a variety of static poses. The dynamics of the coefficient of reciprocity and the rate of growth / regress electroneuro-myographic amplitude parameters tibias and coleus muscle before and after the "fight with the shadow."

Key words: electroneuro-myography, asymmetry parameters, fencers, the activation of the coleus and tribalism muscle ratio reciprocity.

Sedochenko Svetlana Vladimirovna, head of the Laboratory, lecturer, 02051970@mail.ru, Russia, Voronezh, Voronezh State Institute of Physical Culture,

Chernykh Anna Vitalevna, candidate of medical Sciences, senior lecturer, genchay@mail.ru, Russia, Voronezh, Voronezh State Institute of Physical Culture