

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА СТИМУЛЯЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ (СБА) НА ПОКАЗАТЕЛИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ У БОРЦОВ ГРЕКО-РИМСКОГО СТИЛЯ

**Михеев А.А.**

д-р пед. наук,
д-р биол. наук, доцент,
Белорусский
государственный
университет физиче-
ской культуры

Показатели средней и максимальной амплитуды электромиограммы (ЭМГ), а также показатели средней амплитуды турна и средней частоты ЭМГ мышц рук (*m. biceps brahii*, *m. triceps brahii*) у испытуемых экспериментальной группы (ЭГ) возрастали по мере выполнения программы СБА и достигали максимальных значений ($p < 0,05$) после 6 стимуляций (108 мин вибрационной нагрузки). Показатели ЭМГ мышц ног (*m. rectus femoris*) достигали своего максимума ($p < 0,05$) после 3 стимуляционных занятий (54 мин вибрационной нагрузки). У спортсменов контрольной группы (КГ) параметры интерференционной ЭМГ мышц рук и ног изменялись недостоверно.

Ключевые слова: стимуляция биологической активности; электромиограмма; тренировка.

INFLUENCE OF THE BIOLOGICAL ACTIVITY STIMULATION (BAS) METHOD ON THE INDICES OF INTERFERENCE ELECTROMYOGRAM IN GRECO-ROMAN WRESTLERS

The indicators of the average and maximum electromyogram amplitude (EMG), as well as the indicators of the average turn-amplitude and the average frequency of EMG of the arm muscles (*m. biceps brahii*, *m. triceps brahii*) in the subjects of the experimental group (EG) increased with the intervention of the BAS program and reached their maximum ($p < 0.05$) values after 6 stimulations (108 min of vibration intervention). The EMG values of the leg muscles (*m. rectus femoris*) reached their maximum ($p < 0.05$) after 3 stimulation sessions (54 min of vibration intervention). In the athletes of the control group (CG), the parameters of the interference EMG of the arm and leg muscles changed unreliably.

Keywords: stimulation of biological activity; electromyogram; training.

Введение

Вибрационная тренировка по методу СБА (стимуляция биологической активности) [2, 3], известная за рубежом как метод WBV (Whole Body Vibration) [5, 6], является средством интенсивного развития силовых способностей спортсменов [4, 6, 9–12]. Определено, что эффективность вибрационной тренировки базируется на высокой восприимчивости организма к механическим колебаниям, генерируемым в диапазоне 26–44 Гц при амплитудах от 0,5 до 5 мм [2]. В исследованиях ряда зарубежных авторов представлены данные, подтверждающие взаимосвязь между уровнем развития силы и особенностями динамики ЭМГ у спортсменов после применения метода WBV [7, 8]. Настоящее исследование было предпринято с целью нейрофизиологической объективизации влияния метода СБА на нервно-мышечный аппарат спортсменов.

Метод и материалы

В исследовании использовался метод электромиографии (ЭМГ) с определением динамики параметров интерференционной ЭМГ мышц ног (*m. rectus femoris*) и рук (*m. biceps brahii*, *m. triceps brahii*) [1]. Эмпирические данные были получены с применением компьютеризированного комплекса «Нейромиограф-01-МБН» (РФ). Методика регистрации поверхностной ЭМГ включала установку параметров регистрации электромиографа, применение специальных электродов и выбор режима регистрации. Данные фиксировались в режиме максимального произвольного напряжения скелетной мускулатуры. Анализ ЭМГ проводили по амплитудным и частотным характеристикам, а также исследовали амплитуду и частоту турна. Также изучалась микроструктура ЭМГ, т. е. число колебаний ЭМГ, пересекаю-

щих нулевую линию. В норме эта величина составляет 40–60 Гц.

Изучение реакций нервно-мышечного аппарата борцов греко-римского стиля на воздействие дозированной вибрацией по методу СБА проводилось на предсоревновательном этапе годового цикла подготовки. В исследованиях приняли участие 55 спортсменов высокой квалификации, которые составили контингент испытуемых экспериментальной (ЭГ – 29 испытуемых) и контрольной (КГ – 26 испытуемых) групп, имеющих равнозначные среднегрупповые морфофункциональные и возрастные характеристики. Все спортсмены тренировались в соответствии с индивидуальными планами подготовки. При этом испытуемым ЭГ вместо традиционных упражнений, направленных на развитие силовых способностей, которые применяли спортсмены КГ, был предложен комплекс вибрационных упражнений, включенных в тренировочную программу СБА, состоявшую из 6 занятий, по 3 занятия в неделю, проводимых через день. Комплекс вибрационных упражнений включал 10-минутные статические упражнения на гибкость, выполняемые в качестве разминки и динамические упражнения: приседания (30 с) и сгибания-разгибания рук в упоре сидя сзади с опорой на вибрационное устройство (30 с). Упражнения для верхних и нижних конечностей выполняли поочередно без перерыва – 8 подходов с интервалом отдыха между подходами 90 с. Суммарное время вибрационной нагрузки в отдельном занятии не превышало 18 минут. Суммарное время вибрационной нагрузки в экспериментальной серии тренировочных занятий составило 108 мин. Рекомендованная частота вибрации равнялась 28 Гц, амплитуда – 4 мм. Эмпирические данные были получены в 3 обследованиях, выполненных до начала эксперимента, после 3 стимуляций и после завершения эксперимента.

■ Результаты и обсуждение

Среднегрупповые значения интерференционной ЭМГ, представленные в таблицах 1, 2, свидетельствовали об отсутствии достоверных изменений изучаемых показателей у спортсменов КГ.

У испытуемых ЭГ были выявлены статистически значимые тенденции в динамике показателей, которые позволили сделать выводы относительно минимально достаточного и оптимального объема вибрационной тренировки в серии стимуляционных занятий. По параметрам амплитудных и частотных характеристик биоэлектрическая активность *m. rectus femoris*, *m. tricepsbrahii* находилась в пределах физиологической нормы. Отмечалось наличие значительного числа высоких осцилляций. Показатели ЭМГ мышц ног (*m. rectus femoris*) свидетельствовали о том, что после проведения 3 занятий (таблица 1) произошло достоверное ($p < 0,05$) увеличение средней и максимальной амплитуды ЭМГ при одновременном уменьшении средней частоты ЭМГ обеих ног.

Средняя амплитуда турна после трех занятий также достоверно ($p < 0,05$) увеличилась при неизменной частоте. Последующие стимуляции вызвали уменьшение показателей средней и максимальной амплитуды ЭМГ, а также средней амплитуды турна *m. rectus femoris* обеих ног до исходных значений. При этом средняя частота ЭМГ *m. rectus femoris* обеих ног увеличилась до первоначального уровня. Частота турна во всех обследованиях оставалась на одном уровне.

Динамика показателей интерференционной электромиограммы мышц рук в процессе применения методики СБА отличалась от динамики ЭМГ *m. rectus femoris* как по показателям средней и максимальной амплитуды ЭМГ, так и по показателям частоты ЭМГ.

Таблица 1. – Среднегрупповые показатели интерференционной ЭМГ *m. rectus femoris* у испытуемых ЭГ в процессе проведения тренировок по методу СБА и испытуемых КГ в процессе проведения традиционной тренировки ($\bar{X} \pm \sigma$)

Показатели	Группы	m. rectus femoris левой ноги			m. rectus femoris правой ноги		
		1	2	3	1	2	3
Средняя амплитуда, мкВ	ЭГ	485,5±53,3	906,0±66,5*	657,2±85,7	522,9±98,4	1305,0±198,2*	548,0±101,4
	КГ	546,4±68,1	601,2±79,5	540,3±81,4	621,4±88,3	658,8±87,0	681,3±91,7
Максимальная амплитуда, мкВ	ЭГ	4245,6±179,9	5131,3±171,5*	5146,1±628,2	4226,2±358,1	7202,5±661,2*	4821,4±696,0
	КГ	4331,4±96,1	4250,1±127,6	4367,4±201,0	4002,2±224,1	4231,5±313,4	4136,2±301,6
Средняя амплитуда турна, мкВ	ЭГ	1102,4±114,2	1602,5±88,4*	1213,6±158,6	1201,0±182,9	1485,0±191,6	1331,8±184,5
	КГ	1200,4±140,1	1196,2±114,0	1238,3±115,0	1211,1±221,4	1285,6±199,2	1303,3±204,6
Частота турна, Гц	ЭГ	276,4±13,5	255,5±25,0	301,6±16,7	288,6±14,4	531,0±63,0*	296,6±21,6
	КГ	288,5±61,1	219,3±45,1	292,2±67,4	295,8±31,3	265,5±59,3	302,6±65,1
Средняя частота, Гц	ЭГ	64,2±1,6	56,5±1,0*	66,6±2,9	68,2±2,3	56,0±4,0*	67,2±3,5
	КГ	67,4±13,1	59,3±8,0	64,1±18,1	72,5±11,0	64,4±9,5	70,60±10,0

Примечания – 1 – показатели до начала тренировок; 2 – показатели после 3 тренировок; 3 – показатели после 6 тренировок; * – достоверные различия между показателями ЭМГ до начала тренировочной серии и после 3 тренировок ($p < 0,05$); ** – достоверные различия между показателями до начала тренировочной серии и после 6 тренировок ($p < 0,05$).

Таблица 2 – Среднегрупповые показатели интерференционной ЭМГ *m. triceps brachii* испытуемых ЭГ в процессе проведения тренировок по методу СБА и испытуемых КГ в процессе проведения традиционной тренировки ($\bar{X} \pm \sigma$)

Показатели	Группы	<i>m. triceps brachii</i> левой руки			<i>m. triceps brachii</i> правой руки		
		1	2	3	1	2	3
Средняя амплитуда, мкВ	ЭГ	566,2±74,1	638,7±66,5	599,6±79,4	545,1±82,1	798,6±78,0*	895,4±82,5**
	КГ	586,6±91,3	504,4±88,1	544,2±102,0	514,2±56,0	541,0±38,0	498,5±51,6
Максимальная амплитуда, мкВ	ЭГ	4847,8±255,9	5643,1±456,0	5289,6±451,3	5181,2±294,9	8560,3±305,0*	7200,3±756,6
	КГ	4434,5±401,2	5001,6±511,1	4693,4±407,4	5227,3±312,4	5485,0±245,0	5643,3±200,8
Средняя амплитуда турна, мкВ	ЭГ	1132,8±236,9	1055,8±191,0	1224,6±176,7	1182,9±155,8	1745,6±137,5*	1622,8±300,2
	КГ	1024,6±136,1	1236,3±314,6	965,3±104,1	1007,7±123,4	1312,5±214,5	1212,1±199,7
Частота турна, Гц	ЭГ	288,8±32,8	487,5±41,0	314,0±37,1	342,0±16,6	413,0±17,0	381,2±15,9
	КГ	267,5±24,2	336,0±74,1	304,7±81,1	324,3±44,1	302,3±56,7	390,1±68,9
Средняя частота, Гц	ЭГ	53,8±3,6	72,5±2,0*	70,0±5,1**	66,8±3,5	70,0±8,0	63,2±5,4
	КГ	56,8±8,4	55,4±7,6	65,6±10,0	63,0±7,2	67,1±5,4	62,5±7,2

Примечания – 1 – показатели до начала тренировок; 2 – показатели после 3 тренировок; 3 – показатели после 6 тренировок; * – достоверные различия между показателями ЭМГ до начала тренировочной серии и после 3 тренировок ($p < 0,05$); ** – достоверные различия между показателями до начала тренировочной серии и после 6 тренировок ($p < 0,05$).

После проведения трех и шести стимуляций (таблица 2) было выявлено достоверное ($p < 0,05$) увеличение средней и максимальной амплитуды ЭМГ *m. triceps brachii* правой руки и недостоверное увеличение средней и максимальной амплитуды ЭМГ *m. triceps brachii* левой руки относительно исходных значений.

Средняя частота ЭМГ *m. triceps brachii* левой руки достоверно ($p < 0,05$) увеличилась относительно исходного уровня после трех и после шести занятий. Такая же тенденция при недостоверных различиях наблюдалась в динамике средней частоты ЭМГ *m. triceps brachii* правой руки.

Средняя амплитуда турна *m. triceps brachii* также имела динамику, отличную от динамики амплитуды турна *m. rectus femoris* обеих ног. По мере выполне-

ния экспериментальной программы этот показатель недостоверно возрастал. Динамика частоты турна во всех обследованиях оставалась неизменной.

Анализ показателей интерференционной ЭМГ (таблица 3) *m. biceps brachii* испытуемых ЭГ показал, что динамика биоэлектрической активности в процессе тренировки по методу СБА была идентична динамике изучаемых показателей ЭМГ *m. triceps brachii* и, соответственно, отлична от показателей ЭМГ *m. rectus femoris*.

Так, средняя амплитуда ЭМГ обеих рук достоверно ($p < 0,05$) увеличилась после трех и после шести вибрационных тренировок. Максимальная амплитуда ЭМГ *m. biceps brachii* левой и правой руки также увеличилась к третьему занятию, а после завершения программы исследования несколько снизилась,

Таблица 3 – Среднегрупповые показатели интерференционной ЭМГ *m. biceps brachii* испытуемых ЭГ в процессе проведения тренировок по методу СБА и испытуемых КГ в процессе проведения традиционной тренировки ($\bar{X} \pm \sigma$)

Показатели	Группы	<i>m. biceps brachii</i> левой руки			<i>m. biceps brachii</i> правой руки		
		1	2	3	1	2	3
Средняя амплитуда, мкВ	ЭГ	658,4±82,1	1345,1±52,0*	1227,7±50,6**	701,4±75,8	992,1±64,5*	1087,4±95,2**
	КГ	712,5±85,1	699,6±74,2	703,4±74,5	721,1±94,3	777,2±89,1	695,5±101,8
Максимальная амплитуда, мкВ	ЭГ	4873,2±265,1	9315,9±278,0*	8562,6±374,4**	5422,9±218,1	8121,0±234,5*	7410,6±321,6**
	КГ	4498,4±134,7	4835,4±201,1	4221,2±157,2	4921,2±225,8	5113,5±220,0	4613,4±246,9
Средняя амплитуда турна, мкВ	ЭГ	1412,1±186,5	2715,0±198,5*	2259,2±181,7**	1488,6±121,6	1963,0±135,0*	2001,6±195,7**
	КГ	1218,2±211,1	1514,6±196,4	1472,4±283,2	1506,7±218,4	1344,6±192,6	1467,5±206,9
Частота турна, Гц	ЭГ	239,4±17,1	268,0±20,0	272,0±11,5	241,2±14,5	296,5±13,0	277,0±12,9
	КГ	256,3±34,2	287,7±21,0	244,6±47,3	225,3±42,2	256,5±38,7	272,3±44,5
Средняя частота, Гц	ЭГ	53,0±1,6	58,5±1,0*	57,6±2,0**	58,0±1,7	59,0±2,0	55,8±2,8
	КГ	47,2±5,1	54,6±3,0	45,1±2,2	59,3±8,0	55,2±4,1	56,5±4,2

Примечания – 1 – показатели до начала тренировок; 2 – показатели после 3 тренировок; 3 – показатели после 6 тренировок; * – достоверные различия между показателями ЭМГ до начала тренировочной серии и после 3 тренировок ($p < 0,05$); ** – достоверные различия между показателями до начала тренировочной серии и после 6 тренировок ($p < 0,05$).

но все-таки была достоверно ($p < 0,05$) выше исходных значений. Средняя амплитуда турна *m. biceps brachii* обеих рук при такой же динамике достоверно ($p < 0,05$) увеличилась к концу программы. Частота турна во всех обследованиях оставалась неизменной. У испытуемых КГ достоверных изменений биоэлектрической активности мышц рук и ног отмечено не было.

■ Выводы

Полученные в настоящем исследовании данные являются основой нейрофизиологической объективизации влияния метода СБА на нервно-мышечный аппарат спортсменов. В частности, определены минимально достаточные дозы вибрационных упражнений, вызывающих достоверно положительные изменения биоэлектрической активности мышц: показатели средней и максимальной амплитуды электромиограммы (ЭМГ), а также показатели средней амплитуды турна и средней частоты ЭМГ мышц рук у испытуемых экспериментальной группы (ЭГ) возрастали по мере выполнения программы СБА и достигали максимальных значений после 6 стимуляций ($p < 0,05$). Показатели ЭМГ мышц ног достигали своего максимума ($p < 0,05$) после 3 стимуляционных занятий. У спортсменов контрольной группы (КГ) параметры интерференционной ЭМГ мышц рук и ног изменялись недостоверно.

■ ЛИТЕРАТУРА

1. Борщ, М. К. Анализ состояния нервно-мышечного аппарата у высококвалифицированных легкоатлетов различных специализаций методом стимуляционной электромиографии / М. К. Борщ, Н. М. Эраносьян // Здоровье для всех : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 20–22 мая 2010 г. : в 2 ч. / Нац. банк Респ. Беларусь [и др.] ; редкол.: К. К. Шебеко (гл. ред.) [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2010. – Ч. 2. – С. 64–68.
2. Борщ, М. К. Обоснование метода силовой тренировки с применением вибростимуляции на основе данных суммарной электромиограммы спортсменов-паралимпийцев с глубоким нарушением зрения / М. К. Борщ, А. А. Михеев // Мир спорта. – № 2 (39). – 2010. – С. 3–8.
3. Михеев, А. А. Теория и методика вибрационной тренировки в спорте (биологическое и педагогическое обоснование дозированного вибротренинга) / А. А. Михеев. – М. : Советский спорт, 2011. – 616 с.
4. Полиевский, С. А. Стимуляция двигательной активности: монография / С. А. Полиевский. – М. : Физическая культура, 2006. – 256 с.
5. A comparative study of whole body vibration training and conventional training on knee proprioception and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction / A. Moezy [et al.] // Br J Sports Med. – 2008. – N 42. – P. 373–378.
6. Ahlborg, L. Whole-body vibration training compared with resistance training: effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy / L. Ahlborg, C. Andersson, P. Julin. – J Rehabil Med. – 2006. – N 38 (5). – P. 302–308.
7. Cardinale, M. Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies / M. Cardinale, J. Lim. – J Strength Cond Res. – 2003. – N 17. – P. 621–624.
8. Changes in joint angle, muscle-tendon complex length, muscle contractile tissue displacement and modulation of EMG activity during acute whole-body vibration / D. J. Cochrane [et al.] // Muscle Nerve PMID. – 2009. – N 40. – P. 860.
9. Cochrane Update. 'Scoping the scope' of a cochrane review / R. Armstrong [et al.] // J Public Health (Oxf). – 2011. – N 33 (1). – P. 147–150.
10. Effects of whole body vibration on motor unit recruitment and threshold / R. D. Pollock [et al.] // J Appl Physiol. – 2012. – N 112 (3). – P. 388–395.
11. Effects of complex training on strength and speed performance in athletes: a systematic review. Effects of complex training on athletic performance / M. Lesinski [et al.] // SportverletzSportschaden. – 2014. – N 28 (2). – P. 85–107.
12. Jones, M. T. The effect of whole-body vibration training and conventional strength training on performance measures in female athletes / M. T. Jones, B. M. Parker, N. J. Cortes. – Strength Cond Res. – 2011. – N 25 (9). – P. 2434–2441.

16.03.2021