

Кальманов А.С.<sup>1, 3026-0806</sup>, Филатов В.Н.<sup>1, 3517-9939</sup>, Зуева Л.В.<sup>1, 6332-1233</sup>, Шишкин А.Н.<sup>1</sup>, Житников А.Г.<sup>1</sup>, Клишин Г.Ю.<sup>1, 1374-5627</sup>

Kalmanov A.S.<sup>1, 3026-0806</sup>, Filatov V.N.<sup>1, 3517-9939</sup>, Zueva L.V.<sup>1, 6332-1233</sup>, Shishkin A.N.<sup>1</sup>, Zhitnikov A.G.<sup>1</sup>, Klishin G.Yu.<sup>1, 1374-5627</sup>

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ НЕФАРМАКОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЛЁТНОГО СОСТАВА В ПЕРИОД ПОДГОТОВКИ К ДЕМОНСТРАЦИОННЫМ ПОЛЁТАМ

### EXPERIENCE OF THE APPLICATION OF MODERN NON-PHARMACOLOGICAL METHODS TO OPTIMIZE THE FUNCTIONAL CONDITION OF THE FLIGHT CREW DURING PREPARATION FOR DEMONSTRATION FLIGHTS

<sup>1</sup> Научно-исследовательский испытательный Центр авиационно-космической медицины и военной эргономики ЦНИИ ВВС Минобороны РФ, Москва

<sup>1</sup>Scientific research test center (aviation-space medicine and military ergonomics) Central research institute of Airforce (Russian Federation Defence Ministry), Moscow

**Аннотация:** Цель работы состояла в выполнении комплекса мероприятий по коррекции и ускоренному восстановлению функционального состояния лётного состава, принимавшего участие в подготовке к выполнению специальных демонстрационных полётов. В работе приняло участие 47 авиационных специалистов (средний возраст –  $34,15 \pm 1,33$  лет), проходивших специальную подготовку к воздушной части Парада на аэродроме города Кубинка. Лётному составу на протяжении 12 дней было проведено 6 сеансов аудиовизуальной стимуляции, биомеханической коррекции позвоночника и тренинга адаптивного биоуправления. Показано достоверное снижение систолического (на 8,5%) и среднего артериального давления (на 11,2%); уменьшение общего периферического сопротивления сосудов на 14,3%. Сделан вывод о положительном влиянии проведенных мероприятий на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы лётного состава.

После окончания курса коррекционных процедур зафиксировано повышение активности парасимпатической нервной системы, что проявлялось достоверным увеличением SDNN на 14,5%, повышением суммарной мощности спектра ВСП на 44,2%, значимым увеличением относительной мощности HF-диапазона спектра ВСП (на 37,4%), а также снижением вагосимпатического индекса, практически, в два раза. Сделан вывод о нормализации нейровегетативного баланса у обследованного лётного состава после проведённого курса процедур.

Отмечено положительное влияние проведенных процедур на психологический статус обследованных лётчиков, что подтверждалось результатами теста САН, а также Спилбергер-Ханина.

**Resume:** The purpose of the work was to perform measures for the correction and accelerated restoration of the functional state of the flight personnel who took part in the preparation for the implementation of special demonstration flights. 47 aviation specialists took part in the investigation (average age -  $34.15 \pm 1.33$  years), who underwent special training for the Parade air unit at the airfield of Kubinka. 6 procedures of audiovisual stimulation, biomechanical correction of the spine and biofeedback were conducted for the flight crew during 12 days. A significant decrease in systolic (by 8.5%) and mean arterial pressure (by 11.2%) was shown; decrease in total peripheral vascular resistance by 14.3%. The conclusion is made about the positive impact of the measures taken on the functional state of the cardiovascular system.

After completing the course of correctional procedures, an increase in the activity of the parasympathetic nervous system was recorded, which was manifested by a significant increase in SDNN

by 14.5%, an increase in the total power of the HRV spectrum by 44.2%, a significant increase in the relative power of the HF range of the HRV spectrum (by 37.4%) , as well as a decrease in vagosympathetic index, almost doubled. The conclusion is made about the normalization of the neurovegetative balance in the examined flight crews after the course of procedures.

The positive effect of the performed procedures on the psychological status of the examined pilots was noted, which was confirmed by the results of the SAN test, as well as by Spielberger-Khanin.

**Ключевые слова:** лётный состав; функциональное состояние; коррекция; восстановление; деятельность .

**Keywords:** flight crew; functional state; correction; recovery; activity.

ГРНТИ: 76.35.29

### **Введение (Introduction)**

Вопросы своевременной диагностики негативных сдвигов функционального состояния лётного состава на этапах донозологических и преморбидных проявлений с последующей их коррекцией и восстановлением психофизиологического статуса традиционно относятся к числу наиболее сложных и актуальных в авиационной медицине [2, 7]. Решение указанных задач становится особенно важным в период подготовки к проведению демонстрационных полётов, одним из видов которых является участие подразделений Воздушно-космических сил в воздушной части Парада, посвящённого Дню Победы в Великой отечественной войне.

Данное мероприятие, при всей своей зрелищности и кратковременности, подразумевает чрезвычайно длительную и интенсивную подготовку лётного состава, что в отсутствии условий для полноценного отдыха сопровождается постепенным истощением их функциональных резервов, развитием утомления, психоэмоционального напряжения и различных проявлений астенических состояний. Всё это негативно сказывается на профессиональной надёжности лётного состава, принимающего участие в воздушной части Парада, и требует от медицинской службы проведения дополнительных мероприятий по своевременной коррекции их функционального состояния.

Цель настоящей работы заключалась в выполнении комплекса мероприятий по коррекции и ускоренному восстановлению функционального состояния лётного состава, принимавшего участие в воздушной части Парада, посвящённого 73-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне.

### **Материалы и методы (Materials and methods)**

В мероприятиях приняло участие 47 авиационных специалиста (средний возраст –  $34,15 \pm 1,33$  лет), проходивших специальную подготовку к Параду на базе ЦПАТ (г. Кубинка).

Оценка функционального состояния проводилась на основании:

- анализа системных показателей гемодинамики (методом компьютерной компрессионной осциллометрии с помощью портативного аппаратно-программного комплекса АПКО-8-РИЦ);
- изучения вариабельности сердечного ритма (BCP) (с помощью портативного аппаратно-программного комплекса Поли-Спектр-8/EX);
- оценки субъективного состояния по методике САН;
- анализа уровня ситуативной и личностной тревожности по методике Спилбергера-Ханина;

С учётом полученных данных были проведены комплексные коррекционно-восстановительные мероприятия, включавшие в себя ряд современных нефармакологических средств психофизиологической коррекции:

– аудиовизуальную стимуляцию с помощью портативной психофизиологической коррекционно-диагностической системы «Компакт» по программе СМК «Релаксация» с преобладающей частотой стимуляции 4-6 Гц;

– биомеханическую коррекцию позвоночника с помощью многопрофильной физиотерапевтической термомассажной кровати Migun HY-7000E по программе № 1;

– тренинг адаптивного биоуправления с помощью аппаратно-программного комплекса «Реакор» (обратная связь по частоте сердечных сокращений);

Коррекционно-восстановительные процедуры выполнялись последовательно, после окончания полётов, через день. Всего было выполнено 6 серий процедур (общая продолжительность курса – 12 дней).

Статистическая обработка результатов осуществлялась с помощью встроенного программного модуля Microsoft Excel 2000 и методов непараметрической статистики. Проверка выборки на нормальность распределения выполнялась с использованием критерия Шапиро-Уилка.

### Результаты (Results)

Анализ результатов фонового обследования лётного состава показал, что у 63% военнослужащих значения параметров центральной и периферической гемодинамики соответствовали возрастной норме (согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения), у 32% были выявлены гемодинамические признаки артериальной гипертензии, у 5% – изолированной систолической гипертензии. В большинстве случаев, выявленные нарушения системы кровообращения заключались в умеренном сужении просвета кровеносных сосудов, увеличении силы сокращений миокарда и нарушении функции его расслабления.

После проведения курса коррекционно-восстановительных процедур наблюдалось достоверное снижение систолического и среднего артериального давления на 8,5% и 11,2%, соответственно ( $p \leq 0,05$  по Т-критерию Вилкоксона). Кроме того, отмечалось статистически значимое снижение общего периферического сопротивления сосудов в среднем на 14,3% (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика показателей функционального состояния у лётного состава при проведении курса коррекционно-восстановительных мероприятий.

Наименование показателя	До курса	После курса
Артериальное давление систолическое (мм.рт.ст.)	133,4±1,6	122,1±1,9 <sup>+</sup>
Артериальное давление диастолическое (мм.рт.ст.)	81,7±1,7	80,6±1,1
Артериальное давление среднее (мм.рт.ст.)	92,7±1,7	82,3±1,59 <sup>+</sup>
Общее периферическое сопротивление сосудов (дин·с·см <sup>-5</sup> )	1345,9±39,6	1153,4±39,7 <sup>+</sup>
Среднеквадратичное отклонение интервала R-R (мс <sup>2</sup> )	67,7±5,3	77,5±4,9 <sup>+</sup>
Суммарная мощность спектра ВСР (мс <sup>2</sup> )	4795,2±686,7	6913,0±744,5
Относительная мощность LF-компонента спектра ВСР (%)	34,2±3,3	28,8±3,1
Относительная мощность HF-компонента спектра ВСР (%)	28,9±2,1	39,7±2,4 <sup>+</sup>
Относительная мощность VLF-компонента спектра ВСР (%)	36,3±3,5	30,4±4,8
Вагосимпатический индекс LF/HF	1,35±0,21	0,72±0,18 <sup>+</sup>
Интегральный показатель «Самочувствие» (баллы)	5,5±0,1	6,1±0,1 <sup>+</sup>
Интегральный показатель «Активность» (баллы)	6,1±0,2	6,0±0,2
Интегральный показатель «Настроение» (баллы)	5,9±0,1	6,2±0,1
Уровень ситуативной тревожности (баллы)	25,9±1,3	19,3±1,1 <sup>+</sup>
Уровень личностной тревожности (баллы)	22,6±1,2	24,0±1,4
<i>Примечание: + – значения показателя статистически достоверно отличаются от фоновых (<math>p \leq 0,05</math>)</i>		

Анализ статистических и спектральных параметров ВСР показал, что на момент проведения фонового обследования у большинства обследованных лётчиков наблюдались низкие значения суммарной мощности спектра ВСР (в 48% случаев), низкая относительная мощность HF-диапазона спектра (67% случаев), а также доминирование в структуре спектра ВСР волн VLF-диапазона (39% случаев). Выявленный паттерн ВСР характерен для чрезмерной активации симпатoadренальной системы в условиях выраженного физического или психоэмоционального напряжения и указывает на снижение уровня функциональных резервов системы кровообращения в условиях интенсивных профессиональных нагрузок, связанных с подготовкой к Параду.

После завершения курса коррекционно-восстановительных процедур отмечалось значимое увеличение среднеквадратичного отклонения интервала R-R (SDNN) в среднем на 14,5% ( $p \leq 0,025$  по Т-критерию Вилкоксона), а также тенденция к повышению суммарной мощности спектра вариабельности сердечного ритма (ВСР) на 44,2%.

Анализ структуры спектра ВСР показал, что проведение курса способствовало снижению относительной мощности LF- и VLF-диапазонов (на 15,8% и 16,3%, соответственно), а также достоверному увеличению мощности HF-диапазона в среднем на 37,4% ( $p \leq 0,05$  по Т-критерию Вилкоксона). Как следствие, наблюдалось выраженное снижение вагосимпатического индекса, практически, в два раза ( $p \leq 0,01$  по Т-критерию Вилкоксона).

К моменту окончания курса низкие значения суммарной мощности спектра ВСР регистрировались лишь у 15% военнослужащих, низкая относительная мощность HF-диапазона спектра – у 33%, а доминирование в структуре спектра VLF-диапазона – лишь у 12% обследованных лётчиков (таблица 1).

Анализ опросников «САН» и Спилбергера-Ханина показал, что исходные значения параметров субъективного состояния и уровня тревожности у лётного состава не выходили за пределы среднепопуляционной нормы. Тем не менее, после проведения курса коррекционно-восстановительных мероприятий отмечалось достоверное повышение интегрального показателя «Самочувствие» в среднем на 10,9% ( $p \leq 0,05$  по Т-критерию Вилкоксона), а также снижение уровня ситуативной тревожности в среднем на 25,5% ( $p \leq 0,025$  по Т-критерию Вилкоксона).

### **Обсуждение (Discussion)**

В последние годы как отечественными, так и зарубежными исследователями предпринимаются успешные попытки использования различных нефармакологических средств в целях оптимизации функционального состояния различных категорий лиц опасных профессий [3, 4, 8].

В настоящей работе в коррекционно-восстановительных целях применялся курс процедур, включающих в себя аудиовизуальную стимуляцию, биомеханическую коррекцию позвоночника с помощью термомассажной кровати, а также тренинг адаптивного биоуправления (БОС-тренинг).

Использование технологии аудиовизуальной стимуляции позволяет сформировать навязанную биоэлектрическую активность коры головного мозга, соответствующую состоянию релаксации той или иной степени выраженности, что способствует ускоренному восстановлению функционального состояния ЦНС в условиях напряжённой профессиональной деятельности [3].

Использование термомассажной кровати позволяет в определённой степени объединить традиционный массаж с точечным, а также термотерапией по методу Мокса. Данные процедуры способствуют повышению эластичности мышц и связочного аппарата, улучшению сократительной функции мышечной ткани, а также повышению физической работоспособности.

Адаптивное биоуправление с помощью биологической обратной связи (в англоязычной литературе «biofeedback») – это современная технология, включающая в себя комплекс психофизиологических, профилактических и лечебных процедур, основанных на предъявлении лётчику информации в режиме «on-line» о состоянии и изменении тех или иных физиологических процессов, с одновременной выработкой навыков их произвольной регуляции [3].

Использование БОС-тренинга способствует предупреждению развития стресс-индуцированных расстройств и повышает стрессоустойчивость лётного состава.

Таким образом, сочетанное использование вышеперечисленных методов может оказывать существенное влияние на функциональное состояние человека, способствуя его поддержанию на наиболее напряжённых этапах профессиональной деятельности. Полученные в ходе работы результаты подтверждают это предположение.

Прежде всего, следует обратить внимание на динамику среднего артериального давления, которое является производным сложного комплекса регуляторных и гемодинамических влияний, и в этом смысле может рассматриваться как маркер функционального состояния целостного организма [5, 7]. В ходе исследования было отмечено снижение данного параметра на 11,2%, что с учётом одновременного снижения общего периферического сопротивления сосудов (на 14,3%) может свидетельствовать о повышении функциональных резервов системы кровообращения у обследуемого лётного состава.

Выявленная динамика среднего артериального давления и общего периферического сопротивления сосудов сочеталась с характерными изменениями статистических и спектральных характеристик ВСР: увеличением SDNN и TP, изменениями структуры спектра в сторону повышения относительной мощности HF-диапазона, а также выраженным снижением вагосимпатического индекса.

Следует отметить, что SDNN является одним из наиболее удобных и информативных показателей ВСР, поскольку отражает все циклические компоненты, определяющие характер variability ритма [1, 6]. Его повышение, а также существенное снижение вагосимпатического индекса, зафиксированное после окончания курса, свидетельствует об увеличении активности парасимпатического звена нервной регуляции, что является одним из факторов индивидуальной устойчивости сердечно-сосудистой системы к воздействию неблагоприятных факторов профессиональной среды.

Значимые положительные изменения параметров системной гемодинамики, а также ВСР сопровождалось закономерным улучшением субъективного состояния лётного состава, что способствовало формированию положительной мотивации к дальнейшему посещению процедур курса, а также обеспечивало поддержание оптимального психологического статуса у обследованных лиц в период подготовки к участию в Параде.

### **Заключение (Conclusion)**

1. Проведённое комплексное психофизиологическое обследование лётного состава, проходившего подготовку к участию в воздушной части Парада, посвящённого дню Победы в Великой Отечественной войне, выявило у части обследованных лиц наличие признаков умеренного напряжения механизмов адаптации (гемодинамические признаки артериальной гипертензии, характерные изменения в структуре спектра ВСР). Данное обстоятельство обусловило целесообразность проведения комплексных мероприятий, направленных на ускоренное восстановление их функционального состояния.

2. Проведение курса коррекционно-восстановительных процедур, включавших в себя аудиовизуальную стимуляцию, биомеханическую коррекцию позвоночника и тренинг адаптивного биоуправления, способствовало восстановлению функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у лётного состава, а также сопровождалось признаками нормализации нейровегетативного баланса.

### **Литература (References)**

1. Bernardi L., Wdowczyk-Szulc J., Valenti C., Castoldi C. Effects of controlled breathing, mental activity and mental stress with or without verbalization on heart rate variability. *J.Am.Coll.Cardiol.* 2000; 35(6): 1462–1469.
2. Благинин А.А., Лизогуб И.Н., Синельников С.Н., Жильцова И.И. Перспективные направления развития авиационной и космической медицины России. *Вестник Российской Военно-медицинской академии.* – 2014. – 1(45). – С. 184–186.

Blaginin A.A., Lizogub I.N., Sinelnikov S.N., Zhilcova I.I. Perspective directions of development of aviation and space medicine of Russia. *Vestnik Rossiiskoi Voenno-Medicinskoi Akademii*. 2014; 1 (45): 184–186. Russian.

3. Ханкевич Ю.Р., Блощинский И.А., Васильев А.С., Кальманов А.С. Оценка эффективности БОС-тренинга для коррекции функционального состояния подводников в период длительного плавания. *Экология человека*. – 2015. –10. – С. 3–9.

Khankevich Yu.R., Bloshinsky I.A., Vasilyev A.S., Kalmanov A.S. Estimation of the effectiveness of biofeedback for the correction of the functional state of submariners during a long voyage. *Human ecology*. 2015; 10: 3–9. Russian.

4. Huang T.L., Charyton C. A comprehensive review of the psychological effects of brainwave entrainment. *Altern. Ther. Health. Med.* 2008; 14(5): 38–50.

5. Steptoe A., Cropley M., Joeke K. Job strain, blood pressure and response to uncontrollable stress. *J. Hypertens.* 1999; 17(2):193–200.

6. Minassian A., Geyer M.A., Baker D.G., Nievergelt C.M. Heart rate variability characteristics in a large group of active-duty marines and relationship to posttraumatic stress. *Psychosom. Med.* 2014; 76 (4): 292–301.

7. Пухов В.А., Иванов И.В., Чепур С.В. Оценка функционального состояния организма военных специалистов. СПб.: СпецЛит., – 2016. – 312 с.

Pukhov V.A., Ivanov I.V., Chepur S.V. Estimation of the functional state of military specialists. SPb.: SpecLit. 2016. 312. Russian.

8. Williamson A., Lombardi D.A., Folkard S., Stutts J. The link between fatigue and safety. *Accident Analysis & Prevention*. 2011; 43 (2): 498–515.