

В.Г. Михайлов<sup>1</sup>, П.М. Шалимов<sup>2</sup>,  
А.В. Варлачев<sup>1</sup>, А.В. Нестерук<sup>2</sup>

## Эффективность психомоторной саморегуляции с рефлекторным подкреплением на основе биологической обратной связи для коррекции и восстановления физической работоспособности

<sup>1</sup>Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Научный центр «Сигнал», Москва

**Резюме.** Представлены результаты апробации методов повышения эффективности и надежности деятельности лиц опасных профессий, выполняющих профессиональную деятельность в экстремальных условиях с высокими психическими и чрезмерными физическими нагрузками. В моделируемых условиях с участием 16 здоровых добровольцев-мужчин в возрасте 21–37 лет изучались возможности психомоторной саморегуляции для коррекции и восстановления психофизиологического статуса после стресс-физических нагрузок. Показано, что ступенчатое повышение физической нагрузки на тредбане вплоть до отказа сопровождается психофизиологическими и биохимическими сдвигами в 4–6 раз более выраженными по сравнению с исходным уровнем и существенным снижением надежности тестовой деятельности, что обосновывает необходимость разработки психофизиологических средств оптимизации и восстановления функционального состояния и физической работоспособности. Установлено, что психомоторная саморегуляция, особенно в сочетании с синхронными рефлекторными воздействиями на кожу и систему дыхания на основе биологической обратной связи, является эффективным средством восстановления психофизиологического статуса после чрезмерных физических нагрузок. Полученные данные могут быть использованы при разработке новых психофизиологических средств оптимизации и восстановления функционального состояния и физической работоспособности, а также в практике психофизиологического обеспечения деятельности лиц опасных профессий.

**Ключевые слова:** физическая работоспособность, физические нагрузки, психомоторная саморегуляция, рефлекторная биологическая обратная связь, коррекция и восстановление функционального состояния.

**Введение.** Проблема работоспособности является общенаучной проблемой, фундаментальной и актуальной в военной медицине. В современных условиях особая научная и прикладная значимость решения этой проблемы отмечается применительно к обеспечению эффективности и надежности деятельности лиц, выполняющих профессиональную деятельность в экстремальных условиях с высокими психическими и чрезмерными физическими нагрузками, что обуславливает необходимость совершенствования и разработки новых средств и методов коррекции и восстановления их физической работоспособности [2]. Известно, что при наличии выбора средств коррекции предпочтение отдается применению психофизиологических методов как не имеющих выраженного побочного действия. В этом направлении успешно разрабатываются психофизиологические методы саморегуляции психофизиологического статуса человека [4, 6]. Однако среди них, методы психомоторной саморегуляции (ПМС) разработаны недостаточно [3, 5]. Известно также, что эффективность психологических методов может быть значительно повышена за счет подкрепляющих стимулирующих воздействий со стороны рефлекторных биологических связей с другими

анализаторными системами [10]. Нами высказано предположение о возможности совершенствования методов ПМС на основе усиления эффективности их действия с помощью дополнительной рефлекторной стимуляции системы дыхания через кожу, используя биологическую обратную связь (БОС) применительно к коррекции и восстановлению функционального состояния (ФС) после чрезмерных физических нагрузок.

**Цель исследования.** Обоснование и оценка эффективности в моделируемых условиях использования ПМС для коррекции и восстановления ФС после чрезмерных физических нагрузок.

**Материалы и методы.** Физическая нагрузка моделировалась в лабораторных условиях со ступенчато повышающейся нагрузкой на беговой дорожке до отказа. Начальная скорость бега 2,5 м/с с повышением ступенчато на 0,5 м/с каждые 3 мин. До и после нагрузки регистрировались: психофизиологический тест Познера [15] (время сложной сенсомоторной реакции (ССМР), точность выполнения тестовых заданий, число ошибок), вариационная пульсометрия [1, 13], кортизол в слюне с помощью иммуноферментного анализа (ИФА)

тест-системы «SLV-2930» (DRG, Германия) [7, 11, 12, 14]. Обследовано 16 практически здоровых добровольцев-мужчин в возрасте 21–37 лет, не имеющих противопоказаний для высокоинтенсивных психических и чрезмерных физических нагрузок. Перед началом исследований от всех добровольцев было получено информированное согласие на участие в исследовании. Протокол исследования одобрен этическим комитетом.

**Порядок проведения исследований.** Из добровольцев с применением процедуры рандомизации были сформированы 2 группы. Рандомизация осуществлялась методом последовательных номеров: каждому добровольцу был присвоен номер, являющийся случайным числом из таблицы случайных чисел, затем эти номера ранжированы в порядке возрастания, после чего добровольцев разделяли на две равновеликие группы. Исследование состояло из 3 этапов.

1 этап. За 14 дней до начала исследований кандидаты в добровольцы проходили медицинский осмотр для допуска к исследованиям. Из получивших допуск добровольцев были сформированы 2 группы. До ознакомления с методом ПМС у всех добровольцев моделировали состояния физического стресса («физическая нагрузка»). Регистрация фоновых показателей ФС проводилась до «физической нагрузки», непосредственно после и через 15 мин после ее окончания.

Порядок регистрации показателей ФС:

- забор слюны для определения концентрации кортизола;
- вариационная пульсометрия с помощью серийного аппаратно-программного комплекса (АПК) «Варикард»;
- компьютеризированный тест на внимание Познера.

2 этап. В течение 5 рабочих дней добровольцы под руководством преподавателя и с использованием методических рекомендаций изучали метод ПМС, заключающийся в формировании идеомоторного психологического образа физических движений и последующей реализации этих образов путем выполнения базовых физических упражнений в течение 10–15 мин. После освоения данного метода добровольцы подвергались «физической нагрузке». После достижения стрессового состояния (сразу после нагрузки) добровольцы в течение 15 мин использовали метод ПМС.

Регистрация показателей ФС у добровольцев проводилась до «физической нагрузки», а также после применения метода ПМС. Непосредственно после «физической нагрузки», но до применения метода ПМС происходил забор слюны для определения концентрации кортизола.

3 этап. Добровольцы подвергались «физической нагрузке». Затем сразу после нее в течение 15 мин они использовали ПМС совместно с БОС-техническим устройством.

Для формирования БОС-рефлекторных воздействий использовалось психофизиологическое телеметрическое устройство, которое основано на

принципе работы серийно выпускаемого прибора «Реакор-Т» (ООО НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог). Устройство позволяет вибрационно воздействовать на кожу надбровных дуг лба [9]. Предполагалось, что при стресс-состоянии с высокой частотой дыхания с помощью ПМС можно добиться урежения дыхания и релаксации. Высокочастотная вибрация типа «бегающей волны», воздействуя на кожный анализатор приводит к рефлекторному замедлению дыхательных движений и усилению релаксации.

Регистрация показателей ФС у добровольцев проводилась до «физической нагрузки» и непосредственно после совместного применения метода ПМС и БОС-технического устройства. Непосредственно после «физической нагрузки», но до применения метода ПМС и БОС-технического устройства, проводился забор слюны для определения концентрации кортизола.

Для оценки достоверности результатов использовались общепринятые параметрические и непараметрические методы статистики и пакеты прикладных статистических программ [8]. Критический уровень достоверности нулевой статистической гипотезы (об отсутствии значимых различий) принимали равным 0,05.

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что в результате моделирования чрезмерной физической нагрузки у обследуемых, по сравнению с исходным уровнем, происходило 4-кратное повышение концентрации кортизола в слюне, выраженный (в 4–6 раз) рост индекса напряжения (ИН) и в 1,5 раза частоты сердечных сокращений (ЧСС), а также существенное увеличение времени сложной сенсомоторной реакции (ССМР) при выполнении теста Познера. Выявленные сдвиги психофизиологических показателей свидетельствуют о том, что данная нагрузка является для человека стрессовой (рисунки 1–4).

На данных рисунках представлены также результаты исследования возможности различных психофизиологических способов и средств коррекции и восстановления функционального состояния через 15 мин после воздействия чрезмерных физических нагрузок (физического стресса).

Показано, что после 15 мин отдыха восстановления исследованных показателей ФС не наступало. Применение ПМС для коррекции ФС через 15 мин после стресс-физической нагрузки способствовало достоверному восстановлению таких параметров ФС, как ИН и СМР. Усиление ПМС с помощью рефлекторных воздействий на основе БОС на систему дыхания и кожный анализатор значительно повышало эффективность метода и сопровождалось выраженным улучшением и восстановлением всех исследованных показателей ФС почти до исходного уровня ( $p < 0,05$ ). Кроме того, улучшение показателей ФС тесно коррелировало со снижением уровня вариативности точностных показателей и количества ошибочных действий ( $p < 0,05$ ) при выполнении теста Познера (рис. 5).

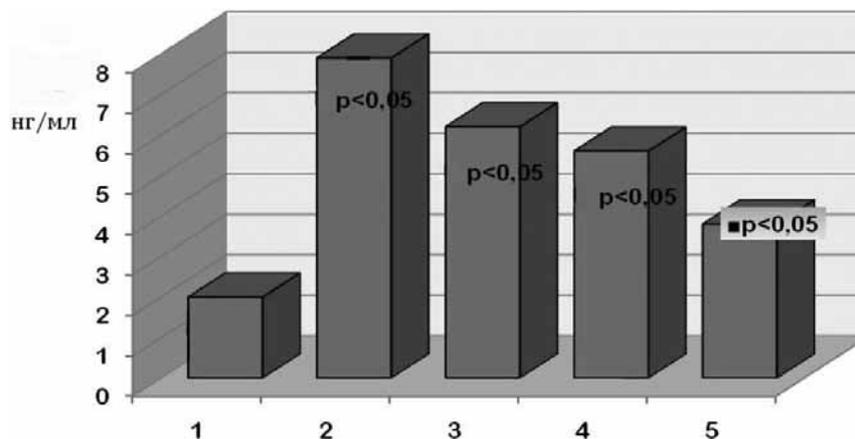


Рис. 1. Изменение концентрации кортизола в слюне у добровольцев под воздействием физического стресса и после применения методов коррекции и восстановления ФС, n=16: 1 – до физической нагрузки; 2 – после физической нагрузки; 3 – после 15-минутного отдыха; 4 – после применения метода ПМС; 5 – после применения ПМС с БОС

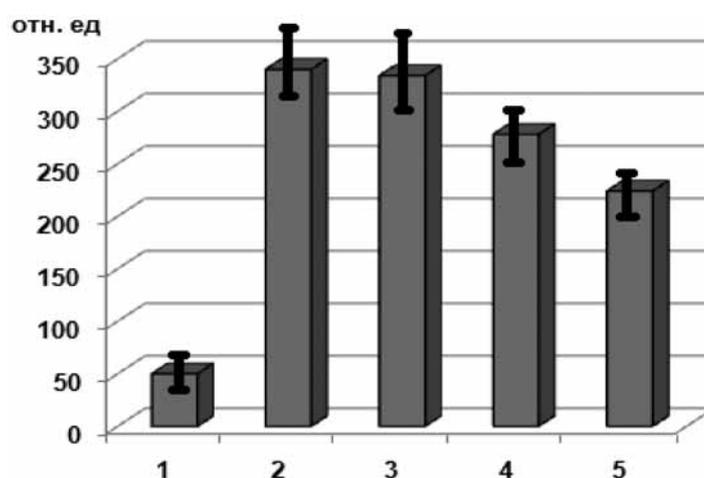


Рис. 2. Изменение ИН под воздействием физического стресса и после применения методов коррекции и восстановления ФС, n=16: 1 – до физической нагрузки; 2 – после физической нагрузки; 3 – после 15-минутного отдыха; 4 – после применения метода ПМС; 5 – после применения ПМС с БОС

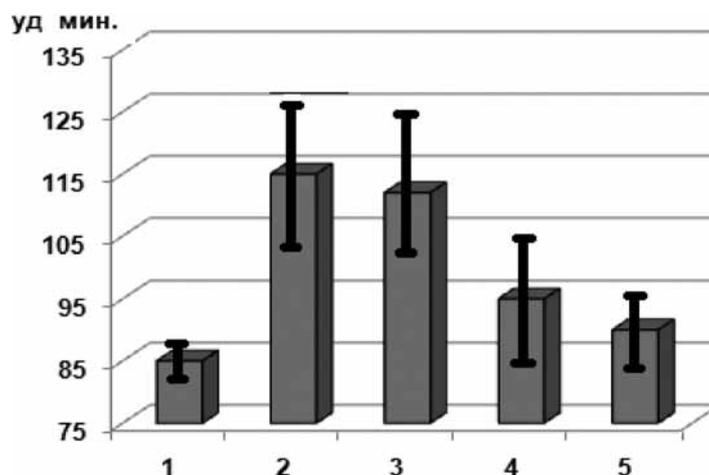


Рис. 3. Изменение ЧСС у добровольцев после воздействия физического стресса и после применения методов коррекции и восстановления ФС, n=16: 1 – до физической нагрузки; 2 – после физической нагрузки; 3 – после 15-минутного отдыха; 4 – после применения метода ПМС; 5 – после применения ПМС с БОС

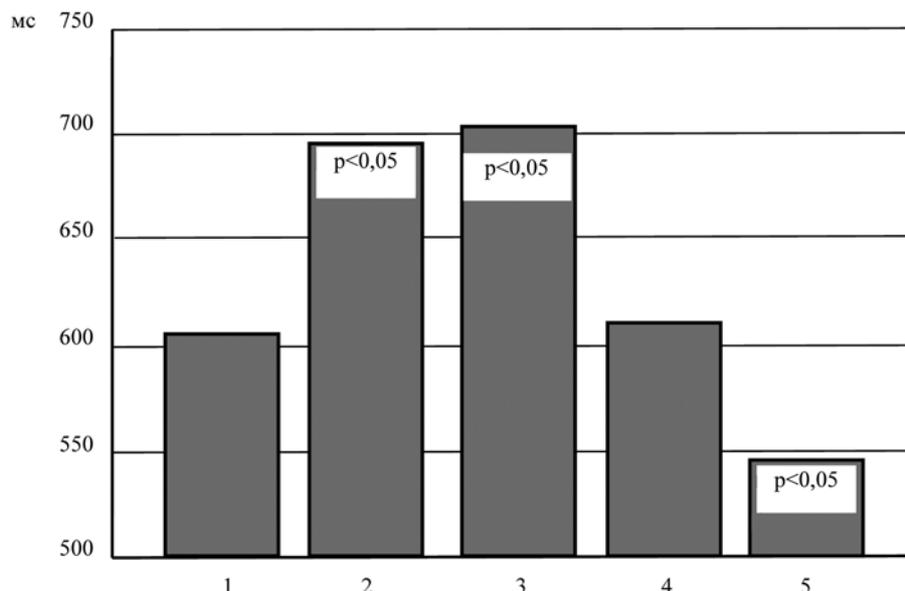


Рис. 4. Изменение времени ССМР при выполнении теста Познера у добровольцев под воздействием физического стресса и после применения методов коррекции и восстановления ФС, n=16: 1 – до физической нагрузки; 2 – после физической нагрузки; 3 – после 15 мин отдыха; 4 – после применения метода ПМС; 5 – после применения ПМС с БОС

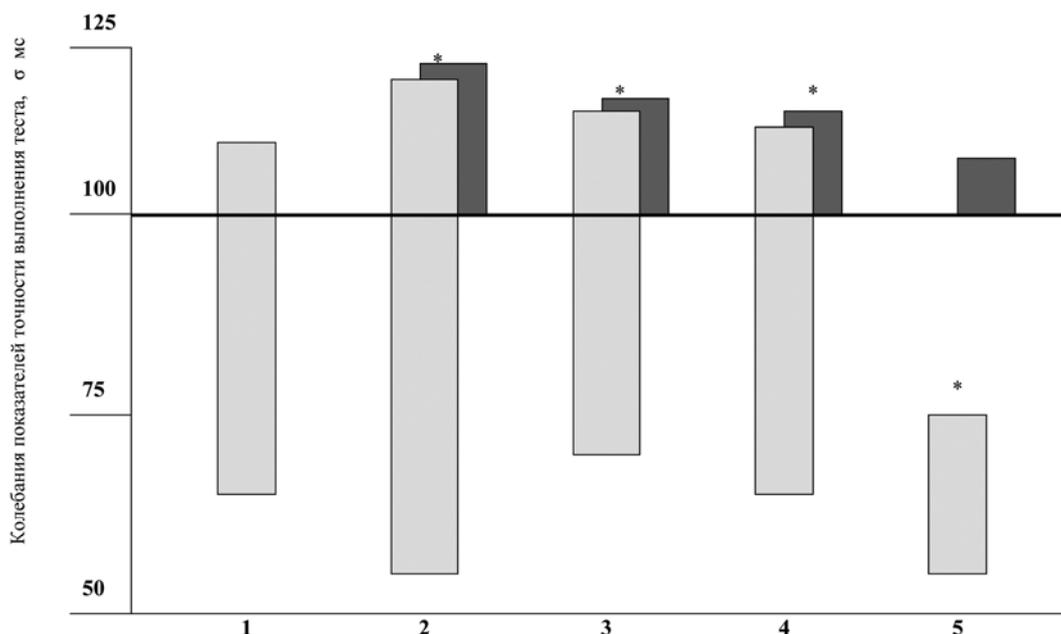


Рис. 5. Изменение показателей функциональной надежности под воздействием чрезмерной физической нагрузки и после применения средств коррекции и восстановления ФС, n=16: 1 – до физической нагрузки; 2 – после физической нагрузки; 3 – после 15-минутного отдыха; 4 – после применения метода ПМС; 5 – после применения метода ПМС с БОС



– вариативность показателей точности выполнения теста Познера, мс (Mmin – Mmax ст. откл.);



– число ошибочных действий при выполнении теста Познера, % (исходный уровень взят за 100 %); \* – p < 0,05 по сравнению с исходным уровнем.

Таким образом, установлена важная роль рефлекторных воздействий на основе БОС в повышении эффективности способов ПМС. Это сопровождается сокращением сроков восстановления ФС и повы-

шением функциональной надежности деятельности человека после чрезмерных физических нагрузок. Эти факты могут быть использованы при построении новых прикладных систем ПМС, а также при разработке

средств повышения физической работоспособности для обеспечения надежности профессиональной деятельности.

### Выводы

1. Чрезмерные физические нагрузки в моделируемых условиях сопровождаются выраженными психофизиологическими и биохимическими функциональными сдвигами с ухудшением уровня показателей по сравнению с исходным до 4–6 раз и существенным снижением уровня надежности деятельности, что обосновывает необходимость разработки психофизиологических средств оптимизации и восстановления ФС и физической работоспособности.

2. Эффективным средством психофизиологической коррекции функционального статуса при чрезмерных физических нагрузках является ПМС. Применение ПМС как отдельно, так и в сочетании с рефлекторными воздействиями на систему дыхания через кожу на основе БОС является эффективным средством коррекции после чрезмерных физических нагрузок и позволяет существенно ускорить восстановление измененных параметров психофизиологического статуса.

3. ПМС обеспечивает коррекцию и восстановление функционального состояния после чрезмерных физических нагрузок на 16,8 %, а в сочетании с рефлекторными воздействиями через кожу на систему дыхания, используя БОС восстановление показателей ФС возрастает на 31,5 % и достигает исходного уровня.

### Литература

- Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 223 с.
- Бодров, В.А. Психологический стресс: развитие и преодоление / В.А. Бодров. – М.: ПЕРСЭ, 2006. – 528 с.
- Горбачев, О.Ю. Комплекс психомоторной саморегуляции как способ коррекции и восстановления функционального состояния при работе в экстремальных условиях / О.Ю. Горбачев, Ю.Е. Маряшин, Е.А. Зубков // Мат. IV междунар. научн. практ. конгр. «Медико-экологические проблемы лиц экстремальных профессий». – М.: ААКМЭЭМ, 2004. – С. 317.
- Дикая, Л.Г. Психическая саморегуляция функционального состояния человека. – М.: ИП РАН, 2003. – 318 с.
- Маряшин, Ю.Е. Комплекс психомоторной саморегуляции как средство психофизиологической подготовки и повышения надежности: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Ю.Е. Маряшин. – М., 2005. – 24 с.
- Моросанова, В.И. Индивидуальный стиль саморегуляции: феномен, структура и функции в произвольной активности человека / В.И. Моросанова. – М.: Наука, 2001. – 192 с.
- Павлов, А.С. Физиологические механизмы гомеостатического обеспечения человека при стрессе / А.С. Павлов // Журн. физиол. чел. – 2001. – Т. 27. – № 1.
- Платонов, А.Е. Статистический анализ в медицине и биологии / А.Е. Платонов. – М.: Изд-во ВАНМ, 2000. – 50 с.
- Устройство психофизиологическое телеметрическое «Реакор-Т». Руководство пользователя. – Ч. 1. – Таганрог: НПКиФ «Медиком МТД», 2010. – 151 с.
- Штарк, М. Биоуправление-4: теория и практика / М. Штарк. – Новосибирск: СО РАМН, 2002. – 292 с.
- Brosschot, J.F. Heart rate response is longer after negative emotions than after positive emotions / J.F. Brosschot, J.F. Thayer // International journal of psychophysiology. – 2003. – Vol. 50. – Is. 3. – P. 181–187.
- Dishman, R.K. Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women / R.K. Dishman [et al.] // International journal of psychophysiology. – 2000. – Vol. 37. – Is. 2. – P. 121–133.
- Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – Vol. 93. – P. 1043–1065.
- Ohsuga, M. Assessment of phasic work stress using autonomic indices / M. Ohsuga, F. Shimono, H. Genno // International journal of psychophysiology. – 2001. – Vol. 40. – Is. 3. – P. 211–220.
- Posner, M.J. Components of attention / M.J. Posner, S.J. Boies // Psychological review, 1971. – Vol. 78. – P. 391–408.

V.G. Mikhailov, P.M. Shalimov, A.V. Varlachev, A.V. Nesteruk

### Effectiveness of psychomotor self-regulation with reflex support on the base of biofeedback for correction and physical performance recovery

**Abstract.** Results of approbation of methods of increase of effectiveness and reliability of activity of persons of the dangerous professions which are carrying out professional activity in extreme conditions with high mental and excessive exercise stresses are presented. The possibilities of psychomotor self-regulation for correction and recovery of psychophysiological status after the stress-physical loads have been studied in modeling conditions with participation 16 healthy volunteers-males, at the age of 21–37. It is shown that step increase of physical activity on treadmill up to refusal is accompanied by psychophysiological and biochemical shifts in 4–6 time more expressed in comparison with initial level and essential decrease in reliability of test activity that proves need of development of psychophysiological means of optimization and restoration of a functional condition and physical working capacity. It is established that psychomotor self-regulation, especially in a combination to synchronous reflex impacts on skin and breath system on the basis of biological feedback, is an effective remedy of restoration of the psychophysiological status after excessive physical activities. The obtained data can be used when developing new psychophysiological means of optimization and restoration of a functional condition and physical working capacity and also in practice of psychophysiological ensuring activity of persons of dangerous professions.

**Key words:** physical performance, physical loads, psychomotor self-regulation, reflex biofeedback, correction and functional state recovery.

Контактный телефон: 8-916-593-77-71; e-mail: lauff-80@mail.ru