

## Биоэлектрическая активность головного мозга у спортсменов после курса нейробиоуправления

Стёпочкина С.П., Черапкина Л.П., Тристан В.Г.

### Brain bioelectricity activity of the sportsmen underwent the neurobiofeedback course

Styopochkina S.P., Cherapkina L.P., Tristan V.G.

Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, г. Омск

© Стёпочкина С.П., Черапкина Л.П., Тристан В.Г.

Анализ электроэнцефалограмм (ЭЭГ) 26 высококвалифицированных спортсменов показал, что нейробиоуправление вызывает изменения биоэлектрической активности головного мозга, в основном связанные с альфа-ритмом, с наибольшими нейродинамическими перестройками в правом полушарии головного мозга. Посттренировочные изменения ЭЭГ имеют половые различия: у юношей в процесс нейродинамических перестроек вовлекаются все области правого и височно-затылочная область левого полушарий, у девушек — передневисочная область левого полушария и центрально-затылочные области обоих полушарий.

**Ключевые слова:** нейробиоуправление, биоэлектрическая активность головного мозга, спортсмены высокой квалификации, межполовые различия.

The EEG analysis of the 26 highly qualified sportsmen shows, that the brain bioelectricity activity is changed by the neurobiofeedback. It relates with the alpha-rhythm and with the greatest neurodynamic changings in the right hemisphere. The after training EEG changings have the sex differences. Everything fields of the right hemisphere and the temporal-occipital field of the left hemisphere of the sportsmen-male and the forward-temporal of left hemisphere and the central-occipital field of both hemispheres of the sportswomen work during the neurodynamic changing.

**Key words:** the neurobiofeedback, the brain electricity activity, the highly qualified sportsmen, between sex differences.

УДК 612.825.1:57.054:004.9:796.071-055.1/2

#### Введение

Нейробиоуправление является современной технологией, обращенной к механизмам саморегуляции физиологических функций, обеспечивающей эффективные параметры реагирования [7]. Применение нейробиоуправления в спорте показало его высокую эффективность при подготовке спортсменов различных специализаций [5]. Вместе с тем нейрофизиологические механизмы самого процесса нейробиоуправления у спортсменов разного пола остаются недостаточно изученными [2]. Учитывая то, что нейродинамика является доминирующей конструкцией, от эффективности модификации которой зависит успешность тренинга в целом [6], цель настоящей работы — изучение и оценка межполовых различий в изменениях биоэлектрической активности головного мозга у спортсменов, прошедших курс нейробиоуправления.

#### Материал и методы

В исследовании приняли участие 26 спортсменов высокой квалификации, с каждым из которых был проведен 15-дневный курс нейробиоуправления по методике О.В. Погадаевой [3]. Средний возраст обследованных лиц ( $19,0 \pm 0,4$ ) года. Для оценки изменений биоэлектрической активности головного мозга до и после проведения курса тренинга у спортсменов регистрировалась электроэнцефалограмма (ЭЭГ) с помощью 19-канального электроэнцефалографа «Нейрон-спектр 3» («Нейрософт», Россия) по стандартной методике (электроды располагались в соответствии с международной схемой «10—20», монтаж монополярный, референтные электроды — ушные). Величина эпохи анализа составила 1 024 такта (4 с). В работе оценивались изменения (доминирующая и средняя частота спектра, максимальная и полная мощность спектра

и индекс ритма) характеристик биопотенциалов мозга в покое с закрытыми глазами в различных отведениях в частотных диапазонах, соответствующих тета- (4,0—7,9 Гц), альфа- (8,0—13,0 Гц), бета<sub>1</sub>- (14,0—19,9 Гц) и бета<sub>2</sub>- (20,0—35,0 Гц) ритмам.

Статистический анализ полученных данных осуществлялся с помощью программного продукта SPSS 13.0. При описании и анализе данных ЭЭГ использовались параметрические и непараметрические (в зависимости от характера распределения) методы математической статистики для зависимых и независимых выборок. Нормальность распределения определялась по критериям асимметрии и эксцесса. При интерпретации статистических данных максимальной вероятностью ошибки (минимальный уровень значимости) считали значение  $p < 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ данных 12 юношей и 14 девушек показал, что до тренинга девушки отличались от юношей большими величинами доминирующей частоты тета-ритма в переднелобной области обоих полушарий, а также индексом этого ритма в средневисочной области правого полушария (табл. 1). В альфа-диапазоне девушки превосходили юношей по

величине доминирующей частоты в центральной области правого полушария (табл. 2). По данным литературы [1], большую частоту альфа-ритма у женщин связывают с более высокими психометрическими показателями. В диапазонах низкочастотного и высокочастотного бета-ритма значимых межполовых различий не выявлено.

Таблица 1

Наиболее выраженные различия между показателями в тета-диапазоне ЭЭГ ( $M \pm m$ )

Отведение	Показатель	Условия записи	Юноши	Девушки
Fp1	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	4,89 ± 0,22	5,78 ± 0,25*
		После тренинга	5,84 ± 0,42	5,37 ± 0,35
Fp2	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	4,83 ± 0,31	5,79 ± 0,35*
		После тренинга	5,65 ± 0,49	5,51 ± 0,42
F3	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	5,63 ± 0,41	5,34 ± 0,21
		После тренинга	6,36 ± 0,36	5,36 ± 0,32*
T4	Индекс, %	До тренинга	10,25 ± 1,86	14,69 ± 1,96*
		После тренинга	13,25 ± 1,52	14,64 ± 1,72
T5	F <sub>с</sub> , Гц	До тренинга	5,68 ± 0,19 <sup>^</sup>	6,01 ± 0,14
		После тренинга	6,25 ± 0,24	5,71 ± 0,18

Примечание. Здесь и в табл. 2—4: F<sub>д</sub> и F<sub>с</sub> — доминирующая и средняя частота ритма соответственно; \* — статистически значимые различия в показателях юношей и девушек при  $p < 0,05$ ; <sup>^</sup> — статистически значимые различия в показателях до тренинга и после него при  $p < 0,05$ .

Таблица 2

Наиболее выраженные различия между показателями в альфа-диапазоне ЭЭГ ( $M \pm m$ )

Отведение	Показатель	Условия записи	Юноши		Девушки	
			Левое полушарие	Правое полушарие	Левое полушарие	Правое полушарие
C3—C4	S <sub>max</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	20,94 ± 4,81	18,67 ± 3,59	20,00 ± 6,36	16,44 ± 3,88 <sup>^</sup>
		После тренинга	20,25 ± 3,33	30,98 ± 8,74	24,82 ± 6,23	28,35 ± 7,98
	S <sub>п</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	67,58 ± 10,79	57,40 ± 7,58 <sup>^</sup>	82,38 ± 20,49	72,38 ± 16,88 <sup>^</sup>
		После тренинга	71,50 ± 8,53	77,92 ± 11,70	98,50 ± 17,80	100,29 ± 18,29
	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	9,42 ± 0,28	9,33 ± 0,30	9,67 ± 0,24	10,18 ± 0,30* <sup>^</sup>
		После тренинга	9,35 ± 0,25	9,59 ± 0,28	9,55 ± 0,27	9,65 ± 0,25
P3—P4	S <sub>max</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	36,40 ± 10,15	27,38 ± 7,36 <sup>^</sup>	18,88 ± 4,60 <sup>^^</sup>	23,94 ± 5,93 <sup>^^</sup>
		После тренинга	45,26 ± 10,97	65,68 ± 21,97	44,26 ± 9,38	42,35 ± 8,66
	S <sub>п</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	111,33 ± 23,60	92,11 ± 20,29 <sup>^</sup>	96,46 ± 21,80	102,00 ± 23,57 <sup>^</sup>
		После тренинга	115,25 ± 20,45	128,33 ± 26,55	169,07 ± 46,09	140,86 ± 24,79
	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	9,68 ± 0,23	9,92 ± 0,32 <sup>^</sup>	9,87 ± 0,20	9,85 ± 0,32
		После тренинга	9,42 ± 0,27	9,32 ± 0,25	9,60 ± 0,25	9,72 ± 0,25
Индекс, %	До тренинга	36,50 ± 5,67	34,50 ± 4,90 <sup>^</sup>	29,46 ± 4,04	29,00 ± 3,80	
	После тренинга	42,17 ± 3,87	45,17 ± 3,63	39,50 ± 4,07	38,93 ± 4,34	
O1—O2	S <sub>max</sub> (мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup> )	До тренинга	65,60 ± 18,92	56,33 ± 17,32	39,30 ± 9,60 <sup>^</sup>	42,14 ± 11,47 <sup>^</sup>
		После тренинга	71,62 ± 17,97	105,08 ± 26,24	124,51 ± 40,75	98,46 ± 29,40
	S <sub>п</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	182,75 ± 37,35	154,90 ± 28,66	161,38 ± 35,39	185,31 ± 48,79 <sup>^</sup>
		После тренинга	173,67 ± 35,91	201,00 ± 34,75	359,36 ± 97,45	311,00 ± 66,93
	F <sub>с</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	9,88 ± 0,22 <sup>^</sup>	9,92 ± 0,24 <sup>^</sup>	10,10 ± 0,21	10,16 ± 0,17

	После тренинга	9,49 ± 0,25	9,49 ± 0,25	9,91 ± 0,16	9,89 ± 0,19
--	----------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Окончание табл. 2

Отведение	Показатель	Условия записи	Юноши		Девушки	
			Левое полушарие	Правое полушарие	Левое полушарие	Правое полушарие
O1—O2	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	9,94 ± 0,27	10,04 ± 0,29 <sup>^</sup>	9,97 ± 0,30	9,83 ± 0,33
		После тренинга	9,61 ± 0,28	9,45 ± 0,28	9,86 ± 0,22	9,89 ± 0,24
	Индекс, %	До тренинга	44,67 ± 5,60	45,67 ± 4,51	36,08 ± 4,44 <sup>^</sup>	36,46 ± 4,49
		После тренинга	49,33 ± 4,63	56,17 ± 4,13	50,93 ± 5,66	50,86 ± 5,01
F7—F8	F <sub>с</sub> , Гц	До тренинга	9,80 ± 0,22	9,76 ± 0,19 <sup>^</sup>	10,05 ± 0,19	9,98 ± 0,16
		После тренинга	9,89 ± 0,19	9,49 ± 0,22	9,93 ± 0,16	9,95 ± 0,12
T3—T4	S <sub>max</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	5,01 ± 0,89	4,95 ± 0,84 <sup>^</sup>	4,70 ± 1,06	4,80 ± 1,02
		После тренинга	7,28 ± 1,36	13,92 ± 4,84	7,03 ± 1,54	8,12 ± 2,83
T5—T6	S <sub>max</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	17,58 ± 6,08	21,57 ± 5,99 <sup>^</sup>	15,69 ± 4,38	28,92 ± 8,34
		После тренинга	19,94 ± 3,87	52,60 ± 11,26	27,06 ± 9,60	40,49 ± 7,38
	S <sub>n</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	61,82 ± 15,19	65,32 ± 13,81 <sup>^</sup>	56,79 ± 13,89	102,81 ± 26,00
		После тренинга	55,67 ± 11,09	102,00 ± 17,81	82,86 ± 26,87	127,07 ± 20,39
	F <sub>с</sub> , Гц	До тренинга	9,68 ± 0,18	9,91 ± 0,22 <sup>^</sup>	9,95 ± 0,20	9,92 ± 0,20
		После тренинга	9,57 ± 0,25	9,50 ± 0,25	9,90 ± 0,19	9,95 ± 0,21

Примечание. Здесь и в табл. 3, 4: S<sub>max</sub> и S<sub>n</sub> — максимальная и полная мощность спектра соответственно; \* — статистически значимые различия в показателях юношей и девушек при p < 0,05; ^ — статистически значимые различия в показателях до тренинга и после него при p < 0,05; ^^ — статистически значимые различия в показателях до тренинга и после него при p ≤ 0,01.

После тренинга у девушек по сравнению с юношами регистрировалась меньшая доминирующая частота тета-ритма в лобной области левого полушария (см. табл. 1). В альфа-диапазоне различий между представителями разного пола не выявлено. В диапазоне низкочастотного бета-ритма (табл. 3) у девушек наблюдались более низкие значения доминирующей частоты ритма в теменной области справа, средней и доминирующей частот в средневисочной области слева.

Таблица 3

Наиболее выраженные различия между показателями в бета<sub>2</sub>-диапазоне ЭЭГ (M ± m)

Отведение	Показатель	Условия записи	Юноши	Девушки
Fp2	Индекс, %	До тренинга	3,00 ± 0,52 <sup>^</sup>	4,23 ± 1,04
		После тренинга	5,08 ± 0,89	4,36 ± 0,95
F4	Индекс, %	До тренинга	4,75 ± 0,73 <sup>^</sup>	5,15 ± 0,91
		После тренинга	7,17 ± 1,24	6,00 ± 1,05
C3	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	16,32 ± 0,50	17,32 ± 0,45 <sup>^</sup>
		После тренинга	16,32 ± 0,43	15,36 ± 0,51
C4	S <sub>max</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	1,73 ± 0,36	2,73 ± 0,70 <sup>^</sup>
		После тренинга	2,25 ± 0,49	3,65 ± 0,85
	S <sub>n</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	12,18 ± 2,74	15,09 ± 2,99 <sup>^</sup>
		После тренинга	13,33 ± 2,11	21,59 ± 4,54
P4	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	16,44 ± 0,62	16,37 ± 0,42
		После тренинга	17,18 ± 0,53	15,47 ± 0,41*
	S <sub>n</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	6,63 ± 0,85	9,66 ± 1,65 <sup>^</sup>
		После тренинга	7,09 ± 1,74	8,36 ± 1,55
T3	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	14,71 ± 1,38	16,27 ± 0,54

	После тренинга	17,17 ± 0,66	14,43 ± 1,16*
F <sub>с</sub> , Гц	До тренинга	15,29 ± 1,40	16,61 ± 0,27
	После тренинга	16,96 ± 0,18	15,17 ± 1,19*

В диапазоне высокочастотного бета-ритма (табл. 4) у юношей по сравнению с девушками зафиксирована большая доминирующая частота ритма в средневисочной области слева и передневисочной области справа.

Таблица 4

Наиболее выраженные различия между показателями в бета<sub>2</sub>-диапазоне ЭЭГ (M ± m)

Отведение	Показатель	Условия записи	Юноши	Девушки
O1	S <sub>max</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	1,39 ± 0,28 <sup>^</sup>	1,65 ± 0,37
		После тренинга	0,89 ± 0,16	1,85 ± 0,45
F7	S <sub>n</sub> , мкВ <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	До тренинга	5,39 ± 1,03	8,31 ± 2,11 <sup>^</sup>
		После тренинга	5,23 ± 0,55	5,69 ± 1,29
	Индекс, %	До тренинга	3,50 ± 0,56	5,38 ± 1,53 <sup>^</sup>
		После тренинга	4,00 ± 0,86	3,50 ± 0,99
F8	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	21,75 ± 0,50	22,70 ± 0,94
		После тренинга	24,28 ± 1,28	21,77 ± 0,68*
T3	F <sub>д</sub> , Гц	До тренинга	21,36 ± 2,07	23,08 ± 1,20
		После тренинга	25,33 ± 1,08	20,73 ± 1,83*

Таким образом, доминирующая частота основных ритмов ЭЭГ в различных областях полушарий головного мозга отражает межполовые различия как до курса нейробиоправления, так и после него.

В процессе анализа полученных данных межгрупповых статистически значимых различий по успешности прохождения курса нейробиоуправления не выявлено. Средняя успешность курса тренинга, определяемая по классификации И.А. Святогор и соавт. [4], у юношей составляла  $(40,49 \pm 8,05)\%$ , у девушек —  $(36,22 \pm 6,25)\%$ . Вместе с тем послетренинговые изменения биоэлектрической активности головного мозга у юношей и девушек имели ряд отличий.

В тета-диапазоне у девушек под влиянием тренинга никаких изменений не произошло, в то время как у юношей статистически значимо увеличилась средняя частота данного ритма в левой задневисочной области (см. табл. 1).

Наибольшие изменения биоэлектрической активности мозга в обеих группах отмечались в альфа-диапазоне (см. табл. 2). У девушек после курса нейробиоуправления наблюдалось увеличение максимальной и полной спектральной мощности альфа-ритма в центральной, теменной и затылочной областях правого полушария, при этом в правой центральной области несколько снизилась доминирующая частота альфа-ритма. В левом полушарии у девушек максимальная спектральная мощность данного ритма увеличилась в теменно-затылочной области. У юношей максимальная и полная спектральные мощности альфа-ритма увеличились в теменной и задневисочной областях правого полушария, что сопровождалось небольшим снижением доминирующей частоты данного ритма в теменно-затылочной области и средней частоты в затылочной, передне- и задневисочной областях данного полушария. Кроме этого, в правой центральной области у юношей увеличилась полная спектральная мощность альфа-ритма, а в средневисочной — максимальная спектральная мощность данного ритма. В левом полушарии изменений изучаемых показателей у юношей не произошло, за исключением небольшого, но статистически значимого уменьшения средней частоты альфа-ритма в затылочной области. Следует отметить, что изменения биоэлектрической активности головного мозга в альфа-диапазоне сопровождались увеличением индекса альфа-ритма у девушек в затылочной области левого полушария, а у юношей в теменной области правого полушария.

В бета<sub>1</sub>-диапазоне (см. табл. 3) посттренинговые изменения у юношей были связаны с увеличением индекса данного ритма в переднелобной и лобной

областях правого полушария. В ЭЭГ девушек наблюдалось снижение доминирующей частоты данного ритма в центральной области левого полушария и повышение максимальной, а также полной спектральных мощностей данного ритма в правой центральной области с одновременным уменьшением полной спектральной мощности ритма в теменной области правого полушария.

В бета<sub>2</sub>-диапазоне (см. табл. 4) изменения в группах также имели различия. У юношей уменьшились максимальная величина спектральной мощности бета<sub>2</sub>-ритма в затылочной области левого полушария. А у девушек уменьшилась полная спектральная мощность бета<sub>2</sub>-ритма и его индекс в левой передневисочной области.

Таким образом, основные изменения происходят в альфа-диапазоне ЭЭГ преимущественно правого полушария. Посттренинговая динамика биоэлектрической активности у представителей разного пола имеет ряд особенностей. У девушек в процесс перестроек в основном вовлечены передневисочная область левого полушария и центрально-затылочные области обоих полушарий. У юношей изменения биоэлектрической активности головного мозга выявлены во всех областях правого полушария и височно-затылочной области левого полушария.

## Заключение

Проведенное исследование показало, что после курса нейробиоуправления наблюдаются изменения в биоэлектрической активности головного мозга, преимущественно связанные с альфа-ритмом. При этом основные нейродинамические перестройки происходят в правом полушарии головного мозга. Характер посттренинговых изменений имеет половые различия. У юношей в процесс нейродинамических перестроек вовлекаются все области правого полушария и височно-затылочная область левого полушария, тогда как у девушек посттренинговые изменения связаны с вовлечением передневисочной области левого полушария и центрально-затылочных областей обоих полушарий.

Авторы выражают искреннюю признательность всему коллективу НИИМББ СО РАМН за консультативную, методическую и техническую поддержку на-

учно-исследовательских работ, проводимых в лаборатории «Нейробиоуправление» СибГУФК.

#### Литературы

1. *Зенков Л.Р.* Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Таганрог, 1996. 358 с.
2. *Моховикова И.А., Святогор И.А.* Критерии оценки успешности биоуправления потенциалами мозга // Биоуправление в медицине и спорте: Материалы VII Всерос. науч. конф. М., 2005. С. 27—31.
3. *Погадаева О.В.* Предикторы эффективности использования альфа-стимулирующего тренинга в спортивной тренировке: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2001. 19 с.
4. *Святогор И.А., Моховикова И.А., Бекшаев С.С. и др.* Оценка эффективности и успешности метода биологической обратной связи в управлении потенциалами мозга // Биологически обратная связь. 2000. № 1. С. 8—11.
5. *Черапкина Л.П., Баева Н.А., Таламова И.Г., Тристан В.Г.* Использование нейробиоуправления в тренировочном и образовательном процессе // Теория и практика физической культуры. 2006. № 1. С. 12—14.
6. *Штарк М.Б., Тристан В.Г.* Биоуправление: траектория развития // Биоуправление в медицине и спорте: Материалы I Всерос. науч. конф. Омск. 1999. С. 3—5.
7. *Штарк М.Б., Шварц М.С.* Траектория развития биоуправления: исследовательская и прикладная компоненты // Материалы XIX съезда физиологического общества. Екатеринбург, 2004. С. 1—5.
8. *Svyatogor I.A., Mohovicova I.A. Bekshaev S.S. etc.* The estimation of the efficiency and success of the using of biofeedback method in the management of the brain potential // Biology feedback. 2000. № 1. С. 8—11.

Поступила в редакцию 08.12.2009 г.

Утверждена к печати 22.12.2009 г.

#### Сведения об авторах

*С.П. Стёпочкина* — врач-фтизиатр Омского клинического противотуберкулезного диспансера, аспирант кафедры анатомии и физиологии Сибирского государственного университета физической культуры и спорта (г. Омск).

*Л.П. Черапкина* — канд. биол. наук, доцент кафедры анатомии и физиологии Сибирского государственного университета физической культуры и спорта (г. Омск).

*В.Г. Тристан* — д-р мед. наук, профессор кафедры анатомии и физиологии Сибирского государственного университета физической культуры и спорта (г. Омск).

#### Для корреспонденции

*Черапкина Лариса Петровна*, тел. (3812) 36-36-83, e-mail: kochelab@mail.ru

### Уважаемые рекламодатели!

На страницах журнала можно разместить рекламу о медицинских и оздоровительных организациях и учреждениях, информацию о новых лекарственных препаратах, изделиях медицинской техники, продуктах здорового питания. Приглашаем вас разместить информацию о деятельности вашего учреждения на страницах журнала в виде научной статьи, доклада или в форме рекламы.

#### Тарифы на размещение рекламного материала

Площадь на полосе	Черно-белая печать, руб.	Полноцветная печать, руб.
1/1 210 × 280 мм (А4)	4000	10000
1/2	2500	7500
1/4	1500	5000

1/8	1000	2500
1/16	800	1000
Текстовая реклама	50 руб. за 1 кв. см	

*Скидки: 2 публикации — 5%, 4 публикации — 10%, 6 публикаций — 15%*