

**УДК 612.763**

## **ВЛИЯНИЕ БИОУПРАВЛЕНИЯ ПО ОПОРНОЙ РЕАКЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОЛОНТЕРОВ**

*Чуян Е. Н., Бирюкова Е. А., Миронюк И. С., Чертаев И. В., Чайка А. В.,  
Непритимова Е. А.*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: biotema@rambler.ru*

Исследовано изменение функционального состояния условно-здоровых волонтеров под влиянием биоуправления виртуальным объектом в системе с биологической обратной связью по опорной реакции. Показано, что 10-тидневный БОС-тренинг по опорной реакции оказывает положительное влияние на функциональное состояние здоровых волонтеров, о чем свидетельствует изменение состояния системы поддержания равновесия, вегетативного статуса и психофизиологических характеристик. Полученные данные имеют фундаментальное и практическое значение для повышения эффективности применения биоуправления по опорной реакции, как в норме, так и при различных патологиях.

**Ключевые слова:** стабилметрия, функциональное состояние, вариабельность сердечного ритма, психофизиологическое тестирование, тренинги, биоуправление.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время проблема оценки и коррекции системы поддержания равновесия у человека приобрела значительную актуальность, поскольку известно, что двигательные расстройства являются следствием множества нарушений со стороны как центральной, так и периферической нервной системы [1]. Кроме того, высокую актуальность данные исследования несут в современной спортивной физиологии, что связано с поиском средств контроля и оптимизации статокINETических и статодинамических функций спортсменов различных видов спорта для достижения ими максимальной спортивной результативности. Таким образом, на сегодняшний день остро назрела проблема поиска эффективных неинвазивных методик, которые позволяют оценить параметры системы поддержания равновесия испытуемых не только при различных патологиях, но и условно-здоровых волонтеров, не имеющих значимых функциональных нарушений.

Заметим, что значительную актуальность среди методов исследования функционального состояния опорно-двигательного аппарата приобретает использование метода компьютерной стабилметрии, позволяющего получать значительное количество ценной информации о качестве контроля поддержания вертикальной позы на основе измерения координат центра давления, создаваемого человеком на плоскость опоры, в определенных условиях за определенный период времени. В клинических условиях стабилметрия применяется в случаях, когда

надо уточнить диагноз, управлять восстановительным лечением и фиксировать динамику, обследовать клинически сложных пациентов.

При всей сложности комплекса аппаратуры, используемой в методике стабиллографии, человек во время измерений не обременяется креплением датчиков к различным частям тела, ему лишь необходимо встать на стабиллографическую платформу и выполнить ряд тестов на равновесие [2].

Кроме того, данный метод позволяет проводить мероприятия, направленные на повышение эффективности контроля системы равновесия человека путем биоуправления системой поддержания заданной позы по опорной реакции, а именно тренировки с биологической обратной связью (БОС) на стабиллометрической платформе [2,3]. БОС-интерфейс представляет для человека своего рода «физиологическое зеркало», в котором отражаются его внутренние процессы.

Особенностью применения БОС тренировок по опорной реакции является, с одной стороны, целостный подход к организму, поиск нарушений системной регуляции функций организма, а, с другой стороны – точность, возможность проверки, объективность и достоверность. Объединение таких подходов дает возможность оптимизировать диагностику, позволив выявлять наличие функциональных изменений до появления первых клинических симптомов, начать корректирующие мероприятия на ранних стадиях, проводить мониторинг состояния, оценить правильность выбранных методов и тактики коррекции функционального состояния волонтеров.

Следует подчеркнуть, что как любая модель биоуправления, БОС по опорной реакции требует вовлечения центральных механизмов регуляции. На наш взгляд, успешность проведения БОС-тренировок как когнитивно-поведенческой процедуры напрямую зависит от индивидуальных особенностей функционального состояния организма человека, характеризующихся активностью вегетативной и центральной нервной систем.

Таким образом, исследование изменения функционального состояния условно-здоровых волонтеров под влиянием биоуправления виртуальным объектом в системе с биологической обратной связью по опорной реакции важно не только для понимания закономерностей данного процесса, но и имеет огромное практическое значение для повышения эффективности применения биоуправления, как в норме, так и при различных патологиях. В связи с этим, целью настоящего исследования явилось изучение влияния биоуправления по опорной реакции на функциональное состояние условно-здоровых волонтеров.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследование проведено на базе Лаборатории оценки функционального состояния Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» кафедры физиологии человека и животных и биофизики факультета биологии и химии Таврической академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

Дизайн экспериментальной работы включал неинвазивное наблюдение на 20 условно-здоровых волонтерах женского пола в возрасте 20-25 лет с соблюдением

современных этических норм. Все испытуемые были разделены на 2 группы по 10 человек: контрольную и экспериментальную. Эксперимент проводился на сертифицированном оборудовании, прошедшем метрологическую поверку, в тихом, хорошо проветриваемом помещении с постоянной температурой  $+20 - +22 \text{ C}^0$  в утренние часы, что позволило исключить влияние суточных колебаний биологических ритмов на результаты исследования.

Со всеми испытуемыми в 1-е сутки исследования проводили психофизиологическое тестирование на компьютерном комплексе НС – Психотест (ООО «Нейрософт» г. Иваново, тесты: «Простая зрительно-моторная реакция», «Оценка внимания», «таблицы Шульце-Платонова», методика Мюнстерберга и «Числовой квадрат» [4]); стабилметрическое исследование в модификации «тест Ромберга» [5] (в течение 30 секунд с открытыми и в течение 30 секунды с закрытыми глазами) с помощью стабилметрической платформы «ST-150» со штатным программным обеспечением STPL (ООО Мера-ТСП, г. Москва [3]); оценку вегетативного статуса волонтеров методом variability сердечного ритма (VSR) [6,7] с помощью программно-аппаратного комплекса оценки variability сердечного ритма «Омега-М» (ООО «Динамика», Санкт Петербург).

Испытуемые экспериментальной группы после предварительного инструктажа, обучения работе со стабилметрической платформой ST-150 и предварительной регистрации стабилметрических характеристик, ежедневно в течение 10-ти дней проходили 5-тиминутные сеансы тренировок с биоуправлением на стабилметрической платформе. Суть тренировок заключалась в следующем: испытуемому в положении стоя на стабилметрической платформе предлагалось перемещать метку центра давления на стабилметрическую платформу в различных направлениях, сохраняя равновесие в соответствии с алгоритмом, заданным на экране монитора [2].

После проведения тренировок на 10-е сутки исследования у волонтеров обеих групп повторно были зарегистрированы показатели психофизиологического тестирования, VSR, компьютерной стабилметрии.

Обработка и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием пакета программ «Статистика-8.0» и «Microsoft Excel 2010», НС-Психотест [4] и STPL [3].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У испытуемых контрольной и экспериментальной групп в первые сутки исследования до проведения БОС-тренингов (фон) не было зарегистрировано значимых различий ни в одном из изученных показателей компьютерной стабилметрии, VSR и психофизиологических тестов (табл. 1-3). Однако после 10-тидневного тренинга были выявлены существенные различия в значениях изученных показателей у волонтеров выделенных групп.

***Изменение показателей компьютерной стабилметрии под влиянием БОС-тренингов по опорной реакции.*** При оценке изменений показателей статокнезиограммы в пробе Ромберга у волонтеров контрольной группы на 10-е сутки исследования было зарегистрировано увеличение значений следующих

показателей: площади статокинезиограммы ( $S$ , мм<sup>2</sup>) в фазе с открытыми глазами (ОГ) на 10,63 % ( $p < 0,05$ ), с закрытыми (ЗГ) на 25,39% ( $p < 0,05$ ), длины статокинезиограммы ( $L$ , мм) в фазе с ЗГ на 14,57% ( $p < 0,05$ ), показателя работы ( $A$ , Дж): ОГ на 31,71% ( $p < 0,05$ ), ЗГ на 31,68% ( $p < 0,05$ ) относительно фоновых значений этих показателей (табл. 1).

**Таблица 1.**  
**Показатели компьютерной стабилотрии у испытуемых выделенных групп под влиянием 10-ти сеансов БОС-тренингов по опорной реакции**

Фаза	Показатель	фон		10 сутки	
		Контрольная группа	Экспериментальная группа	Контрольная группа	Экспериментальная группа
глаза открыты	$S$ , мм <sup>2</sup>	110,77±2,32	113,375±1,31	122,55±2,46 $p_1 < 0,05$	98,33±1,11 $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$
	$L$ , мм	239,44±9,10	226,33±8,24	238,34±7,77	201,21±5,25 $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$
	$A$ , Дж	2,05±0,12	2,40±0,13	2,70±0,15 $p_1 < 0,05$	1,74±0,80 $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$
глаза закрыты	$S$ , мм <sup>2</sup>	168,55±3,15	174,22±5,29	211,34±3,22 $p_1 < 0,05$	124,68±3,14 $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$
	$L$ , мм	275,15±10,89	282,31±11,07	315,24±8,35 $p_1 < 0,05$	264,55±9,36 $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$
	$A$ , Дж	4,04±0,16	4,21±0,90	5,32±0,40 $p_1 < 0,05$	3,22±0,22 $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$

*Примечание:*  $p_1$  – достоверность различий по критерию Вилкоксона относительно значений, полученных в контрольной группе испытуемых;  $p_2$  – относительно значений, полученных в первые сутки исследования у испытуемых той же группы.

Проведение 10-тидневного БОС-тренинга у испытуемых экспериментальной группы привело к противоположному относительно контрольной группе результату. У этих волонтеров было зарегистрировано уменьшение как площади и длины статокинезиограммы, так и работы, по смещению испытуемыми центра давления на стабилотрическую платформу. Так, в фазе с открытыми глазами пробы Ромберга значения показателя площади статокинезиограммы ( $S$ , мм<sup>2</sup>) снизились на 13,27% ( $p < 0,05$ ), длины ( $L$ , мм) на 11,10% ( $p < 0,05$ ), работы ( $A$ , Дж) – на 27,50% ( $p < 0,05$ ). В фазе с закрытыми глазами было значения показателя  $S$  снизились на 28,44% ( $p < 0,05$ ),  $L$  – на 6,29% ( $p < 0,05$ ),  $A$  на 23,52% ( $p < 0,05$ ) по сравнению со значениями, полученными в первые сутки исследования до начала БОС-тренингов (табл. 1).

Следует отметить, что при анализе изменений показателей статокинезиограммы волонтеров экспериментальной группы по сравнению с данными, полученными в

контрольной группе волонтеров, эти изменения были выражены в еще большей степени (табл. 1). В фазе пробы Ромберга с открытыми глазами было зарегистрировано снижение значений показателя S, на 19,76% ( $p < 0,05$ ), L на 15,58% ( $p < 0,05$ ), A – на 35,56% ( $p < 0,05$ ). В фазе с закрытыми глазами S на 41,01% ( $p < 0,05$ ), L – на 16,08% ( $p < 0,05$ ), A на 39,47% ( $p < 0,05$ ) по отношению к значениям, полученным в контрольной группе волонтеров (табл. 1).

Из литературных источников известно, что изменения площади и длины стабиллограммы прямо пропорциональны изменениям амплитуды колебаний центра давления на стабиллометрическую платформу, а показатель работы напрямую отражает энергозатраты испытуемых по перемещению центра давления в плоскости стабиллометрической платформы [1, 8]. Следовательно, полученные нами у испытуемых контрольной группы данные свидетельствуют о незначительном изменении контроля заданной позы в пробе Ромберга, что может быть проявлением естественной биологической ритмики волонтеров, либо адаптационной реакции на внешние условия (климатические, хронологические и др. факторы). В то же время, у испытуемых экспериментальной группы нами зарегистрировано значительное снижение значений исследуемых показателей, свидетельствующее о выраженном увеличении контроля заданной позы [2] у данных волонтеров, что может быть расценено как позитивные изменения в системе поддержания равновесия испытуемых под влиянием 10-тидневного курса БОС-тренингов. Подтверждением полученных данных о высокой эффективности проведения БОС-тренингов по опорной реакции для коррекции функционального состояния волонтеров служат изменения показателей ВСР у испытуемых выделенных групп.

***Изменение показателей вариабельности сердечного ритма под влиянием БОС-тренингов на стабиллометрической платформе.*** У волонтеров выделенных групп не было зарегистрировано значимых различий в значениях изученных показателей ВСР до начала исследования (табл. 2). Однако на 10-е сутки исследования у испытуемых контрольной группы были зарегистрированы изменения ВСР, связанные со снижением значений некоторых показателей, в частности, значения SDNN снизились на 6,7% ( $p < 0,05$ ), RMSSD – на 7,3% ( $p < 0,05$ ) по отношению к значениям, полученным у испытуемых этой группы в первые сутки исследования (табл. 2). Кроме того, выявлено снижение спектральных показателей сердечного ритма у данных волонтеров. Так, показатель HF снизился на 17,3 % ( $p < 0,05$ ), LF на 14,7% ( $p < 0,05$ ) TP на 13,4% ( $p < 0,05$ ) по отношению к значениям, полученным на первые сутки исследования (табл. 2).

При анализе внутригрупповых результатов исследования ВСР испытуемых экспериментальной группы, напротив, зарегистрировано значимое увеличение показателей статистического анализа ВСР: SDNN на 10,02 % ( $p < 0,05$ ), RMSSD – на 25,2% ( $p < 0,05$ ), pNN50 на 30,2% ( $p < 0,05$ ) по отношению к значениям, полученным в первые сутки исследования (табл. 2). Кроме того, при оценке значений спектральных показателей сердечного ритма у волонтеров экспериментальной группы было зарегистрировано увеличение значений показателя HF на 35,2 % ( $p < 0,05$ ), LF на 10,1% ( $p < 0,05$ ), TP на 23,4% ( $p < 0,05$ ) по отношению к значениям, полученным на первые сутки исследования (табл. 2). При этом наблюдалось снижение значений

индекса напряженности по Баевскому (ИН, усл.ед) на 22,4% ( $p < 0,05$ ), а также частоты сердечных сокращений (HR, уд/мин) на 8,2% ( $p < 0,05$ ; табл. 2).

**Таблица 2.**  
**Показатели вариабельности сердечного ритма у испытуемых выделенных групп под влиянием 10-ти сеансов БОС-тренингов по опорной реакции**

Показатель	1 сутки (фон)		10 сутки	
	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Контрольная группа	Экспериментальная группа
SDNN, мс	65,45±1,25	64,17±1,47	61,07±0,99 <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>	70,60±1,86 <b><math>p_1 &lt; 0,05</math></b> <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>
RMSSD, мс	43,09±0,71	41,92±0,54	39,93±0,26 <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>	52,47±0,79 <b><math>p_1 &lt; 0,05</math></b> <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>
pNN50, %	19,84±1,22	18,95±0,55	17,79±1,14	24,67±1,56 <b><math>p_1 &lt; 0,05</math></b> <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>
HR, уд./мин.	80,78±2,34	80,92±3,12	80,81±2,96	74,27±1,58 <b><math>p_1 &lt; 0,05</math></b> <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>
HF, мс <sup>2</sup>	1135,73±23,12	1069,17±54,22	939,67±23,87 <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>	1445,73±12,35 <b><math>p_1 &lt; 0,05</math></b> <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>
LF, мс <sup>2</sup>	2417,45±22,54	2303,42±35,14	2061,67±32,12 <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>	2535,07±22,35 <b><math>p_1 &lt; 0,05</math></b> <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>
VLF, мс <sup>2</sup>	1222,00±12,43	1214,00±11,04	1132,33±15,66	1680,60±33,65 <b><math>p_1 &lt; 0,05</math></b> <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>
TP, мс <sup>2</sup>	4775,18±112,24	4586,58±129,35	4133,67±123,34 <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>	5661,40±114,18 <b><math>p_1 &lt; 0,05</math></b> <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>
LF/HF	2,55±0,24	2,60±0,12	2,86±0,22	2,28±0,23 <b><math>p_1 &lt; 0,05</math></b> <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>
ИН, у.е.	78,38±8,12	79,21±9,14	83,50±11,23	61,45±5,8 <b><math>p_1 &lt; 0,05</math></b> <b><math>p_2 &lt; 0,05</math></b>

Примечание: обозначения те же, что и в табл. 1.

Следует отметить существенные различия в изменении показателей ВСР у волонтеров контрольной и экспериментальной групп на 10-е сутки исследования

под влиянием БОС-тренингов по опорной реакции. Так, у испытуемых экспериментальной группы значения показателей статистического анализа ВСР на 10-е сутки исследования были выше на 15-40%, чем у волонтеров контрольной группы и составили SDNN – 115,61% ( $p < 0,05$ ), RMSSD – 131,39% ( $p < 0,05$ ), pNN50 – 138,72% ( $p < 0,05$ ) от значений соответствующих показателей, полученных в контрольной группе волонтеров (табл. 2). Аналогичные изменения были зарегистрированы при оценке значений спектральных показателей сердечного ритма. У волонтеров экспериментальной группы значения показателя HF были на 53,86% ( $p < 0,05$ ), LF на 22,96% ( $p < 0,05$ ), VLF на 48,42% ( $p < 0,05$ ), TP на 136,96% ( $p < 0,05$ ) выше значений, полученных у волонтеров контрольной группы на 10-е сутки наблюдения (табл. 2). Кроме того, нами зарегистрировано значительное снижение у волонтеров экспериментальной группы значений индекса напряженности по Баевскому (ИН, усл.ед) на 26,4% ( $p < 0,05$ ), а также частоты сердечных сокращений (HR, уд/мин) на 8,0% ( $p < 0,05$ ) по сравнению со значениями, полученными в контрольной группе испытуемых (табл. 2).

Из литературных данных известно [6,9], что снижение значений статистических и спектральных показателей СР обусловлено активацией симпатического контура вегетативной регуляции в следствие адаптационных перестроек ВСР испытуемых. Так, полученные нами данные о напряжении регуляторных систем у волонтеров контрольной группы на 10-е сутки исследования могут быть проявлением реакции адаптации, обусловленной как непосредственным участием данных испытуемых в исследовании, так и другими причинами, не связанными напрямую с процедурой тестирования, например, социальными факторами.

Однако у волонтеров экспериментальной группы под влиянием 10-тидневного курса БОС-тренингов по опорной реакции получены противоположные данные о снижении значений ЧСС, индекса напряженности регуляторных систем, а также увеличении статистических и спектральных показателей ВСР, что свидетельствует о снижении напряжения регуляторных систем и усилении вегетативных влияний на сердце, об увеличении адаптационного потенциала организма испытуемых под влиянием данного фактора. В свою очередь, это может быть одним из механизмов достижения высокой эффективности контроля заданной позы и успешности выполнения двигательно-когнитивных тестов на стабилметрической платформе.

В связи с этим, большой интерес, на наш взгляд, представляют результаты проведения двигательно-когнитивных тестов для оценки скорости сенсомоторной реакции, объёма и направленности внимания волонтеров под влиянием 10-тидневного курса тренингов с биоуправлением по стабилметрическому сигналу.

**Роль тренингов с биоуправлением в изменении психофизиологических характеристик волонтеров.** В данном тесте у испытуемых контрольной группы не было зарегистрировано значимых различий в показателях двигательно-когнитивных тестов в 1-е и 10-е сутки исследования (табл. 3), что, по нашему мнению, свидетельствует об устойчивости сенсомоторной реакции и отсутствии выраженных изменений когнитивных процессов волонтеров контрольной группы на протяжении исследования.

У испытуемых экспериментальной группы под влиянием ежедневных 5-минутных БОС-тренингов были зарегистрированы значительные изменения показателей сенсомоторных тестов. Так, при оценке латентного периода сенсомоторной реакции в тесте «Простая зрительно-моторная реакция» на 10-е сутки исследования у этих волонтеров регистрировали уменьшение данного показателя на 1,34% ( $p < 0,05$ ), в тесте «Оценка внимания» на – 2,70% ( $p < 0,05$ ) по сравнению с данными, полученными у волонтеров контрольной группы (табл. 3.). Кроме того, при оценке результатов теста «Красно-черные таблицы Шульте-Платонова» у испытуемых экспериментальной группы нами зарегистрировано значительное снижение (на 41,51% ( $p < 0,05$ ) относительно значений этого показателя в контрольной группе испытуемых) показателя времени прохождения данного теста (табл. 3.). Полученные данные подтверждаются анализом результатов исследования объема внимания в тесте Мюнстерберга и «Числовой квадрат». Результаты прохождения теста Мюнстерберга свидетельствуют об увеличении значений показателя объема внимания у волонтеров экспериментальной группы на 23,01% ( $p < 0,05$ ), в то время как при исследовании значений данного показателя в тесте «Числовой квадрат» было зарегистрировано их увеличение на 16,89% ( $p < 0,05$ ) относительно значений, полученных у волонтеров контрольной группы (табл. 3.).

**Таблица 3.**  
**Показатели двигательного-когнитивных тестов у испытуемых выделенных групп под влиянием 10-ти сеансов БОС-тренингов по опорной реакции**

Группа	Латентный период реакции (t, мс) в тесте «Простая зрительно-моторная реакция»		Латентный период реакции (t, мс) в тесте «Оценка внимания»		Время прохождения (сек) в тесте «Таблицы Шульте-Платонова»		Объем внимания (V, усл.ед) в тесте Мюнстерберга		Объем внимания (V, усл.ед) в тесте «Числовой квадрат»	
	сутки		сутки		сутки		сутки		сутки	
	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10
Контрольная (n=10)	230,95±1,5	229,8±1,2	297,65±25	298,05±3,3	2,12±3,3	2,24±3,3	358,95±58,3	342,89±25,1	34,3±2,3	36,7±3,4
Экспериментальная (n=10)	229,67±1,8	226,78±1,4 <b>p<sub>1</sub>&lt;0,05</b> <b>p<sub>2</sub>&lt;0,05</b>	301,77±3,2	289,99±4,1 <b>p<sub>1</sub>&lt;0,05</b> <b>p<sub>2</sub>&lt;0,05</b>	22,14±3,3	1,31±3,3 <b>p<sub>1</sub>&lt;0,05</b> <b>p<sub>2</sub>&lt;0,05</b>	359,7±42,1	421,8±37,1 <b>p<sub>1</sub>&lt;0,05</b> <b>p<sub>2</sub>&lt;0,05</b>	34,5±3,1	42,9±2,6 <b>p<sub>1</sub>&lt;0,05</b> <b>p<sub>2</sub>&lt;0,05</b>

Примечание: обозначения те же, что и в табл. 1

Известно, что величина латентного периода сенсомоторной реакции зависит от абсолютных величин времени реакции, характеризует скорость произвольной реакции и напрямую обусловлена изменением объема внимания волонтеров в ответ на предъявление сигнала на экране монитора [5]. Снижение латентного периода

сенсомоторной реакции в сенсомоторных тестах свидетельствует об увеличении скорости реакции в ответ на предъявление стимула и может быть связано с увеличением концентрации внимания у испытуемых экспериментальной группы под влиянием 10-тидневного курса 5-ти минутных БОС-тренингов по опорной реакции [5, 6].

Кроме того заметим, что снижение времени прохождения теста «Красно-черные таблицы Шульте-Платонова» напрямую связано с увеличением концентрации внимания испытуемых [5]. В свою очередь, под объемом внимания в тестах Мюнстерберга и «Числовой квадрат» авторы [5] понимают то количество объектов, которые могут быть отчетливо восприняты в относительно короткий период времени. Увеличение объема внимания напрямую обуславливает процессы переключения внимания с одного объекта или вида деятельности на другой и свидетельствует о возможности субъекта направлять и сосредотачивать внимание на нескольких независимых переменных одновременно.

Как показали результаты исследования изменения психофизиологических характеристик волонтеров экспериментальной группы, 10-тидневный курс 5-минутных сеансов биоуправления по опорной реакции оказывал направленное действие на когнитивные процессы волонтеров, что было выражено в увеличении скорости сенсомоторной реакции, объема и концентрации внимания в ответ на данное воздействие.

Таким образом, полученные нами данные об изменении отдельных показателей ВСП и стабиллометрии у волонтеров контрольной группы на протяжении 10-ти суток исследования согласуются как с литературными [10], так и с полученными нами ранее [11, 12] и свидетельствуют о том, что ВСП, как и изменение показателей статокинезиограммы не является стационарным процессом, а зависит от множества внешних влияний, в том числе и индивидуальной ритмики физиологических процессов. Незначительное снижение показателей функционального состояния испытуемых данной группы на протяжении исследования может быть обусловлено как проявлением адаптационной реакции волонтеров на непосредственное участие в исследовании, так и другими причинами, не связанными напрямую с процедурой тестирования, например, социальными, экологическими, хронобиологическими и другими факторами.

В то же время у волонтеров экспериментальной группы зарегистрированы значимые изменения практически всех изученных показатели статокинезиограммы, ВСП и психофизиологического статуса, свидетельствующие об увеличении контроля заданной позы, снижении напряжения регуляторных систем, увеличении скорости сенсомоторной реакции, объема и концентрации внимания. Как показали результаты исследования, 10-тидневный БОС-тренинг по опорной реакции оказывал направленное влияние как на функциональное состояние системы поддержания равновесия, так и изменение вегетативного статуса, характеристики внимания у волонтеров экспериментальной группы. Возможным объяснением этого факта может быть то, что изменения, наблюдаемые в организме испытуемых в ответ на специфические требования по реализации многократно повторяющейся двигательной задачи, как и для многих других физико-химических факторов,

происходят на всех уровнях организма [13]. Степень синхронизации физиологических реакций, адекватная такому типу биоуправления в данном случае определяет уровень эффективности системы контроля заданной позы, а успешность выполнения двигательных тестов на стабилометрической платформе может быть напрямую обусловлена как вегетативным статусом волонтеров, так и особенностью их когнитивных процессов. Полученные нами данные могут стать основой принципиально новых подходов к обоснованию режимов и методик биоуправления движением с использованием силовых платформ. Это позволит более точно прогнозировать результаты БОС и избегать ошибок при выборе стратегий коррекции системы контроля заданной позы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. 10-тидневный БОС-тренинг по опорной реакции оказывает положительное влияние на функциональное состояние здоровых волонтеров, о чем свидетельствует изменение состояния системы поддержания равновесия, вегетативного статуса и когнитивных процессов волонтеров.
2. У здоровых волонтеров под влиянием 10-тидневного курса БОС-тренингов по опорной реакции зарегистрированы изменения показателей вариабельности сердечного ритма по сравнению с данными, полученными у волонтеров контрольной группы: снижение частоты сердечных сокращений, индекса напряженности регуляторных систем, увеличение статистических и спектральных характеристик, что свидетельствует о снижении напряжения регуляторных систем и увеличении адаптационного потенциала организма испытуемых под влиянием курсового применения биоуправления по опорной реакции.
3. Применение 10-тидневного курса БОС-тренингов на стабилометрической платформе привело к увеличению контроля заданной позы, что выразилось в снижении значений изученных показателей пробы Ромберга.
4. 10-тидневный курс сеансов биоуправления по опорной реакции оказал направленное действие на когнитивные процессы волонтеров, что выразилось в увеличении скорости сенсомоторной реакции, объема и концентрации внимания в ответ на данное воздействие.

*Выполнено на базе Центра коллективного пользования “Экспериментальная физиология и биофизика”. Поддержано Программой развития ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского на 2015-2024 г. в рамках проекта «Системные механизмы изменения функционального состояния волонтеров под влиянием биоуправления по опорной реакции» приказ № от 23.11. 2017 № 1033.*

Список литературы

1. Скворцов Д. В. Стабилометрическое исследование/ Д.В. Скворцов. – М.: Маска. – 2010. –176 с.
2. Кубряк О. В. Биологическая обратная связь по опорной реакции: методология и терапевтические аспекты // О. В. Кубряк, С. С. Гроховский, Е. В. Исакова, С. В. Котов. – М.: Маска, 2015. – 128 с.
3. Кубряк О. В. Исследование опорных реакций человека (постурография, стабилометрия) и биологическая обратная связь в программе STPL / О. В. Кубряк, С. С. Гроховский, А. В. Доброродный. – Москва: Мера – ТСП, 2018. – 121 с.
4. Мантрова И. Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике/ И. Н. Мантрова. – Иваново: ООО Нейрософт, 2007.–216 с.
5. Шутова С. В., Муравьева И. В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС./ С. В. Шутова, И. В. Муравьева.– Тамбов: Вестник ТГУ. – 2013.–Т.18, Вып. 5. – с. 2831-2840.
6. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use // Eur. Heart J. – 1996. – V. 17. – P. 354-381.
7. Баевский Р. М. Оценка функционального состояния организма на основе математического анализа сердечного ритма: метод.рек. / Р. М. Баевский, Ж. Ю. Барсукова. – Владивосток: ДЦО АН СССР.– 1989. – 40 с.
8. Гроховский С. С. Метрологическое обеспечение стабилометрических исследований/ С.С. Гроховский, О.В. Кубряк // Медицинская техника. – 2014. – № 4. – С. 22–24.
9. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практ. применения / В. М. Михайлов. – Иваново: Гос. мед. академия, 2002.– 290 с.
10. Панова Е.Н. Вертикальная поза человека и смены функциональных состояний в опорных реакциях: обзор/ Е. Н. Панова, О. В. Кубряк // Вестн. Новг. гос. ун-та. Сер.: Медицинские науки. – 2018. – № 2 (108). – С.15–20.
11. Опорные реакции волонтеров в условиях вариаций геомагнитных факторов: влияние управляемого дыхания / Е. А. Бирюкова, И. С. Миронюк, Е. Н. Чуян // Научные труды VIII Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». – СПб.– 2018. – Том 8. – С.108.
12. Бирюкова Е. А. Исключение влияния обучения в длительной серии постуральных тестов добровольцев / Е. А. Бирюкова, И. С. Миронюк, О. В. Кубряк // Журнал фундаментальной медицины и биологии. – 2018. – № 2. – С. 54-58.
13. Postural control ability and autonomic and central nervous system parameters in healthy volunteers / A. V. Kovaleva, E. A. Birukova, O. V. Kubryak// International Journal of Psychophysiology. – 2018. – № 131. – P. 47.

**THE INFLUENCE OF THE SUPPORTIVE REACTION BIOFEEDBACK TRAININGS ON VOLUNTEERS FUNCTIONAL STATE**

*Chuyan E. N., Birukova E. A., Mironyuk I. S., Cheretaev I. V., Chaika A. V., Nepritimova E. A.*

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia  
E-mail: biotema@rambler.ru*

The change of the functional state of 20 healthy volunteers under the support reaction biofeedback influence was studied. The two groups of the volunteers' were compared: biofeedback (BFB) group (n=10) and control group (n=10).

Before and after trainings background physiological values (psychophysiological, heart rate variability and stabilometric parameters) were recorded in both groups.

BFB group subjects after preliminary instruction and physiological values registration, daily were exposed of 5-minute biofeedback trainings of support reaction influence.

The research is aimed at studying a 10-day course of 5-minute biofeedback trainings of support reaction influence on healthy volunteers' postural control, heart rate variability and psychophysiological characteristics.

All subjects of the BFB group changed the body position in response to the mark shifting on the screen.

The results of this study indicate a significant effect of biofeedback supportive reaction trainings on the stabilometric platform on volunteers' postural control, heart rate variability, speed and latent period of sensorimotor reaction. The results can be implemented to improve postural control and psychophysiological reaction of professional athletes and social groups with balance disfunction.

**Keywords:** stabilometry, functional state, heart rate variability, psychophysiological tests, training, biofeedback.

*Supported by the V.I. Vernadsky Crimean Federal University Development Program for 2015 – 2024.*

#### References

1. Skvorcov D. V. *Stabilometric research* (Maska, Moscow, 2010), p. 176.
2. Kubryak O. V., Grohovsky S. S., Isakova E. V., Kotov S. V. *Biofeedback on basic reaction: methodology and therapeutic aspects* (Maska, Moscow, 2015), p.128.
3. Kubryak O. V., Grokhovsky S. S., Dobrorodny A. V. *The research of human support reactions (posturography, stabilometry) and biofeedback in STPL software*. (Moscow: Mera-TSP, 2018), p. 121.
4. Mantrova I. N. Methodological guideline of psychophysiological and psychological diagnostics (Neurosoft, Ivanovo, 2007), p.216.
5. Shutova S. V., Muravyova I. V. Sensorimotor reactions as characteristics of functional state of CNS – Tambov: *Vestnik TGU*, **18**, **5**, 2831 (2013).
6. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use, *Eur. Heart J.*, **17**, 354 (1996).
7. Baevs kij R. M., Barsukova Z. J. Assessment of a functional state of an organism on the basis of the mathematical analysis of a heart rate: method. rivers (DCO AN SSSR?Vladivostok, 1989).p. 40.
8. Grohovsky S. S., Kubryak O. V. *Metrological assurance of stabilometric study*, **4**, 22 (2014).
9. Mihajlov V. M. *The heart rate variability: experience of practical application*, 290 s. (Ivanovo: Gos. med. akademija, 2002).
10. Panova E. N., Kubryak O. V. Vertical posture of human and change of functional states in supporting reactions: a review, *Vestnik NovSU. Issue: Medical Sciences*, **2(108)**, 15 (2018).
11. Birukova E.A., Mironyuk I.S., Chuyan E. N. The volunteers supporting reactions in geomagnetic variations: controlled breath influence, *Nauchnye trudy VIII Mezhdunarodnogo kongressa «Slabye i sverhslabye polja i izluchenija v biologii i mediciny»*, **8**, p.108 (SPb., 2018).
12. Birukova E. A., Mironyuk I. S., Kubryak O. V. Elimination of the influence of learning in a long series of postural tests in healthy volunteers, *Zhurnal fundamental'noj mediciny i biologii*, **2**, 54 (2018).
13. A.V. Kovaleva, E.A Birukova, O.V. Kubryak Postural control ability and autonomic and central nervous system parameters in healthy volunteers, *International Journal of Psychophysiology*, **131**, p. 47 (2018).