

АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ИСКУССТВЕННО МОДУЛИРОВАННЫЙ СТРЕСС У ЗДОРОВЫХ СУБЪЕКТОВ

© Ю.Н. Смоляков, Б.И. Кузник, С.А. Калашикова, Е.В. Федоренко,
Н.А. Нольфин, М.М. Михаханов

ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия
Минздрава России, Чита, Россия

Цель. Изучить влияние искусственного созданного стресса на показатели периферической микроциркуляторной гемодинамики (МЦГ) и вариабельность сердечного ритма у соматически здоровых молодых испытуемых.

Материалы и методы. В исследовании приняло участие 30 человек (из них 16 мужчин). Средний возраст $18,2 \pm 1,1$ лет. Искусственный стресс создавался по методике Струпа. Оценка характеристик МЦГ производилась методом динамического рассеяния света от эритроцитов. Сигнал интегрировался в виде трех гемодинамических индексов: НИ (*Hemodynamic Indexes*). Низкочастотный индекс (НИ1) определяется медленным межслоевым взаимодействием, высокочастотная область (НИ3) характеризует быстрые процессы сдвига слоев. НИ2 занимает промежуточное положение (прекапиллярный и капиллярный кровотоки). Вариабельность выделенных из пульсовой компоненты кардиоинтервалов оценивалась методом вариационной пульсометрии (*Heart Rate Variability, HRV*).

Результаты. В ходе проведенного исследования наблюдалось повышение частоты сердечных сокращений (ЧСС) в стадию тестирования, что подтверждает высокую степень стрессовой нагрузки. В гемодинамике отмечалось перераспределение кровотока в сторону медленных скоростей сдвига (пристеночный ток крови). После прекращения стрессовой нагрузки показатели гемодинамики снижались, возвращаясь к прежним значениям. Индикаторы, характеризующие вариабельности ритма – LF (симпатический компонент), HF (вагусная активность), CVI (нелинейный парасимпатический индекс) проявляли тенденцию к росту, при этом соотношение LF/HF оставалось неизменным.

Заключение. В результате проведенного исследования удалось сформулировать многофакторную картину изменения показателей микроциркуляции и вегетативной регуляции сердечного ритма, специфичных для адаптивных реакций на индуцированный стресс. Количественные критерии полученных сдвигов могут быть интегрированы в индексы стресса и использованы в клинике. Вследствие портативности mDLS датчик, дополненный специфическими критериями оценки, может быть использован для мониторинга адаптивных реакций, вызванных стрессовыми ситуациями и принятия ранних диагностических и прогностических решений в клинике и для самоконтроля пациента.

Ключевые слова: стресс; гемодинамика; вариабельность сердечного ритма; адаптация; микроциркуляция.



ADAPTATION REACTIONS OF HEMODYNAMIC SYSTEMS ON ARTIFICIALLY MODULATED STRESS IN HEALTHY INDIVIDUALS

*Yu.N. Smolyakov, B.I. Kuznik, S.A. Kalashnikova, E.V. Fedorenko,
N.A. Nolfin, M.M. Mikhakhanov*

Chita State Medical Academy, Chita, Russia

Aim. To study the influence of artificially created stress on hemodynamic parameters of peripheral microcirculation and variability of the heart rhythm in somatically healthy young individuals.

Materials and Methods. In the study 30 individuals were involved (of them 16 men) with the mean age 18.2 ± 1.1 years. An artificial stress was created using Stroop method. Assessment of characteristics of hemodynamics of microcirculation (HM) was performed by the method of dynamic scattering of light from erythrocytes. The signal was integrated in the form of three hemodynamic indexes: HI (*Hemodynamic Indexes*). Low frequency index (HI1) was determined by a slow interlayer interaction, high frequency area (HI3) characterized fast shearing of layers. HI2 took intermediate position (precapillary and capillary blood flow). Variability of cardiointervals isolated from pulse component, was assessed by method of variation pulsometry (*Heart Rate Variability, HRV*).

Results. In the course of study, increase in the heart rate (HR) in the stage of testing was observed that confirms a high extent of stress load. In hemodynamics, redistribution of blood flow was noted toward slow shear velocities (near-wall blood flow). After cessation of stress load, hemodynamic parameters declined and returned to previous values. Parameters characterizing variability of rhythm – LF (sympathetic component), HF (vagal activity), CVI (non-linear parasympathetic index) showed a tendency to growth; here, LF/HF ratio did not change.

Conclusion. In result of the carried out study it was possible to formulate a multifactor picture of variation of parameters of microcirculation and of autonomic regulation of cardiac rhythm specific of reactions of adaptation to induced stress. The quantitative criteria of the obtained shears may be integrated into stress indexes to be used in clinical practice. A portable mDLS sensor may be supplemented with specific assessment criteria and used for monitoring of adaptive reactions induced by stressful situations, and for taking early diagnostic and prognostic decisions in the clinical practice, and for self-control of a patient.

Keywords: *stress; hemodynamics; heart rate variability; adaptation; microcirculation.*

Понятие стресса включает совокупность неспецифических адаптационных изменений, происходящих внутри организма в ответ на внешние и внутренние воздействия (стрессорные факторы). Наиболее выраженным ответом субъекта на стресс можно считать реакции со стороны нервной и, как следствие, сердечно-сосудистой системы, комплексное измерение которых становится одним из критериев оценки адаптационного статуса организма [1,2]. Механизм первич-

ных (ранних) реакций на стресс, исследуемый на здоровых субъектах, дает основу для сравнения с подобными ответами у пациентов с разными видами патологий и, как следствие, возможность принятия ранних диагностических и прогностических решений.

Цель – изучение влияния искусственно созданного психоэмоционального стресса на показатели периферической микроциркуляторной гемодинамики у соматически здоровых молодых испытуемых.

Материалы и методы

В эксперименте приняли участие 30 соматически здоровых испытуемых (16 мужчин и 14 женщин). Средний возраст $18,2 \pm 1,1$ лет. Исследование проводилось в соответствии с этическими принципами Хельсинкской Декларации Всемирной Медицинской Ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki, 1964, 2013); Национальным стандартом РФ «Надлежащая клиническая практика» (ГОСТ Р 52379-2005). У всех лиц, включенных в исследование, было получено добровольное информированное согласие. Протокол исследования одобрен Локальным этическим комитетом при ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» (протокол № 86 от 01.11.2017).

Эксперимент проводился в три этапа, каждый из которых продолжался в течение пяти минут:

T1 – состояние покоя,

T2 – модулированный стресс,

T3 – восстановительное состояние покоя.

Каждый этап сопровождался измерениями показателей гемодинамики и оценкой вариабельности сердечного ритма. Стресс создавался цветовым тестом, реализующим эффект Струпа [3,4]. Данный метод предназначен для оценки формирования ассоциативных связей между зонами коры, отвечающими за восприятие цвета и начертания букв. Несоответствие цвета и семантического значения слов приводит к появлению конфликта восприятия и, как следствие, возникновению стресса [5-7].

Датчик динамического рассеяния света mDLS (miniaturized Dynamic Light Scattering, Elfi-Tech, Rehovot, Israel) фиксирует фотоны, которые отражаются от эритроцитов, движущихся в соседних слоях кровотока (скорость сдвига, или поперечный градиент скорости). Датчик располагался на указательном пальце руки со стороны ладони. Сигнал интегрировался в виде трех гемодинамических индексов: HI (*Hemodynamic Indexes*). Используется методика спектрального разложения сигнала

быстрым преобразованием Фурье (*Fast Fourier Transform*, FFT) на частотные компоненты, связанные с гемодинамическими источниками различной скорости сдвига слоев. Низкочастотный (1-300 Гц) индекс (HI1) определяется медленным межслоевым взаимодействием, высокочастотная (3000-24000 Гц) область (HI3) характеризует быстрые процессы сдвига слоев. HI2 (300-3000 Гц) занимает промежуточное положение (прекапиллярный и капиллярный кровоток) HI2 занимает промежуточное положение (прекапиллярный и капиллярный кровоток). Для оценки тенденций перераспределения кровотока между быстрыми и медленными процессами введен показатель отношения HI1/HI3 [8-10].

Изменчивость кардиоинтервалов, выделенных из пульсовой компоненты, оценивалась методом вариационной пульсометрии (*Heart Rate Variability*, HRV). Использованы следующие показатели: SDNN (*Standard Deviation of NN Intervals*) – стандартное отклонение всех интервалов RR (отражает все долговременные компоненты и циркадные ритмы, ответственные за вариабельность); LF – мощность в диапазоне низких частот (0.04-0.15 Hz), обусловлена активностью симпатического отдела и характеризует время задержки барорефлекторной петли; HF – мощность в диапазоне высоких частот (0.16-0.5 Hz), связана с дыхательными движениями и главным образом обусловлена вагусной активностью; LF/HF – отношение мощностей указывает на общий симпатовагусный баланс; CVI (*Cardiac Vagal Index*) – нелинейный парасимпатический индекс; CSI (*Cardiac Sympathetic Index*) – нелинейный симпатический индекс [11].

Статистический анализ и визуализация выполнены на языке R (<http://cran.r-project.org>), версии 3.4.4 [12]. Оценка достоверности парных различий всех показателей между этапами (T1, T2, T3) проводилась по критерию Вилкоксона [13]. Введена корректировка Хоммеля на множественное сравнение [14]. Принятие решения о статистической значимости гипотез происходило на уровне $p < 0,05$. Количествен-

ное представление показателей в таблицах выполнено в формате $M \pm SD$ (среднее значение \pm стандартное отклонение).

Результаты и обсуждение

Во время теста (Т2), у всех испытуемых наблюдается значительное повышение пульса, а затем (Т3) полное его восстановление к исходным значениям (рис. 1).

Гемодинамические индексы также проявили значимые сдвиги в ответ на стрессорную стимуляцию (табл. 1). Во втором периоде (Т2) происходило заметное повышение индекса Н11 (ассоциированного с медленными скоростями сдвига и присте-

ночными процессами в сосудах). В третьем периоде (Т3) индекс возвращался к исходным значениям (рис. 2). Полагаем, что увеличение Н11 может быть обусловлено как активацией пристеночных процессов, так и расширением сосудов (увеличение диаметра сосуда снижает скорость сдвига).

Из этого вытекает и значимое повышение соотношения Н11/Н13, характеризующего баланс распределения межслоевых скоростей. На этапе Т3 намечалась тенденция к возвращению данного индекса к исходным величинам, но статистически этот процесс не подтверждается.

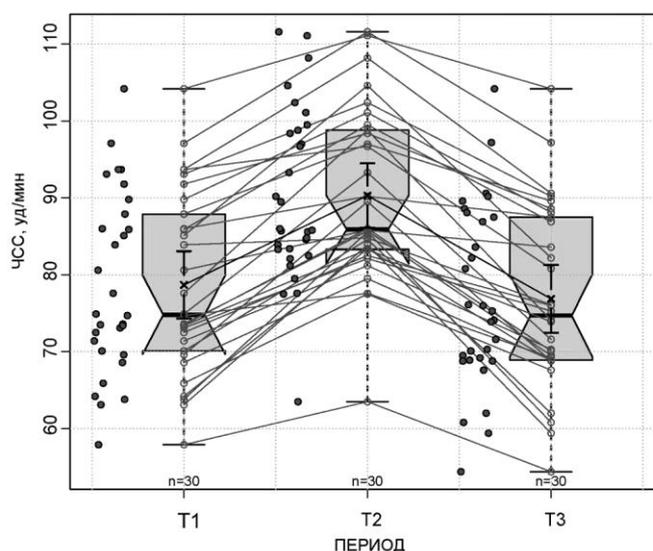


Рис. 1. Динамика частоты сердечных сокращений

Примечание: дополнительно введены линии, соединяющие пары значений

Таблица 1

Показатели микроциркуляторной гемодинамики в ответ на стрессорную стимуляцию у соматически здоровых молодых испытуемых

Показатель	T1	T2	T3	p1	p2	p3
ЧСС, уд/мин	78,7 \pm 11,7	90,3 \pm 11,2	76,9 \pm 11,9	<0,0001	0,013	<0,0001
Н11	158,0 \pm 26,4	172,0 \pm 25,4	163,0 \pm 22,5	0,007	0,070	0,015
Н12	460 \pm 166	480 \pm 154	460 \pm 153	0,61	0,98	0,68
Н13	255 \pm 109	246 \pm 103	243 \pm 98,7	0,64	0,79	0,79
Н11/Н13	0,676 \pm 0,270	0,773 \pm 0,264	0,752 \pm 0,322	0,011	0,096	0,67

Примечание: Гемодинамические индексы являются безразмерными величинами. ЧСС – частота сердечных сокращений. Статистическая значимость сравнения групп по парному критерию Вилкоксона: p1 – T1 и T2, p2 – T1 и T3, p3 – T2 и T3

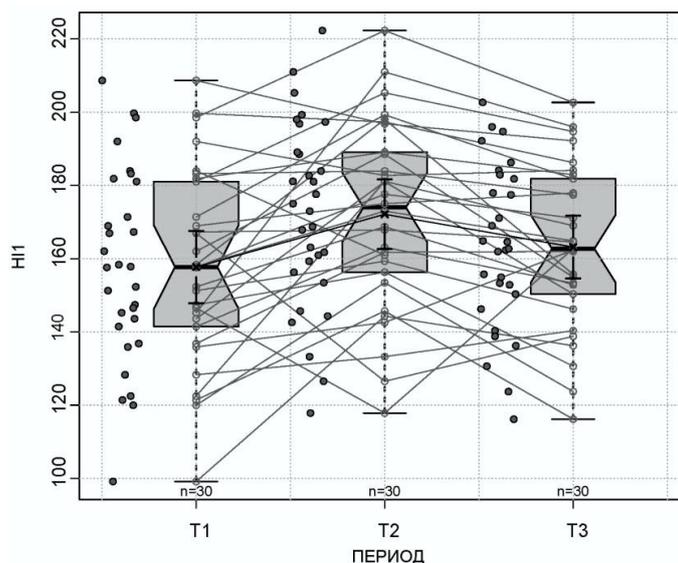


Рис. 2. Динамика гемодинамического индекса HI1

Примечание: дополнительно введены линии соединения пар значений

Одновременно наблюдались увеличенные показатели общей вариабельности (табл. 2), характеризующие общий тонус вегетативной нервной системы. После теста значительно возросла как высокочастотная компонента HF, связанная с актом дыхания и обусловленная главным образом вагусной активностью, так и низкочастотная LF, характеризующая активность симпатического отдела автономной нервной системы и отражающая время задержки, возникающей в барорефлекторной петле.

Известно, что активация парасимпатической нервной системы во время стресс-

реакции представляет собой механизм защиты от побочных эффектов [15]. При этом, в нашем исследовании значимого изменения баланса распределения частот (LF/HF) не наблюдалось. Наиболее значимо был выражен рост нелинейного парасимпатического индекса CVI (рис. 3, табл. 2), тогда как нелинейный симпатический индекс (CSI) оставался неизменным (табл. 2).

Таким образом, результаты исследования, с одной стороны, еще раз подтверждают роль Струп-эффекта в модуляции стрессорного состояния, описанную ранее [3-6,16], в нашей работе проявившуюся в

Таблица 2

Изменения показателей вариабельности сердечного ритма и состояния автономной нервной системы

Показатель	T1	T2	T3	p1	p2	p3
SDNN, мс	68,8±22,5	87,2±26,4	71,5±24,2	0,003	0,45	0,018
LF, мс ²	1090 ± 628	1390 ± 681	1080 ± 630	0,028	0,94	0,070
HF, мс ²	732±458	1130±713	740±460	0,021	0,93	0,045
LF/HF	1,62±0,89	1,54±0,77	1,49±0,76	0,96	0,96	0,96
CSI	1,73±0,46	1,79±0,53	1,75±0,53	0,84	0,84	0,84
CVI	4,76±0,31	4,96±0,31	4,8±0,30	0,008	0,47	0,039

Примечание: статистическая значимость сравнения групп по парному критерию Вилкоксона: p1 – T1 и T2, p2 – T1 и T3, p3 – T2 и T3

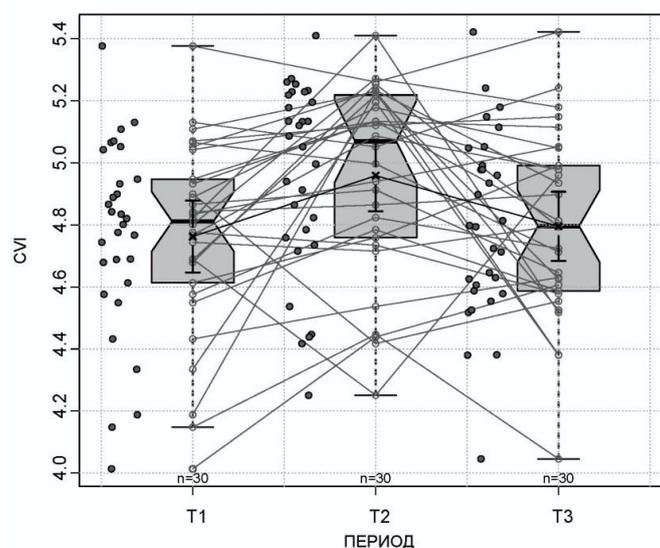


Рис. 3. Динамика нелинейного парасимпатического индекса CVI
Примечание: дополнительно введены линии соединения пар значений

повышении частоты сердечных сокращений и восстановлении к исходным величинам после прекращения воздействия.

С другой стороны, показатели динамики межслоевого кровотока, полученные методом лазерной спекл-интерферометрии, продемонстрировали достоверную реакцию на искусственно созданное состояние стресса в медленной НП (пристеночной) компоненте и неполное восстановление в раннем периоде после прекращения воздействия. Вегетативное звено регуляции гемодинамики продемонстрировало повышение активности парасимпатического звена.

Уникальность исследования определяется комплексной оценкой реакции на стресс непосредственно как со стороны распределения межслоевых гемодинамических процессов в микроциркуляторном русле с помощью неинвазивного метода лазерных спеклов [17], так и со стороны вегетативной регуляции методом анализа вариабельности сердечного ритма, выделенного из пульсовой компоненты спекл-сигнала.

Заключение

В результате проведенного исследования удалось сформулировать многофакторную картину изменения показателей микроциркуляции и вегетативной регуляции сердечного ритма, специфичных для адаптивных реакций на индуцированный стресс.

Гемодинамика характеризуется увеличением сечения (диаметра сосудов) микроциркуляторного русла и, возможно, активацией процессов пристеночной адгезии. Вегетативная нервная регуляция отличается сохранением баланса, с одновременной активацией обеих звеньев (симпатического и парасимпатического).

Количественные критерии полученных сдвигов могут быть интегрированы в индексы стресса и использованы в клинике. Вследствие портативности mDLS датчик, дополненный специфическими критериями оценки, может быть использован для мониторинга адаптивных реакций, вызванных стрессовыми ситуациями и принятия ранних диагностических и прогностических решений в клинике и для самоконтроля пациента.

Литература

1. Сидоренко Г.И., Комиссарова С.М. Способ

оценки фаз стресса у человека // Физиология человека. 2011. Т. 37, №5. С. 73-76.

2. McEwen B.S. Stress, adaptation, and disease: Allostasis and allostatic load // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1998. Vol. 840, №1. P. 33-44. doi:10.1111/j.1749-6632.1998.tb09546.x
 3. Stroop J.R. Studies of Interference in Serial Verbal Reactions // *Journal of Experimental Psychology*. 1935. Vol. 18, №6. P. 643-661.
 4. Scarpina F., Tagini S. The Stroop color and word test // *Frontiers in Psychology*. 2017. №8. P. 557. doi:10.3389/fpsyg.2017.00557
 5. Сидоренко Г.И., Фролов А.В., Воробьев А.П. Психоэмоциональные тесты и перспектива их применения в кардиологии // *Кардиология*. 2004. Т. 44, №6. С. 59.
 6. Сысоева Т.А. Теоретический анализ механизмов возникновения эмоционального эффекта Струпа // *Психология. Журнал Высшей школы экономики*. 2014. Т. 11, №1. С. 49-65.
 7. Смоляков Ю.Н., Калашникова С.А., Федоренко Е.В., и др. Динамические реакции активности коры головного мозга и микроциркуляции на стимулированный стресс // *Забайкальский медицинский вестник*. 2017. №2. С. 148-153.
 8. Fine I., Kaminsky A. Speckle-based measurement of the light scattering by red blood cells in vivo // *Dynamics and Fluctuations in Biomedical Photonics VIII*. 2011. Vol. 7898. P. 78980A. doi:10.1117/12.881991
 9. Kuznik B.I., Smolyakov Y.N., Davydov S.O., et al. Impact of Fitness Status on the Optically Measured Hemodynamic Indexes // *Journal of Healthcare Engineering*. 2018. Vol. 2018. Article ID1674931. doi:10.1155/2018/1674931
 10. Ладнич Н.А., Смоляков Ю.Н. Возможные варианты формирования интегральных показателей оценки биомедицинских исследований // *Информатика и системы управления*. 2007. №S1. С. 16-18.
 11. Shaffer F., Ginsberg J.P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms // *Frontiers in Public Health*. 2017. №5. P. 258. doi:10.3389/fpubh.2017.00258
 12. R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org/>. Accessed: 2019 March 23.
 13. Wilcoxon F. Individual Comparisons by Ranking Methods // *Biometrics Bulletin*. 1945. Vol. 1, №6. P. 80-83. doi:10.2307/3001968
 14. Hommel G. A Stagewise Rejective Multiple Test Procedure Based on a Modified Bonferroni Test // *Biometrika*. 1988. Vol. 75, №2. P. 383-386. doi:10.1093/biomet/75.2.383
 15. Kim H.G., Cheon E.J., Bai D.S., et al. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature // *Psychiatry Investigation*. 2018. Vol. 15, №3. P. 235-245. doi:10.30773/pi.2017.08.17
 16. Renaud P., Blondin J.P. The stress of Stroop performance: physiological and emotional responses to color-word interference, task pacing, and pacing speed // *International Journal of Psychophysiology*. 1997. Vol. 27, №2. С. 87-97. doi:10.1016/S0167-8760(97)00049-4
 17. Tuchin V.V., ed. Handbook of Photonics for Biomedical Science. CRC Press; 2010.
- References**
1. Sidorenko GI, Komissarova SM. The Assessment of Stress Phase Objective Criteria in Humans. *Human Physiology*. 2011;37(5):73-6. (In Russ).
 2. McEwen BS. Stress, adaptation, and disease: Allostasis and allostatic load. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1998;840(1):33-44. doi:10.1111/j.1749-6632.1998.tb09546.x
 3. Stroop JR. Studies of Interference in Serial Verbal Reactions. *Journal of Experimental Psychology*. 1935;18(6):643-61.
 4. Scarpina F, Tagini S. The Stroop color and word test. *Frontiers in Psychology*. 2017;(8):557. doi:10.3389/fpsyg.2017.00557.
 5. Sidorenko GI, Frolov AV, Vorobyev AP. Psychoemotional Stress Tests and Prospects for Their Use in Cardiology. *Cardiologia*. 2004;44(6):59. (In Russ).
 6. Sysoeva TA. Theoretical Analysis of Emotional Stroop Effect Mechanisms. *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*. 2014;11(1):49-65. (In Russ).
 7. Smolyakov YN, Kalashnikova SA, Fedorenko EV, et al. Dynamic reactions of cortex activity and microcirculation on stimulated stress. *The Transbaikalian Medical Bulletin*. 2017;(2):148-53. (In Russ).
 8. Fine I, Kaminsky A. Speckle-based measurement of the light scattering by red blood cells in vivo. *Dynamics and Fluctuations in Biomedical Photonics VIII*. 2011;7898:78980A. doi: 10.1117/12.881991
 9. Kuznik BI, Smolyakov YN, Davydov SO, et al. Impact of Fitness Status on the Optically Measured Hemodynamic Indexes. *Journal of Healthcare Engineering*. 2018;(2018):1674931. doi:10.1155/2018/1674931
 10. Ladnich NA, Smolyakov YuN. Vozmozhnyye varianty formirovaniya integral'nykh pokazatelye otsenki biomeditsinskikh issledovaniy. *Informatika i Sistemy Upravleniya*. 2007;(S1):16-8. (In Russ).
 11. Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*. 2017;(5):258. doi:10.3389/fpubh.2017.00258
 12. R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org/>. Accessed: 2019 March 23.
 13. Wilcoxon F. Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*. 1945;1(6):80-3. doi:10.2307/3001968
 14. Hommel G. A Stagewise Rejective Multiple Test Procedure Based on a Modified Bonferroni Test. *Biometrika*. 1988;75(2):383-6. doi:10.1093/biomet/75.2.383
 15. Kim HG, Cheon EJ, Bai DS, et al. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investigation*. 2018;15(3):

235-45. doi:10.30773/pi.2017.08.17
16. Renaud P, Blondin JP. The stress of Stroop performance: physiological and emotional responses to color-word interference, task pacing, and pacing speed.

International Journal of Psychophysiology. 1997; 27(2):87-97. doi:10.1016/S0167-8760(97)00049-4
17. Tuchin VV, editor. Handbook of Photonics for Biomedical Science. CRC Press; 2010.

Дополнительная информация [Additional Info]

Источник финансирования. Бюджет ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия Минздрава России. [Financing of study. Budget of Chita State Medical Academy.]

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, о которых необходимо сообщить в связи с публикацией данной статьи. [Conflict of interests. The authors declare no actual and potential conflict of interests which should be stated in connection with publication of the article]

Участие авторов. Смоляков Ю.Н. – концепция и дизайн исследования, анализ сигналов и статистический анализ, редактирование, Кузник Б.И. – концепция и дизайн исследования, Калашникова С.А. – написание текста, редактирование, Федоренко Е.В., Нольфин Н.А., Мухаханов М.М. – сбор экспериментальных данных, написание текста. [Participation of authors. Y.N. Smolyakov – the concept and design of the study, signal analysis and statistical analysis, editing, B.I. Kuznik – research concept and design, S.A. Kalashnikova – writing the text, editing, E.V. Fedorenko, N.A. Nolfin, M.M. Mikhakhanov – collection of the experimental data, writing the text.]

Информация об авторах [Authors Info]

*Смоляков Юрий Николаевич – к.м.н., доцент, зав. кафедрой медицинской физики и информатики, ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия Минздрава России, Чита, Россия. [Yuri N. Smolyakov – MD, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Medical Physics and Informatics, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.]
SPIN: 7440-6632, ORCID ID: 0000-0001-7920-7642, Researcher ID: R-5740-2017. E-mail: smolyakov@rambler.ru

Кузник Борис Ильич – д.м.н., проф., профессор кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия Минздрава России, Чита, Россия. [Boris I. Kuznik – MD, PhD, Professor, Professor of the Department of Normal Physiology, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.]
SPIN: 5807-7229, ORCID ID: 0000-0002-2502-9411, Researcher ID: D-2743-2018.

Калашникова Светлана Анатольевна – старший преподаватель, ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия Минздрава России, Чита, Россия. [Svetlana A. Kalashnikova – Senior Lecturer, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.]
SPIN: 4030-5496, ORCID ID: 0000-0001-8360-4624.

Федоренко Екатерина Викторовна – студент, ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия Минздрава России, Чита, Россия. [Ekaterina V. Fedorenko – Student, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.]
SPIN: 4711-2143, ORCID ID: 0000-0003-0600-7708.

Нольфин Николай Алексеевич – студент, ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия Минздрава России, Чита, Россия. [Nikolay A. Nolfin – Student, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.]
SPIN: 5376-8731, ORCID ID: 0000-0003-2570-4293.

Мухаханов Манхар Михайлович – студент, ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия Минздрава России, Чита, Россия. [Manhar M. Mikhakhanov – Student, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.]
SPIN: 6393-8086, ORCID ID: 0000-0002-0620-2047.

Цитировать: Смоляков Ю.Н., Кузник Б.И., Калашникова С.А., Федоренко Е.В., Нольфин Н.А., Мухаханов М.М. Адаптационные реакции гемодинамических систем на искусственно модулированный стресс у здоровых субъектов // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2019. Т. 27, №4. С. 443-450. doi:10.23888/PAVLOVJ2019274443-450

To cite this article: Smolyakov YuN, Kuznik BI, Kalashnikova SA, Fedorenko EV, Nolfin NA, Mikhakhanov MM. Adaptation reactions of hemodynamic systems on artificially modulated stress in healthy individuals. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2019;27(4):443-50. doi:10.23888/PAVLOVJ2019274443-450

Поступила/Received: 17.04.2019
Принята в печать/Accepted: 16.12.2019