

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ, СПОРТИВНОЇ МЕДИЦИНИ ТА АДАПТИВНОГО ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ

ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ-БИАТЛОНИСТОВ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНДЕРНЫХ ГРУПП



Колосова Елена, Халявка Татьяна

Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина

Анотація

Досліджували функціональний стан нервово-м'язової системи у спортсменів-біатлоністів за допомогою електронейроміографічних (ЕНМГ) методів. У 27% спортсменів спостерігаються відхилення ЕНМГ-параметрів від норми. Виявлені гендерні відмінності. Запропоновано динамічний показник, який характеризує стабільність ЕНМГ-параметрів з плином часу. Отримані результати свідчать про високу інформативність ЕНМГ-методу дослідження.

Ключові слова: електронейроміографія, Н-рефлекс, біатлон, швидкість проведення імпульсу, гендерні відмінності.

Annotation

The functional state of the neuromuscular system of athletes performing in biathlon was tested with use of stimulation electromyography. It was found that 27% of tested athletes had deviations in the electromyographic parameters from the established standard. Gender differences were found. Dynamic index was suggested to characterize stability of ENMG-parameters in time. The obtained data indicate high information capacity of ENMG-method.

Keywords: stimulation electromyography, H-reflex, biathlon, nerve conduction velocity, gender differences.

Постановка проблеми. Аналіз окремих досліджень і публікацій. Дані багатьох дослідників в області спорту вищих досягнень [1, 2] свідчать про важливість проведення контролю над станом організму спортсменів для оцінки готовності к виконанню значущих навантажень, ефективності функціонування різних фізіологічних систем, ступені мобілізації і використання резервних можливостей організму, направленості і ефективності тренувального впливу навантажень.

Високий рівень фізичної працездатності спортсмена обумовлюється функціональними властивостями і станом всіх систем організму, в тому числі – нервно-м'язової системи, дуже чутливою до різних фізіологічних і патологічних процесів, що відбуваються в організмі. Перспективним методом діагностики функціонального стану нервно-м'язової системи у спортсменів може бути дослідження з використанням стимуляційної електроміографії, поширене в клініці, в



Таблица 1

Электронейромиографические показатели (mean se) у спортсменов-биатлонистов в 2013 и 2015 гг.: сравнение групп нормы и нарушений.

ЭНМГ-параметр,	Норма	Сторона	Группа 1 (норма)		Группа 2 (нарушения)	
			2013	2015	2013	2015
ПН, Ма	3-12	ПК	10,5±1,0	8,8±1,3	11,9±3,7	10,7±0,9
		ЛК	9,4±0,8	8,4±1,0	12,1±4,7	7,0±0,8
ПМ, МА	5-20	ПК	15,6±1,5	14,3±2,4	15,5±4,2	11,8±0,6
		ЛК	14,5±1,7	13,0±1,7	13,9±4,5	7,5±1,3
ПН / ПМ, усл. ед.	<1	ПК	0,69±0,04	0,67±0,05	0,76±0,04	0,89±0,03
		ЛК	0,69±0,03	0,67±0,03	0,85±0,06	0,94±0,05
Н _{макс} , мВ	3-12	ПК	6,5±0,9	5,8±0,6	1,8±0,5*	1,8±0,1*
		ЛК	7,4±0,9	6,1±2,4	1,2±0,4*	2,2±0,5*
М _{макс} , мВ	3-15	ПК	10,5±1,1	10,6±1,1	11,0±1,8	11,0±1,1
		ЛК	12,3±1,1	10,4±1,4	11,0±2,8	13,0±2,2
Н _{макс} /М _{макс} , %	40-100	ПК	62,5±5,6	51,3±4,3	15,7±1,5*	16,8±1,9*
		ЛК	58,6±5,5	55,2±5,3	10,7±0,9*	17,6±6,4*
СПИ n.tibialis	35-55	ПК	40,7±1,2	42,1±1,2	41,2±4,2	46,0±2,0
		ЛК	42,0±1,1	40,4±0,9	40,5±3,0	45,3±5,3
СПИ n.medianus	50-65	ПК	57,2±1,1	57,1±1,2	59,8±2,1	51,5±6,5
		ЛК	58,1±1,0	57,6±1,0	56,7±3,1	56,7±0,5
СПИ n.ulnaris	50-65	ПК	55,9±1,4	52,2±1,2	53,9±3,3	52,2±1,6
		ЛК	56,4±1,6	51,6±1,1	56,1±3,5	48,8±1,3

Примечание. *Достоверность различий между группами 1 и 2 $p < 0,01$.

частности Н-рефлексометрия камбаловидной мышцы голени, с помощью которой можно оценить состояние сегментарного аппарата уровня L_v—S₁ пояснично-крестцового отдела спинного мозга у спортсменов. Именно этот отдел позвоночника испытывает наибольшие нагрузки во время тренировок [3-5].

Целью нашей работы было исследование электронейромиографических (ЭНМГ) показателей функционального состояния нервно-мышечной системы у высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в биатлоне, изменения ЭНМГ-параметров с течением времени, а также гендерных различий.

Методы и организация ис-

следования. В исследованиях принимали участие 29 высококвалифицированных спортсменов-биатлонистов (мастеров спорта и мастеров спорта международного класса) в возрасте от 18 до 30 лет, из них 14 человек – в 2013, и 15 – в 2015 гг.

Электронейромиографическое исследование проводили на нейродиагностическом комплексе Nicolet Viking Select (США-Германия). Использовали методику определения скорости проведения нервного импульса по моторным (двигательным) волокнам различных нервов верхних и нижних конечностей, а также методику Н-рефлексометрии [3, 4].

При исследовании верхних

конечностей тестируемый спортсмен находился в положении сидя, руки свободно располагались на кушетке. Проводили электрическую стимуляцию срединного нерва (n.medianus) в области запястья и локтевого сустава с регистрацией М-ответа (прямого ответа мышцы на раздражение моторных волокон нерва) от мышцы, приводящей большой палец (m.abductor pollicis brevis); стимуляцию локтевого нерва (n.ulnaris) в области запястья и локтевого сустава с регистрацией М-ответов от мышцы, приводящей мизинец (m.abductor digiti minimi).

При исследовании нижних конечностей спортсмен находился в положении лежа на животе, стопы свободно свисали с кушетки. Н-рефлекс камбаловидной мышцы (m.soleus) вызывали биполярной чрезкожной стимуляцией большеберцового нерва (n.tibialis) в подколенной ямке. Для регистрации М-ответов от мышцы короткого сгибателя пальцев (m.flexor hallucis brevis) проводили стимуляцию большеберцового нерва (n.tibialis) в подколенной ямке и области ззади от медиального надмыщелка. Для регистрации электромиографических сигналов использовали пару стандартных поверхностных электродов с межэлектродным расстоянием 20 мм.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализировались следующие ЭНМГ-параметры: П_н и П_м (пороги возникновения Н-ответа и М-ответа, П_н/П_м (соотношение порогов возникновения Н- и М-ответов), Н_{макс} и М_{макс} (амплитуды максимального Н-ответа и максимального М-ответа), Н_{макс}/М_{макс} (соотношение амплитуд максимальных Н- и М-ответов в %). Были также получены значения скоростей проведения импульса (СПИ) по моторным волокнам большеберцового, срединного и локтевого нервов. Анализировали показатели для правой конечности (ПК) и



Таблица 2

**Электронейромиографические показатели
(mean se) у спортсменов-биатлонистов в 2013
и 2015 гг.: сравнение гендерных групп**

ЭНМГ-параметр,	Норма	Сторона	Мужчины		Женщины	
			2013	2015	2013	2015
ПН, мА	3-12	ПК	8,5±0,9	6,0±1,6	12,5±1,3	11,7±1,4
		ЛК	8,3±1,2	5,8±1,8	10,6±0,9	10,1±0,9
ПМ, мА	5-20	ПК	13,9±2,3	8,9±2,9	17,4±1,8	19,7±2,5
		ЛК	12,8±2,3	7,8±2,5	16,1±2,6	16,2±1,4*
ПН / ПМ, усл. ед.	<1	ПК	0,65±0,06	0,73±0,08	0,73±0,04	0,60±0,04
		ЛК	0,68±0,06	0,76±0,05	0,69±0,05	0,62±0,03
Нмакс, мВ	3-12	ПК	8,2±1,3	5,7±0,7	4,8±0,7	5,9±0,9
		ЛК	8,9±1,1	6,3±0,8	5,8±1,3	5,9±1,1
Ммакс, мВ	3-15	ПК	12,1±1,4	12,0±1,1	8,8±1,4	8,6±2,0
		ЛК	14,8±1,2	11,2±2,0	9,8±0,9*	9,5±2,1
Нмакс/Ммакс, %	40-100	ПК	65,2±6,1	47,1±3,0	59,7±9,8	59,7±11,3
		ЛК	60,5±5,8	60,1±8,7	56,7±9,8	50,4±6,4
СПИ n.tibialis	35-55	ПК	42,3±1,8	42,7±1,4	39,3±1,2	40,9±2,5
		ЛК	42,3±1,7	41,6±1,4	41,6±1,5	39,2±1,2
СПИ n.medianus	50-65	ПК	57,0±0,9	56,9±1,6	57,4±2,0	57,3±2,0
		ЛК	59,4±1,6	57,4±1,7	56,4±0,6	57,7±1,3
СПИ n.ulnaris	50-65	ПК	57,8±2,7	50,2±0,6	54,4±1,0	54,2±2,2
		ЛК	57,8±1,9	50,3±1,7	54,6±2,6	52,4±1,4

Примечание. *Достоверность различий между группами мужчин и женщин $p < 0,05$

левой конечности (ЛК).

По результатам исследований 2013 г. спортсмены, специализирующиеся в биатлоне, были разделены на 2 группы. В группе 1 (10 человек) ЭНМГ-параметры находились в пределах нормы, в то время как в группе 2 (4 человека, из них 2 мужчины и 2 женщины) наблюдались значительные отклонения показателей от нормальных значений (табл. 1).

Аналогично спортсмены-биатлонисты были разделены по результатам исследований 2015 года. При этом в группе 1 было 11 человек, в то время как в группе 2 – 4 человека, из них: 2 мужчины и 2 женщины (табл. 1).

Нарушения были однонаправленными для групп спортсменов, исследуемых в 2013

и 2015 гг., и характеризовались тенденцией к увеличению соотношения порогов возникновения Н- и М-ответов, достоверным снижением амплитуд Н-ответов и соотношений амплитуд Н- и М-ответов (табл. 1). В то же время параметры М-ответов (порог, амплитуда) не имели достоверных отличий в двух группах (табл. 1). Это же касалось и скоростей проведения импульса по моторным волокнам n. tibialis, n. medianus и n. ulnaris (табл. 1).

Можно предположить, что у спортсменов из групп 2 происходят патологические изменения в структурах дуги моносинаптического рефлекса, затрагивающие в основном ее афферентную часть, являющуюся более восприимчивой к гипоксии, ишемии и (или)

компрессии. Причиной таких изменений может являться спазм глубоких мышц и связок позвоночного столба, вызванный травмой позвоночника либо длительной и регулярной повышенной, а часто и асимметричной, нагрузкой на его пояснично-крестцовый отдел, сопутствующей спортивным тренировкам.

Следует отметить, что процент тестируемых с нарушениями в группе спортсменов 2013 г. примерно такой же, как и в 2015 г. Одинаков и гендерный состав групп, что может свидетельствовать об однородности групп спортсменов-биатлонистов.

Полученные результаты согласуются с данными исследований, в которых определялись различия показателей функционального состояния нервно-мышечной системы в группе нормы и в группе пациентов с остеохондрозом позвоночника [6]. Значения ЭНМГ-параметров и общие характеристики Н- и М-ответов оказались аналогичными для первой и второй групп.

Для исследования гендерных различий спортсмены-биатлонисты из групп 1 (ЭНМГ-параметры в пределах нормы) были разделены на группы мужчин и женщин. В 2013 г. в группах мужчин и женщин было по 5 человек; в 2015 г. группа мужчин состояла из 5, а женщин – из 6 человек. Обнаружены некоторые различия между группами, а именно, – пороги возникновения Н- и М-ответов у женщин были больше по сравнению с мужчинами, что может быть связано с большей толщиной подкожной жировой клетчатки у женщин, а также различным составом мышц по типу мышечных волокон у мужчин и женщин; амплитуды М-ответов у женщин были меньше, чем у мужчин, что может быть следствием большего объема мышечных волокон в мышцах мужчин, чем женщин (табл. 1). В то же время параметры Н-ответов и значения СПИ



Таблица 3

Динамический показатель (mean sd) у спортсменов-биатлонистов для группы нормы (1) и группы с нарушениями (2)

ДП, %	Группы	
	1	2
Параметры Н-рефлексометрии	95,4±1,9	141,8±73,7
Величины СПИ	95,3±6,0	97,5±13,7

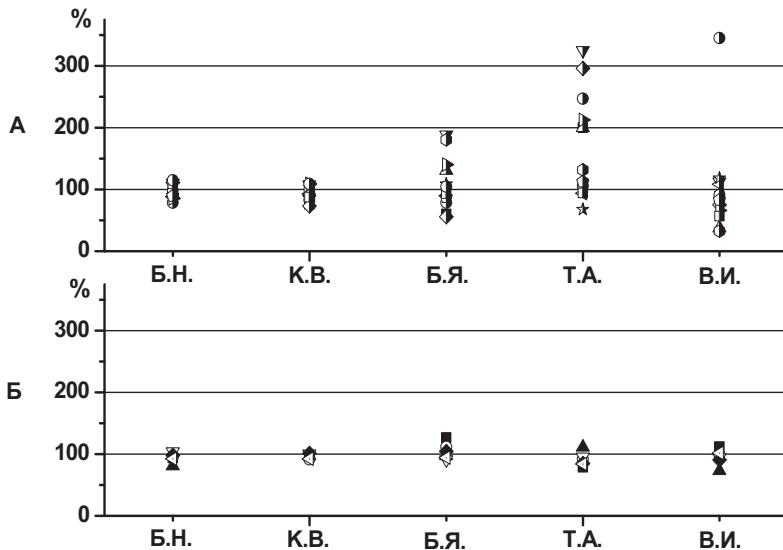


Рис. 1. Сравнение индивидуальных ЭНМГ-параметров у пяти спортсменов-биатлонистов в 2013 и 2015 гг.

А – показатели Н-рефлексометрии (ПН, ПМ, ПН/ПМ, Нмакс, Ммакс, Нмакс/Ммакс), Б – СПИ по n.tibialis, n.medianus, n.ulnaris для обеих сторон тела.

По оси ординат – значения соотношений ЭНМГ-параметров в 2015 г. к таковым в 2013 г., %.

не имели достоверных отличий в двух группах (табл. 2).

Для того, чтобы охарактеризовать стабильность ЭНМГ-показателей с течением времени, выделили группу из 5 человек (2 мужчин и 3 женщины), участвовавших в исследованиях и в 2013, и в 2015 гг. Для всех индивидуальных значений ЭНМГ-параметров подсчитывался динамический показатель (ДП), равный соотношению параметра в 2015 г. к параметру в 2013 г., в % (табл. 3). Сравнительный анализ результатов показал, что у спортсменов, отнесенных к группе нормы (2 человека – Б.Н. и К.В.) значения ДП

составляли от 73% до 115% для разных показателей, т.е. показатели были относительно стабильны в исследованиях с интервалом в 2 года (рис.1). Что касается спортсменов из группы 2 (Б.Я., Т.А. и В.И.), значения ДП находились в пределах от 56% до 296% для разных показателей (рис.1). При этом наибольшей стабильностью характеризовались показатели СПИ, а наименьшей – показатели Н-рефлексометрии. Таким образом, можно полагать, что ДП коррелирует с функциональным состоянием нервно-мышечной системы спортсмена и может служить его расчетным диагностиче-

ским показателем.

Полученные результаты согласуются с данными исследования авторов [6], в которых установлено, что величина амплитуды Н-ответа камбаловидной мышцы при постоянной силе стимула отличается большей стабильностью у здоровых людей в сравнении с больными остеохондрозом позвоночника.

Таким образом, полученные нами данные подтверждают высокую информативность и достоверность ЭНМГ-метода исследования. С его помощью можно оценить функциональное состояние нервно-мышечной системы спортсменов, а также установить вид отклонений от нормы и определить гендерные различия.

Выводы. Установлено, что у 28% спортсменов-биатлонистов (14% мужчин и 14% женщин), проходивших исследование в 2013 году, и 26% спортсменов-биатлонистов (13% мужчин и 13% женщин) в 2015 году, наблюдаются отклонения ЭНМГ-параметров от нормы, что может быть вызвано воздействием регулярной повышенной нагрузки на поясничный отдел позвоночника. Близкие значения доли отклонений от нормы в разных группах исследуемых свидетельствуют о высокой повторяемости результатов в однородной группе спортсменов исследуемого вида спорта.

Выявлены гендерные различия ЭНМГ-параметров у спортсменов-биатлонистов, связанные с различной структурой мышц и кожного покрова у мужчин и женщин.

Предложен новый коэффициент, характеризующий стабильность индивидуальных ЭНМГ-параметров в исследованиях, проводимых с большим временным интервалом – динамический показатель (ДП). ДП, близкий к 100%, свидетельствовал о нормальном функциональном состоянии нервно-мышечной системы исследованных нами спортсме-



нов-биатлонистов, в то время как большой разброс значений ДП был связан с отклонениями от нормы.

Литература:

1. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – К.: Олимп. л-ра, 2004. – 808 с. – ISBN 966-7133-64-8.
2. Иорданская Ф.А. Оценка специальной работоспособности спортсменов разных видов спорта: диагностика, механизмы адаптации, средства коррекции / Ф.А. Иорданская. – М.: Спорт, 1993. – 293 с.
3. Бадалян Л.О. Клиническая электромиография / Л.О. Бадалян, И.А. Скворцов. – М: Медицина, 1986. – 368 с.
4. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии / С.Г. Николаев. – Иваново: ПресСто, 2013. – 394 с.
5. Massó N. Surface electromyography applications in the sport / N. Massó , F. Rey, D. Romero, G. Gual, L. Costa, A. Germán // Apunts Med. Esport. – 2010. – Vol. 45, № 165. – P. 121-130.
6. Андриянова Е.Ю. Электромиографические показатели и механизмы развития пояснично-крестцового остеохондроза / Е.Ю. Андриянова, Р.М. Городничев. – Великие Луки, 2006.– 119 с.

