

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Сиваченко И.Б.<sup>1</sup>, Ловягина А.Е.<sup>2</sup>, Медведев Д.С.<sup>3</sup>

## РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРЕССОГЕННЫМИ ФАКТОРАМИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

<sup>1</sup>ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека»  
ФМБА России, 188663, Ленинградская область, Всеволожский район, г.п. Кузьмоловский;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, факультет психологии,  
198504, г. Санкт-Петербург;

<sup>3</sup>Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова,  
г. Санкт-Петербург

*Разработана модель воздействия стрессогенными факторами, в основе которой лежит решение сложной задачи в условиях дефицита времени, помех и высокой мотивационной значимости, с одновременной оценкой физиологических реакций – коррелятов уровня эмоционального напряжения. Результаты исследования динамики отдельных физиологических показателей позволили выделить ключевые, наиболее значимые этапы процедуры тестирования с помощью методики «Красно-черные таблицы Горбова-Шульте» в контексте формирования условий воздействия стрессогенных факторов. Указанная модель позволяет выявить особенности реагирования на стресс и может быть использована для составления индивидуальных психокоррекционных программ.*

Ключевые слова: факторы стресса; стрессоустойчивость; модель стресс-тестирования.

*Для цитирования:* Сиваченко И.Б., Ловягина А.Е., Медведев Д.С. Разработка и апробация модели воздействия стрессогенными факторами для оценки эмоционального напряжения. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2019; 21(1): 155-162.

*Для корреспонденции:* Сиваченко Иван Борисович, научный сотрудник ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, Всеволожский район, г.п. Кузьмоловский. E-mail: avans\_d@mail.ru

Sivachenko I.B.<sup>1</sup>, Lovyagina A.E.<sup>2</sup>, Medvedev D.S.<sup>3</sup>

## DEVELOPMENT AND APPROBATION OF A MODEL OF EXPOSURE TO STRESSOGENIC FACTORS TO ASSESS EMOTIONAL EXHAUSTION VOLTAGE

<sup>1</sup>Scientific Research Institute of Hygiene, Federal Medical and Biological Agency,  
Kuzmolovsky, 188663, Russian Federation;

<sup>2</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, 199034, Russian Federation;

<sup>3</sup>I.I. Mechnikov North-West State Medical University, St. Petersburg, 195067, Russian Federation

*There has been developed a model of the impact of stressogenic factors based on the solution of a complex problem in conditions of lack of time, interference and high motivational significance, with a simultaneous assessment of physiological responses - correlates of the level of emotional stress. The results of the study of the dynamics of individual physiological indices made it possible to identify the key, most significant stages of the testing procedure using the "Gorbov-Schulte Red-Black Tables" methodology in the context of the formation of stressogenic factors. This model allows identifying features of the response to stress and can be used to compile individual psycho-correctional programs.*

Keywords: stress factors; stress resistance; stress testing model.

*For citation:* Sivachenko I.B., Lovyagina A.E., Medvedev D.S. Development and approbation of a model of exposure to stressogenic factors to assess emotional exhaustion voltage. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2019; 21(1): 155-162. (In Russian).

**For correspondence:** *Ivan B. Sivachenko*, Researcher, of Scientific Research Institute of Hygiene, Federal Medical and Biological Agency, Kuzmolovsky, 188663, Russian Federation. E-mail: avans\_d@mail.ru

*Conflict of interest.* The authors declare no conflict of interest.

*Acknowledgments.* The study had no sponsorship.

Received: February 5, 2019

Accepted: February 21, 2019

## Введение

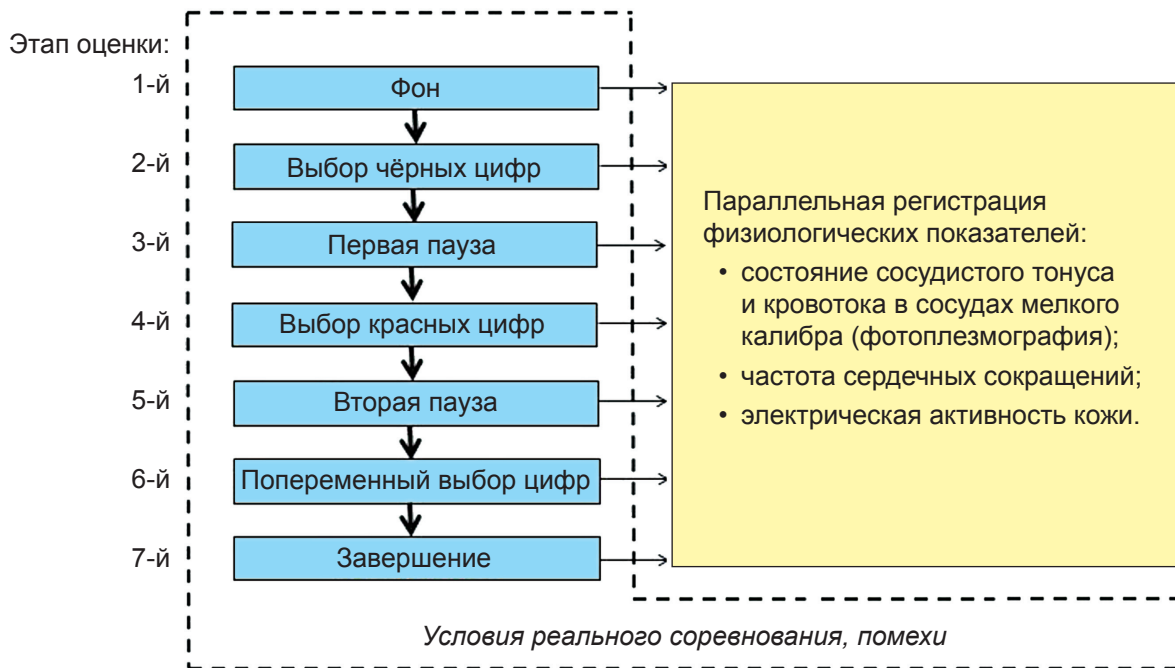
Повышение эффективности медицинской и психологической помощи человеку в экстремальных ситуациях базируется на изучении эмоционального напряжения при воздействии факторов стресса. Известно, что наиболее важными и отчетливо выраженными коррелятами эмоционального напряжения являются различные изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, дыхания и других физиологических систем [1]. Отсюда отдельные сдвиги вегетативных функций при умственной работе могут быть объяснены эмоциональным напряжением человека, связанным с условиями дефицита времени, смысловой значимостью воспринимаемой информации, дефицитом или перегрузкой этой информацией и т.д.

Исследования, направленные на изучение стресса у человека, предполагают создание моделей воздействия стрессогенными факторами, среди которых наиболее известны: проба «падение с колен» (предложенная для профессионального отбора летчиков); метод стрессирования с помощью АПК «Реакор» (повышение устойчивости к стрессу, выработка навыков саморегуляции), модель информационной нагрузки (использованная в лабораторных экспериментах у тревожных детей) и стрессирования «СИГНАЛ» (текстовые фрагменты с нейтральным и специфическим стрессогенным содержанием) [2–5]. Указанные модели стресс-тестирования имеют ограниченную область применения и не всегда позволяют достоверно подтвердить стимулируемый уровень эмоционального напряжения. В связи с этим, является актуальной разработка модели воздействия стрессогенными факторами, позволяющая надежно оценить динамику эмоционального напряжения.

Цель исследования – разработка и апробация модели воздействия стрессогенными факторами с одновременной оценкой физиологических реакций – коррелятов уровня эмоционального напряжения.

## Материал и методы

Всего в исследовании приняло участие 90 человек (мужчины в возрасте 20–30 лет), разделённые на две группы: основная группа – испытуемые, которым выполнили методику воздействия стрессогенными факторами, – 60 человек, группа контроля – 30 человек. Деление проводилось методом случайного выбора. На основании анализа исследований состояний эмоционального напряжения в условиях экзамена, производственного процесса и спортивных соревнований было установлено, что совместно действующие факторы – дефицит времени, сложность решаемой задачи и мотивация являются основными условиями проявления стресс-реакций [6–13]. Поэтому, разрабатываемая нами модель включала решение сложной задачи, требующей интеллектуальной активности в условиях дефицита времени, помех и высокой мотивационной значимости. Моделируемая ситуация предполагала выполнение теста Горбова–Шульте [14] (по таблицам 7\*7 квадратов). В инструкции при прохождении теста делался особый акцент на скорость выполнения, и, в качестве первостепенной задачи, указывалось максимально быстрое выполнение поставленных заданий. Каждый испытуемый был предупрежден, что на основании результатов тестирования будет сформирован рейтинг участников тестирования. Следовательно, для лидирования в рейтинге необходимо выполнять задания максимально быстро. Таким образом, ситуация тестирования была приближена к си-



**Рис. 1.** Этапы оценки динамики показателей эмоционального напряжения в моделируемых условиях воздействия стрессогенных факторов.

туации соревнования. Для создания помех во время выполнения теста включался метроном с частотой 1 стук в с. Звуки метронома, помимо отвлечения, должны были вызвать ощущение дефицита времени.

Всего было выделено 7 этапов тестирования, представленных на рис. 1.

В результате прохождения теста оценивались следующие динамические изменения показателей функционального состояния испытуемых: частота сердечных сокращений (ЧСС), электрическая активность кожи (КПр), состояние сосудистого тонуса и кровотока в сосудах мелкого калибра, оцениваемое с помощью фотоплетизмографии (ФПГ). Непрерывная, параллельная регистрация показателей функционального состояния испытуемых осуществлялась посредством автономного блока испытуемого «АБП-4» (входит в состав аппаратно-программного комплекса «Эгоскоп», Медиком МТД) с комплектом датчиков.

В качестве контроля осуществлялась регистрация (на отдельной выборке) физиологических показателей в процессе прохождения этапов методики воздействия стрессогенных факторов, но, при этом поиск чисел, предлага-

емый в заданиях теста Красно-чёрные таблицы Горбова–Шульте, не выполнялся. Для записи физиологических показателей испытуемому предлагалось спокойно сидеть и, по возможности, не двигаться. Реагировать на задания, представленные на экране монитора, а также на появляющиеся таблицы, не требовалось. Метроном находился в выключенном состоянии. Время не ограничивалось.

Красно-чёрные таблицы были представлены на экране планшетного монитора с диагональю 24". Выбор чисел выполнялся электронной ручкой непосредственно на экране. Полученные в результате исследования данные были обработаны на компьютере с использованием программы Microsoft Excel 2010 и GraphPad Prism ver 6.01.

### Результаты и обсуждение

В ходе тестирования испытуемые основной группы проявляли следующие признаки состояния эмоционального напряжения, доступные наблюдению: были физически напряжены, в ряде случаев выражена дрожь в руках, совершались резкие движения, наблюдались невнимательность и отсутствие собранности при выполнении заданий. После тестирования

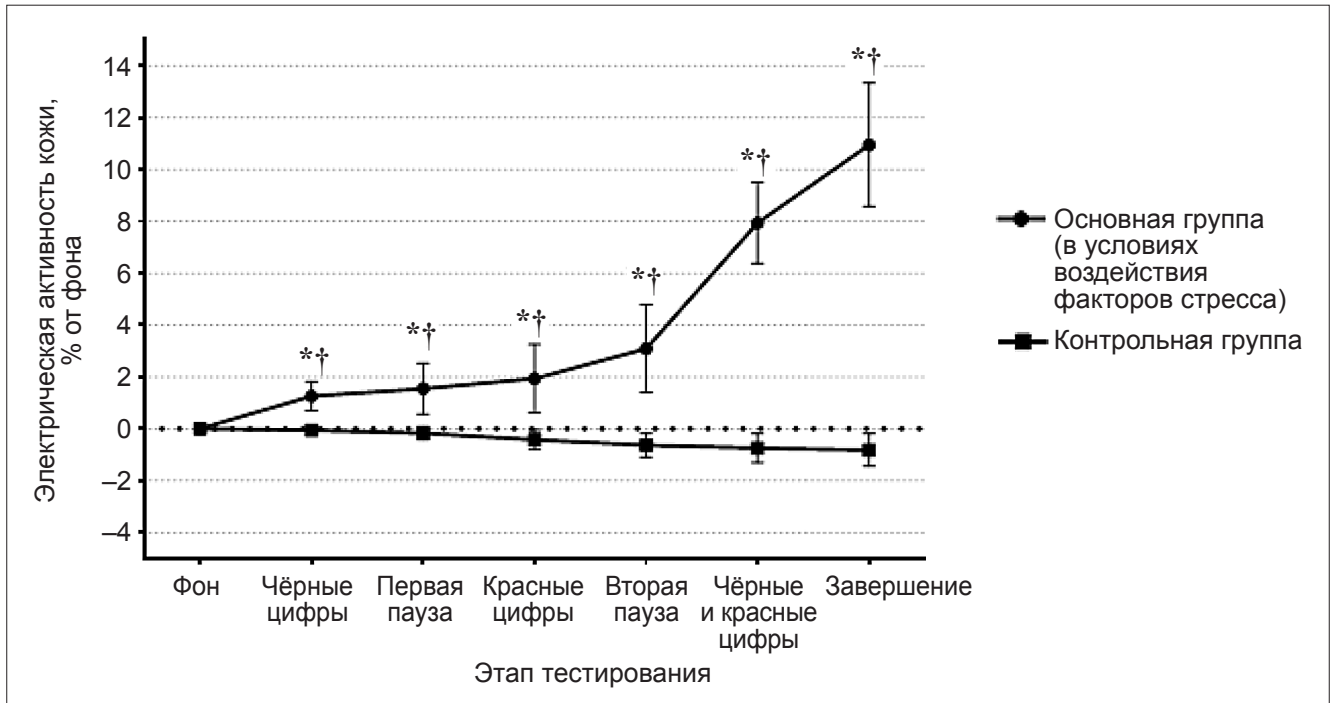
Динамика показателей сосудистого тонуса и кровенаполнения сосудов по результатам фотоплетизмограммы							
Группа	Исходные значения	Этап оценки					
		чёрные цифры	первая пауза	красные цифры	вторая пауза	красные и чёрные цифры	завершение
<i>Время распространения пульсовой волны, мс</i>							
Основная (в условиях воздействия факторов стресса)	277,7 ± 13,1	275,1 ± 7,4	252,0 ± 10,4	<b>280,1 ± 8,0</b>	<b>270,6 ± 8,2</b>	268,6 ± 4,8	285,2 ± 17,5
Контрольная	262,1 ± 11,2	249,5 ± 13,4	255,8 ± 14,5	246,9 ± 13,5	240,6 ± 15,0	251,9 ± 14,3	287,2 ± 30,0
<i>Время быстрого кровенаполнения, мс</i>							
Основная (в условиях воздействия факторов стресса)	60,0 ± 2,9	<b>57,8 ± 0,6</b>	60,3 ± 1,7	<b>58,5 ± 0,7</b>	59,6 ± 0,8	59,2 ± 0,6	62,3 ± 3,2
Контрольная	61,73 ± 1,5	61,77 ± 1,6	61,83 ± 1,3	62,23 ± 1,3	60,13 ± 1,4	61,23 ± 1,5	64,63 ± 3,1
<i>Время медленного кровенаполнения, мс</i>							
Основная (в условиях воздействия факторов стресса)	61,3 ± 2,0	61,5 ± 1,2	60,6 ± 1,4	61,0 ± 1,3	61,6 ± 1,6	61,1 ± 1,2	62,0 ± 2,1
Контрольная	62,1 ± 2,1	61,8 ± 2,3	61,3 ± 1,8	60,9 ± 2,1	61,4 ± 2,5	63,0 ± 2,2	65,6 ± 2,7
<i>Скорость распространения пульсовой волны, м/с</i>							
Основная (в условиях воздействия факторов стресса)	7,3 ± 0,4	7,6 ± 0,2	8,2 ± 0,4	<b>7,5 ± 0,2</b>	<b>7,7 ± 0,2</b>	<b>7,6 ± 0,1</b>	7,4 ± 0,5
Контрольная	7,5 ± 0,5	8,4 ± 0,3	7,9 ± 0,4	8,3 ± 0,4	8,6 ± 0,5	8,4 ± 0,5	7,8 ± 0,7
<i>Примечание.</i> Жирным шрифтом выделены достоверные (критерий Манна–Уитни) различия значений показателя между группами, $p < 0,05$ .							

испытуемые характеризовали своё состояние как взволнованное. По словам участников, их напряжение усиливалось звуками метронома и необходимостью выполнять задания быстро. В случаях ошибок и путаниц при решении заданий с поиском чисел испытуемые проявляли себя зачастую несдержанно. Участники группы контроля по внешним признакам практически не реагировали на задания.

В результате проведённых исследований были получены значения регистрируемых показателей. Все значения по группам не удовлетворяют нормальному распределению (Shapiro-Wilk normality test), поэтому использовались непараметрические критерии Манна–Уитни и Вилкоксона.

Динамика изменения показателей сосудистого тонуса и кровенаполнения сосудов представлена в таблице. В целом, чётко выраженной тенденции в динамике показателей времени распространения пульсовой волны (ВРПВ), времени быстрого кровенаполнения (ВБКН), времени медленного кровенаполнения (ВМКН) и скорости распространения пульсовой волны по сосудам тканей (СРПВ) не выявлено.

Отмечены статистически значимые ( $p < 0,05$ ) более высокие значения ВРПВ (на 11%) на этапе выбора красных цифр (4-й этап) и в период второй паузы (5-й этап) в основной группе испытуемых по сравнению с контрольной. Значения ВБКН у испытуемых в условиях воздействия стрессогенных факторов ниже



**Рис. 2. Динамика электрической активности кожи в моделируемых условиях воздействия стрессогенными факторами, % от фона.**

Здесь и на рис. 3: \* – различия в группе достоверны (критерий Вилкоксона,  $p < 0,05$ ) по сравнению с данными первого этапа; † – различия достоверны (критерий Манна–Уитни,  $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой.

на 2-м и 4-м этапах тестирования (на 6 и 6,5% соответственно). Так же, начиная с этапа выбора красных цифр, выявлены достоверно более низкие значения СРПВ (на 10%) в основной группе по сравнению с контрольной.

Изменения электрической активности кожи характеризовались статистически значимым ( $p < 0,05$ ) постепенным увеличением проводимости кожи в процессе воздействия стрессогенными факторами, данные представлены на рис. 2. Так, с момента начала теста и к его завершающему этапу прирост значения КПр составил практически 11%. В группе контроля значимых изменений по этому показателю не обнаружено. Показаны достоверные отличия значений между группами на всех этапах выполнения методики.

ЧСС в группах наблюдения значительно менялась в процессе выполнения методики (рис. 3).

В условиях воздействия стрессогенными факторами максимальные значения ЧСС отмечены на этапе выбора красных чисел

(4-й этап) – прирост частоты на 16%. Затем следовало постепенное снижение на 9%. Относительно фоновых значений (1-й этап) выявлено статистически значимое ( $p < 0,05$ ) увеличение показателя в процессе выполнения второго и третьего тестовых заданий по поиску чисел. В паузы между заданиями показана тенденция к снижению средних значений ЧСС. Отмечено достоверное отличие ЧСС (на 12,3%) в период попеременного поиска чисел относительно контроля в сторону увеличения показателя.

Динамические изменения показателей тонуса сосудов, электрической активности кожи и частоты сердечных сокращений при выполнении методики воздействия стрессогенных факторов демонстрируют отчётливую реакцию в сторону оптимизации функционального состояния испытуемых. Полученные результаты позволяют сделать предположение о том, что у испытуемых в целом была выявлена относительно удовлетворительная адаптивная реакция в условиях воздействия стрессогенных факторов.

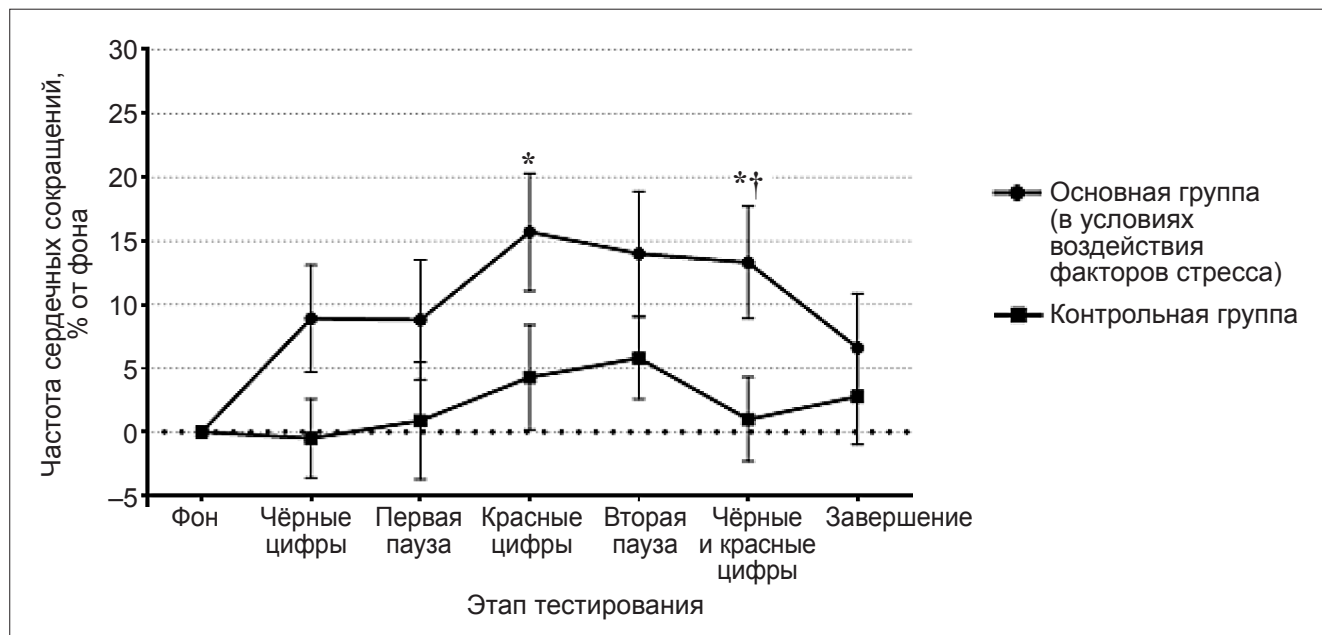


Рис. 3. Динамика частоты сердечных сокращений в моделируемых условиях воздействия стрессогенных факторов, % от фона.

Наиболее чувствительными в нашем исследовании оказались показатели ЧСС и КПр. Так, постепенный рост электрической проводимости кожи отражает усиление эмоционального напряжения у испытуемых по мере усложнения тестового задания. Выявленный вариант регуляции сердечного ритма, по-видимому, является оптимальным для организма и демонстрирует адаптационные возможности в предъявляемых условиях.

### Заклучение

Результаты исследования динамики физиологических показателей воздействия стрессогенными факторами позволяют выделить ключевые, наиболее значимые этапы процедуры тестирования с помощью методики «Красно-черные таблицы Горбова–Шульте» в контексте формирования условий воздействия стрессогенными факторами. Этими этапами являются: 1-й – поиск красных цифр и 2-й – попеременный поиск красных и чёрных цифр.

Таким образом, выбранная и опробованная модель воздействия стрессогенными факторами, в основе которой лежит решение сложной задачи в условиях дефицита времени, помех и высокой мотивационной значимости, позволяет

оценить индивидуальные физиологические реакции, характеризующие уровень эмоционального напряжения.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Климов А.С., Булка А.П., Булка К.А. Общие закономерности психофизиологических реакций организма на воздействие дозированных стрессорных факторов. *Психофизиология профессионального здоровья человека: материалы IV всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 15-летию кафедры военной психофизиологии*. 2012: 212-8. (город?)
2. Алексеев А.В. *Преодолей себя! Психическая подготовка в спорте. Изд. 5-е, перераб. и доп.* Ростов на Дону: Феникс, 2006: 352.
3. Джабраилов А.Н., Горгошидзе Л.З. Биологическая обратная связь как метод оптимизации функционального состояния при психоэмоциональном стрессе. *Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 2: Гуманитарные науки*. 2016; 31(1): 108-15.
4. Полянская Н.В., Чернова М.Б., Герасимов М.М. Влияние острой физической нагрузки различной интенсивности на психологические аспекты функционального состояния детей в критический период

адаптации к школе. Москва: ФГБНУ «Институт возрастной физиологии Российской академии образования». М.: 2015: 62-9.

5. Фокина А.С., Евдокимов А.Г., Бубнова А.Е., Казанцева Н.Н. Применение стандартной эмоциогенной пробы для оценки вегетативной реактивности лиц с различной стресс-устойчивостью. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина*. 2009; 4: 534-38.
6. Алексеева Е.А., Шанталова Н.Л., Петунова А.Н., Иванова И.К. Оценка функционального состояния организма студентов в период экзаменационного стресса. *Вестник Бурятского государственного университета. Медицина и фармация*. 2010; 12: 108-13.
7. Булгакова О.С. Динамики психофизиологических параметров при профессиональных стрессогенных нагрузках у медиков. Дисс. ... канд. пед. наук. Санкт-Петербург; 2009: 151.
8. Горбунов Р.В. Комплексная оценка функционального состояния организма при психоэмоциональном стрессе. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2006; 9: 59-63.
9. Гулин А.В., Шутова С.В. Влияние экзаменационного стресса на гормональные, вегетативные, нейрофизиологические и психоэмоциональные параметры функционального состояния организма студентов. *Вестник Авиценны*. 2015; 1(62): 93-9.
10. Димитриев Д.А., Саперова Е.В., Карпенко Ю.Д., Zotov A.N. Применение метода анализа variability сердечного ритма с использованием графика Пуанкаре для оценки функционального состояния вегетативной нервной системы в период эмоционального стресса. *Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева*. 2012; 4(76): 64-8.
11. Двоеносов В.Г. Особенности функционального и психологического состояния студентов с различным вегетативным тонусом в условиях экзаменационного стресса. *Ученые записки Казанского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2009; 151(3): 255-65.
12. Илюхин Н.Е., Краснощекова В.Н., Русин М.Н. Физиологические показатели функционального состояния оперативного персонала как предикторы формирования рабочего стресса. *Медицина труда и промышленная экология*. 2011; 9: 27-30.
13. Мельникова И.Е. Адаптация детей и подростков в условиях эмоционального стресса. *Гуманитарный вектор*. Чита: Изд. Забайкальский государственный университет. 2013; 1(33): 138-44.
14. Методические рекомендации к аппаратно-программному комплексу «Эгоскоп» А\_3892-01\_МР от 01.04.2008 г. Научно-производственно-конструкторская фирма «Медиком МТД».

## REFERENCES

1. Klimov A.S., Bulka A.P., Roll K.A. General regularities of psycho-physiological reactions of the organism to the influence of dosed stressors. *Psychophysiology of professional human health: materials of the IV vseros. scientific.-prakt. Conf. place of work. 15th anniversary of caf.military.psychophysiology [Psikhofiziologiya professional'nogo zdorov'ya cheloveka: materialy IV vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschennoy 15letiyu kafedty voennoy psikhofiziologii]* 2012; 212-8. (in Russian)
2. Alekseev A.V. *Overcome yourself! Mental training in sports [Preodoley sebya! Psikhicheskaya podgotovka v sporte]. 5th, pererab. and dop.* Rostov-on-Don: Phoenix; 2006: 352. (in Russian)
3. Jabrailov. Gorgoshidze L. Z. Biological feedback as a method of optimization of functional state under psycho-emotional stress. *Vestnik o Dagestanskogo gosudarstvennogo Universiteta. Seriya 2: Gumanitarnye nauki*. 2016; 31(1): 108-15. (in Russian).
4. Polyanskaya N.In. Chernova M.B., Gerasimov M.M. *The Influence of the acute physical activity of different intensity on the psychological aspects of the children's functional state in the critical period of adaptation to school [Vliyaniye ostroy fizicheskoy nagruzki razlichnoy intensivnosti na psikhologicheskie aspekty funktsional'nogo sostoyaniya detey v kriticheskiy period adaptatsii k shkole ]*. Moscow. Institut vozrastnoy fiziologii Rossiyskoy akademii obrazovaniya. Moscow; 2015: 62-9. (in Russian).
5. Fokin A.S., Evdokimov A. G., Bubnova, E. A., Kazantseva N.N. The use of standard emotiogenic samples for assessment of autonomic reactivity individuals with different stress-tolerance. *Vestnik universiteta druzhby narodovof. Seriya: Medicina*. 2009; 4: 534-8. (in Russian).
6. Alekseeva E.A., Santalova N.L., Petunova, A.N., Ivanova I.K. Evaluation of functional state of organism of students during examination stress. *Vestnik buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Medicine and pharmacy*. 2010; 12: 108-13. (in Russian).
7. Bulgakova O.S. *The Dynamics of psycho-physiological parameters in professional stress loads at physicians. [dissertation]*. Sankt Peterburg; 2009: 151 (in Russian).
8. Gorbunov R. V. Complex assessment of the functional state of the organism under psycho-emotional stress. *Kubanskiy nauchny meditsinskiy vestnik*. 2006; 9: 59-63. (in Russian).
9. Gulin A.V., Shutov S.V. The Influence of examination stress on hormonal, autonomic, neurophysiological and psychological parameters of functional condition of organism of students. *Vestnik Avicenny*. 2015; 1(62): 93-9. (in Russian).
10. Dimitriev D.A., Saparova E.V., Karpenko Yu.D., Zotov A.N. Application of the method of analysis of heart rate

- variability using a Poincare graph to estimate the functional state of the autonomic nervous system during emotional stress. *Vestnik chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I.Ya. Yakovleva*. 2012; 4(76): 64-8.
11. Dvoenosov V. G. Features of the functional and psychological state of students with different vegetative tonus in conditions of examination stress. *Uchennye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2009; 151(3): 255-65. (in Russian).
  12. Ilyukhin N.E., Krasnoshchekova V.N., Rusin M.N. Physiological indicators of the functional state of the operating personnel as predictors of the formation of working stress. *Meditsina truda I promyshlennaya ekologiya*. 2011; 9: 27-30. (in Russian).
  13. Melnikova I.E. Adaptation of children and adolescents under emotional stress. *Gumanitarny vector*. Chita: Izd. Zabaykal'skiy gosudarstvennyy universitet. 2013; 1(33): 138-44. (in Russian).
  14. Methodical recommendation for the hardware-software complex "egoscop" model A\_3892-01\_MP from 01.04.2008 [Metodicheskie rekomendatsii k apparatno-programmnomu kompleksu "Egoskop" A\_3892-01\_MR ot 01.04.2008. Nauchno-proizvodstvenno-konstruktor-skaya firma "Medikom MTD".

Поступила 05.02.2019  
Принята в печать 21.02.2019