

# 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 изменились 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, пересекающих

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 годичного 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 по-очередно 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.

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	<i>m. rectus femoris</i> левой ноги			<i>m. rectus femoris</i> 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 ( $p<0,05$ ).

## 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. rectusfemoris* 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 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	m. triceps brachii левой руки			m. triceps brachii 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	m. biceps brachii левой руки			m. biceps brachii 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) возрастили 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 изменились недостоверно.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Борщ, М. К. Анализ состояния нервно-мышечного аппарата у высококвалифицированных легкоатлетов различных специализаций методом стимуляционной электромиографии / М. К. Борщ, Н. М. Эраносян // Здоровье для всех : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–22 мая 2010 г. : в 2 ч. / Нац. банк Респ. Беларусь [и др.] ; редкол.: К. К. Шебеко (глав. ред.) [и др.]. – Минск : 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.] // Sportverletzung-Sportschaden. – 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**