

Научная статья
УДК 612.178
DOI: 10.14529/jpps240308

Взаимосвязь исходных индивидуально-типологических особенностей variability кардиоритма испытуемых с результативностью сенсомоторной деятельности в различных социальных контекстах

О.М. Зотова^{1✉}, Е.П. Муртазина², Е.С. Галушка²,
О.И. Ермакова², С.С. Перцов^{1,2}

¹ Российский университет медицины, Москва, Россия

² Федеральный исследовательский центр оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий, Москва, Россия

✉ oks_zotova@mail.ru

Аннотация

Введение. Изучение психофизиологических механизмов социальных отношений имеет высокую научно-практическую значимость для разработки методов повышения эффективности образовательного процесса, производительности труда с обязательным условием сохранения психосоматического здоровья населения. **Цель** данной работы – выявление взаимосвязи исходных индивидуально-типологических особенностей variability сердечной деятельности испытуемых с последующей результативностью сенсомоторных тренингов в индивидуальном, соревновательном и кооперативном контекстах деятельности в диадах. **Материалы и методы.** Обследования проведены на 130 мужчинах (18–28 лет). В качестве модели деятельности использован сенсомоторный тренинг «Столбики» программно-аппаратного комплекса «БОС-Кинезис» (ООО «Нейротех», Таганрог, РФ). Протокол обследований включал следующие этапы: 1) регистрация фоновой ЭКГ испытуемых в состоянии покоя и определение показателей variability кардиоритма, отражающих регуляторные влияния различных отделов вегетативной и центральной нервной системы на сердечную деятельность; 2) индивидуальные тренинги; 3) тренинг в соревновательном контексте в диадах; 4) два кооперативных тренинга в диадах – с предъявлением обратной связи от вклада участников и без нее. **Результаты.** По наиболее информативным показателям исходной variability кардиоритма все испытуемые разделились на три кластера с разными типами регуляции сердечной деятельности: нормотоническим и с преобладанием влияний симпатического или парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. Выявлено, что у испытуемых с преобладанием симпатических регуляторных влияний происходило выраженное снижение кооперативной результативности. В отличие от них, участники с преобладанием парасимпатических влияний на сердечную деятельность достигали более высоких результатов при сотрудничестве. Корреляционные взаимосвязи результативности с исходными показателями variability кардиоритма испытуемых свидетельствуют о том, что предикторами результативности кооперативной деятельности являются характеристики, отражающие большую активность надсегментарных и парасимпатического звеньев регуляции сердечной деятельности, а соревновательной результативности – показатели более высокой активности симпатической нервной системы. **Заключение.** Результативность выполнения сенсомоторных заданий в совместных контекстах деятельности зависит от исходного типа вегетативной регуляции сердечной деятельности испытуемых.

Ключевые слова: variability сердечного ритма, состояние покоя, сенсомоторный тренинг, результативность, совместная деятельность, соревнование, кооперация

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Взаимосвязь исходных индивидуально-типологических особенностей variability кардиоритма испытуемых с результативностью сенсомоторной деятельности в различных социальных контекстах / О.М. Зотова, Е.П. Муртазина, Е.С. Галушка и др. // Психология. Психофизиология. 2024. Т. 17, № 3. С. 87–102. DOI: 10.14529/jpps240308

Original article
DOI: 10.14529/jpps240308

Correlation between baseline individual and typological characteristics of resting heart rate variability and sensorimotor performance in different social contexts

O.M. Zotova^{1✉}, E.P. Murtazina², E.S. Galushka², O.I. Ermakova², S.S. Pertsov^{1,2}

¹ Russian University of Medicine, Moscow, Russia

² Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and Pharmaceutical Technologies, Moscow, Russia

✉ oks_zotova@mail.ru

Abstract

Introduction. Investigating the psychophysiological mechanisms of social interactions holds crucial implications for enhancing educational outcomes, boosting labor productivity, and preserving the psychosomatic well-being of populations. This study aims to uncover the relationships between the baseline individual and typological characteristics of heart rate variability (HRV) and sensorimotor performance in individual, competitive, and cooperative social contexts. **Materials and methods.** Our study involved 130 male participants aged 18–28 years. The “Columns” module of the BOS-Kinesis software and hardware system (Neurotech LLC, Taganrog, Russian Federation) was used for sensorimotor training. The assessment comprised four stages: 1) baseline ECG recordings and HRV measurements to determine the effect of the autonomic and central nervous systems on cardiac activity; 2) individual training sessions; 3) competitive pair activities; 4) two rounds of cooperative training activities with and without feedback. **Results.** Based on the most relevant baseline HRV indicators, all subjects were divided into three clusters characterized by different cardiac activity regulations: normotonic and predominantly influenced by either sympathetic or parasympathetic nervous systems. Notably, those exhibiting predominant sympathetic influences showed decreased cooperative performance, whereas those with parasympathetic dominance performed better in cooperative contexts. Baseline HRV measurements suggested that better cooperative performance was associated with enhanced suprasegmental and parasympathetic cardiac regulation, while competitive performance was associated with sympathetic nervous activity. **Conclusion.** Sensorimotor performance in competitive and cooperative contexts depends on the baseline autonomic regulation of cardiac activity in subjects.

Keywords: heart rate variability, resting state, sensorimotor training, joint performance, cooperative activity, competition, cooperation

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Zotova O.M., Murtazina E.P., Galushka E.S., Ermakova O.I., Pertsov S.S. Correlation between baseline individual and typological characteristics of resting heart rate variability and sensorimotor performance in different social contexts. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya = Psychology. Psychophysiology.* 2024;17(3):87–102. (in Russ.) DOI: 10.14529/jpps240308

Введение

Актуальной областью социальных и психофизиологических исследований является изучение механизмов межличностных отношений, разработка методов повышения эффективности совместной трудовой деятельности с сохранением психосоматического здоровья человека.

Известно, что формирование и особенности социальных взаимосвязей зависят от индивидуальных характеристик субъектов (уровня эмпатии и альтруизма, аффилиации и просоциальности, развития эмоционального интеллекта), групповых факторов (доминантности и иерархии, размера сообществ, сплочённости и др.) и

контекстов взаимоотношений (конкуренция, кооперация и др.)¹.

Доказано, что положительные социальные взаимоотношения способствуют поддержанию психосоматического здоровья человека, а также его восстановлению после многих заболеваний [1]. С другой стороны, социальные проблемы человека негативно влияют на психоэмоциональное состояние и могут приводить к ухудшению здоровья. Установлено, что лица, живущие в условиях социальной изоляции, нестабильности или общественной дезорганизации, включая социокультурные перемены, подвергаются повышенному риску различных психосоматических заболеваний [2, 3]. Показано, что факторы социальной изоляции и одиночества представляют риск развития сердечно-сосудистых заболеваний даже в большей степени, чем недостаток физической активности, курение, чрезмерное потребление алкоголя и ожирение [4].

Изучение физиологических показателей людей в процессе социальных взаимодействий впервые предложено Дж. Готтманом [5]. В дальнейшем обнаружены взаимосвязи высокой вариативности соматовегетативных показателей человека с его склонностью к межличностным взаимодействиям и способностью к саморегуляции в условиях социального стресса [6, 7]. Показано, что разные социальные факторы вызывают изменения процессов центральной и вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы (ССС) [8, 9].

Адаптация к стрессорным воздействиям, включая социальные, проявляется в изменениях уровней возбуждения и концентрации внимания, а также соматовегетативных показателей, характер которых зависит от баланса активности симпатической (СНС) и парасимпатической (ПНС) систем организма [9]. Еще в начале XX века Х. Эппингер и Л. Гесс предложили рассматривать соотношение между уровнями активности СНС и ПНС как стабильную индивидуальную характеристику адаптивных функций организма человека, особенно при стрессорных воздействиях [10]. По мнению Р.М. Баевского, анализ динамики variability сердечного ритма (ВСР) позволяет количественно оценить вегетативный гомеостаз и функциональное состояние ор-

ганизма при целенаправленной деятельности человека [11]. А.М. Вейн выделил 5 типов регуляции ССС: выраженная и умеренная симпатотония, эйтония, умеренная и выраженная ваготония [12]. Анализ показателей ВСР является общепринятым подходом к оценке функционального состояния организма человека, активности регуляторных контуров не только ССС, но и всего организма в целом [11, 13, 14].

Имеются доказательства того, что сердечная деятельность и активность различных подкорковых и корковых структур головного мозга связаны двусторонними регуляторными связями, которые играют значительную роль в обеспечении когнитивных функций и адаптации организма к постоянно меняющимся условиям внешней среды [15]. Выявлены типологические особенности системных взаимосвязей центральных и вегетативных звеньев регуляции, определены их объективные маркеры в показателях ВСР, которые коррелируют с разными психофизиологическими характеристиками индивидов и влияют на процессы адаптации к физическим и эмоциональным нагрузкам [11, 16, 17]. Показаны взаимосвязи индивидуально-типологических особенностей человека с результативностью целенаправленной деятельности и характеристиками ВСР [18].

Для исследования психофизиологических механизмов социальных взаимоотношений все чаще стали применяться методы регистрации артериального давления, показателей дыхания, кожно-гальванической и электродермальной реакций, ВСР. Современные методы регистрации ВСР удобны, неинвазивны и доступны на портативных устройствах со специальными мобильными приложениями и возможностью удаленного сбора данных. Это обеспечивает комфортные условия для проведения эмпирических исследований социальных взаимодействий испытуемых в лабораторных и натуралистических условиях, включая командную деятельность [19–21].

Исследованы взаимосвязи вагус-опосредованной реактивности ВСР с выраженностью проявлений социального стресса и усилий, направленных на саморегуляцию вызванного им эмоционального состояния [22]. Показано, что уровень исходной респираторной синусовой аритмии, оцениваемый по мощности высокочастотного (HF) диапазона ВСР, связан с психологическими характеристиками взаимодействующих субъектов: со-

¹ Социальная психология / А.А. Грачев, А.Л. Журавлев, Д.А. Китова [и др.]. М.: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М». 2023. 544 с. DOI: 10.12737/1121567.

циальной вовлеченностью и благополучием [23]. Анализ показателей ВСП считается эффективным инструментом распознавания эмоций и оценки эмоциональных расстройств, а также перспективен для использования в качестве биологической обратной связи для регуляции эмоциональных реакций [24]. В исследовании командной деятельности выявлены взаимосвязи физиологических показателей участников, включая характеристики ВСП, с эффективностью межличностных взаимодействий и уровнями совместно достигаемых результатов [25].

Вышеприведённые результаты исследований свидетельствуют о том, что показатели ВСП могут отражать многие аспекты социальных взаимодействий. Также признанным является представление о том, что у разных людей в неодинаковой степени могут преобладать влияния периферических (симпатических или парасимпатических) и центральных (корково-подкорковых) звеньев регуляции сердечной деятельности. Однако взаимосвязи фоновых характеристик ВСП с динамикой и успешностью последующих взаимодействий в различных социальных контекстах изучены недостаточно.

Цель работы заключалась в выявлении взаимосвязи исходных индивидуально-типологических особенностей вариабельности сердечной деятельности испытуемых с последующей результативностью сенсомоторных тренингов в индивидуальном, соревновательном и кооперативном контекстах деятельности в диадах.

Материалы и методы

Обследования проведены на 130 условно здоровых испытуемых (18–28 лет, средний возраст 19,7 года \pm 3 мес.), давших информированное согласие на добровольное участие в исследованиях. Исследование одобрено Межвузовским комитетом по этике при Ассоциации медицинских и фармацевтических вузов (Протокол № 3 от 17.02.2022 г.) ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова. Обследуемые рекрутировались среди студентов медицинского университета во внесессионный период. Испытуемые (ранее знакомые друг с другом) участвовали в исследовании парами. Критериями исключения были нескорректированные нарушения зрения, сердечно-сосудистые и неврологические заболевания в анамнезе.

В качестве модели деятельности применен сенсомоторный тренинг (СМТ) «Столбики» программно-аппаратного комплекса «БОС-Кинезис» (ООО «Нейротех», Таганрог, РФ) с использованием биологической обратной связи от электромиографических сигналов, регистрируемых датчиками «Колибри» с мышц сгибателей кисти ведущей руки. Задача испытуемых заключалась в удержании высоты столбика в целевом диапазоне за счёт произвольной регуляции мышечного напряжения, при этом столбик окрашивался в зеленый цвет. Как только высота столбика отклонялась за пределы целевого диапазона (ниже или выше на 10–30 %), столбик становился жёлтым. Если высота столбика выходила за границы целевого диапазона более чем на 30 %, столбик становился красным. Результативность СМТ оценивалась по % времени удержания столбика от общей длительности тренинга в соответствующих диапазонах: «отлично», «хорошо ниже», «хорошо выше», «плохо ниже» и «плохо выше».

Испытуемые находились за рядом расположенными столами и выполняли СМТ в индивидуальном, соревновательном и кооперативном контекстах деятельности. На индивидуальном этапе участники были разделены перегородками и проходили СМТ каждый за своим монитором. Перед совместными этапами деятельности перегородки убирались и испытуемые выполняли СМТ за одним монитором компьютера. При соревновательной деятельности на одном экране предьявлялись два столбика, высоту которых испытуемые регулировали по отдельности. Соответственно, каждый участник видел изменения высоты и цвета своего и чужого столбиков и, следовательно, мог динамически оценивать результаты как своей деятельности, так и соперника. В условиях кооперации на дисплее испытуемым предьявлялся один столбик, высота которого соответствовала интегральной результирующей, вычисляемой из персональных столбиков участников (алгоритм «БОС-Кинезис»). На первом этапе кооперации испытуемые кроме общего столбика видели персональные столбики в качестве обратной связи от своего вклада в интегральную результативность (Кооп+). На следующем этапе испытуемым предьявлялся только общий столбик без обратной связи от персональных действий (Кооп–).

Протокол проведения обследования включал следующие этапы:

- регистрация фоновой ЭКГ у испытуемых, разделенных перегородками, в состоянии оперативного покоя с открытыми глазами (3 мин);

- индивидуальное выполнение испытуемыми СМТ (3 раза по 2 мин) с паузами для отдыха (по 15–20 с);

- выполнение участниками СМТ в условиях соревнования (3 мин);

- проведение 2 кооперативных СМТ (Кооп+ и Кооп–, по 3 мин).

Регистрация ЭКГ испытуемых (в стандартном отведении), выделение R-R-интервалов и анализ показателей ВСП проводились с помощью аппаратно-программного комплекса «Варикард 5.2» (ООО «Рамена», Рязань, РФ). По записям ЭКГ выделялись этапные фрагменты длительностью 2–3 мин, по которым вычислялись статистические и спектральные показатели ВСП согласно принятым стандартам [26].

Статистическая обработка и анализ данных проводились с помощью программ Statistica 12.5 и GraphPad Prism 8. Для выявления наиболее информативных показателей ВСП использовался иерархический кластерный анализ. Группировка испытуемых по выбранным стандартизованным показателям ВСП осуществлялась с помощью кластерного анализа по методу К-средних. Проверка на нормальность распределения исследованных по-

казателей проводилась по методам Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка. Исходя из отличий распределений показателей результативности и ВСП от нормального, применялись непараметрические методы анализа. Сравнение показателей ВСП между различными этапами обследований проводилось по тестам Вилкоксона (Wil) и Фридмана (Fr). Межгрупповые различия проверялись по тестам Манна – Уитни (MU) и Краскела – Уоллиса (KW) с поправкой на множественные парные сравнения. С помощью корреляционного анализа по Спирмену (Sp) выявлялись взаимосвязи характеристик ВСП и результативности СМТ. В работе представлены групповые медианные значения с квартилями Q1 (25 %) и Q3 (75 %). Минимальным уровнем значимости был принят $p \leq 0,05$.

Результаты

На основе иерархического кластерного анализа статистических и спектральных характеристик ВСП в состоянии оперативного покоя с открытыми глазами по всей выборке испытуемых ($n = 130$) выявлены 5 основных показателей (ЧСС, RMSSD, PHF %, PLF %, PVLF %), имеющих наибольшие дистанции между собой (рис. 1).

С помощью кластерного анализа методом К-средних, проведенного по 5 выбранным

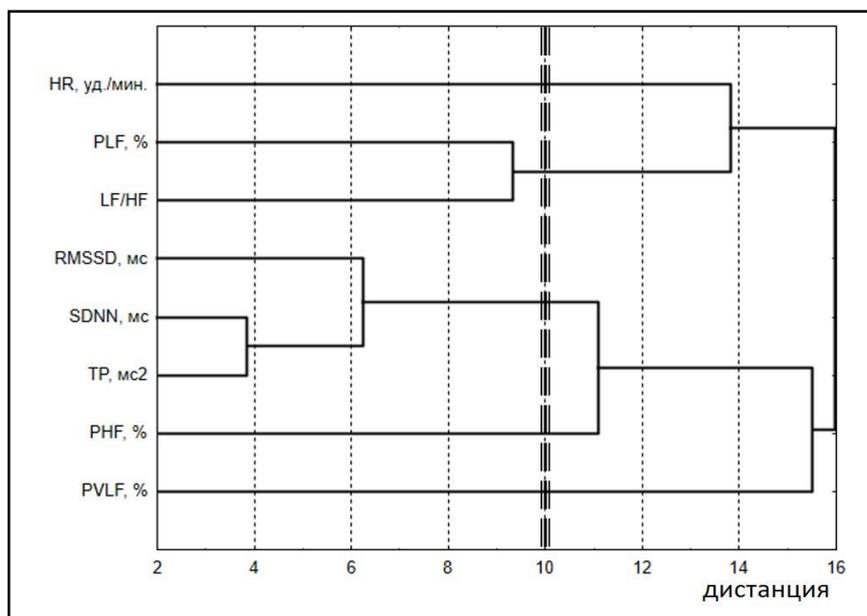


Рис. 1. Диаграмма результатов иерархического кластерного анализа стандартизованных показателей ВСП. Ось абсцисс – дистанция между показателями, ось ординат – показатели ВСП, толстая пунктирная линия – значимый порог дистанции

Fig. 1. Diagram of the results of hierarchical cluster analysis of standardized HRV indicators. The abscissa axis is the distance between the indicators, the ordinate axis is the HRV indicators, the thick dotted line is the significant distance threshold

фоновым показателям ВСР всех испытуемых, выборка разделилась на три кластера. В таблице представлены результаты статистического анализа показателей ВСР участников выделенных кластеров.

Сравнительный анализ показателей ВСР показал, что у испытуемых первого кластера (23 %) наблюдаются промежуточные значения большинства характеристик ВСР: средний уровень ЧСС (HR, Mo), умеренная вариативность R-R-интервалов (RMSSD, SDNN, TP, MxDMn, pNN50) и средние значения амплитуды моды (AMo50%/50 мс), индекса напряжения (SI) и

суммарной спектральной мощности (TP). Для испытуемых этой группы также характерны низкая спектральная мощность (CM) HF-диапазона ВСР (PHF %) и высокий уровень CM очень низкочастотного (VLF) диапазона ВСР (PVLF %). Уровни CM этих частотных диапазонов ВСР у испытуемых первого кластера свидетельствуют о выраженной централизации процессов регуляции сердечной деятельности, что подтверждается высоким значением соответствующего индекса централизации (IC). Исходя из описанных характеристик, испытуемые этого кластера отнесены нами к нормотоникам.

**Показатели ВСР у испытуемых отдельных кластеров и результаты статистического анализа суммарных (KW) и парных межгрупповых различий
HRV indicators in subjects of individual clusters and the results of statistical analysis of total (KW) and paired intergroup comparisons**

Показатель, ед. изм. Parameter, unit of measurement	Кластер 1/Cluster 1 (n ₁ = 30) Me (Q1; Q3)	Кластер 2/Cluster 2 (n ₂ = 63) Me (Q1; Q3)	Кластер 3/Cluster 3 (n ₃ = 37) Me (Q1; Q3)	H(KW) (2, 130) p(KW)
HR, уд/мин; bpm	82,01 (76,59; 85,91)	85,03 +++ (78,75; 93,26)	72,59 +++, ### (69,53; 78,43)	35,32 p < 0,0001
RMSSD, мс; ms	28,76 (22,04; 36,36)	26,66 +++++ (17,96; 36,76)	45,44 +++++, ##### (36,32; 66,32)	38,76 p < 0,0001
SDNN, мс; ms	51,82 (41,38; 68,98)	45,13 +++ (35,34; 61,16)	59,53 +++ (45,41; 76,80)	12,08 p = 0,0024
MxDMn, мс; ms	242,98 (208,50; 292,00)	214,00 +++ (172,23; 290,33)	307,17 +++ (234,00; 404,00)	15,10 p = 0,0005
pNN50, %	7,11 (2,15; 11,59)	5,34 +++++ (1,35; 11,11)	25,76 +++++, ##### (14,29; 42,13)	40,28 p < 0,0000
Mo, мс; ms	732,50 (687,00; 775,00)	687,00 +++++ (631,00; 760,00)	808,00 +++++, ## (751,00; 882,00)	30,47 p < 0,0001
AMo50% / 50 мс; ms	44,19 (33,56; 53,15)	49,85 +++++ (37,33; 64,53)	31,75 +++++ (25,86; 47,36)	17,66 p = 0,0001
SI, у.е.; с.у.	124,82 (78,53; 196,94)	153,75 +++++ (87,70; 285,79)	68,03 +++++ (44,26; 146,54)	21,21 p < 0,0001
PHF, %	17,07 (11,02; 23,68)	19,61 (12,36; 27,26)	37,37 ##### (32,11; 43,59)	55,99 p < 0,0001
PLF, %	42,09 (34,10; 46,82)	61,87 ****, +++ (56,13; 69,91)	40,83 +++ (35,84; 45,73)	81,39 p < 0,0001
PVLF, %	41,64 (32,02; 49,22)	14,64 **** (11,60; 22,19)	21,12 ##### (14,77; 25,13)	69,46 p < 0,0001
TP, мс ² ; ms ²	2321,85 (1537,25; 4306,22)	2111,11 + (1228,19; 3434,14)	3423,43 + (1903,11; 5549,13)	8,65 p = 0,0132
LF/HF, у.е.; с.у.	2,26 (1,78; 4,05)	3,21 +++++ (2,11; 5,55)	1,10 +++++, ##### (0,79; 1,53)	58,05 p < 0,0001
IC, у.е.; с.у.	4,91 (3,22; 8,07)	4,10 +++++ (2,67; 7,09)	1,68 +++++, ##### (1,29; 2,11)	5,99 p < 0,0001

Примечание. * – значимость различий между 1-м и 2-м кластерами, + – между 2-м и 3-м кластерами и # – между 1-м и 3-м кластерами; количество символов соответствует уровням значимости с вероятностями: p ≤ 0,05, p ≤ 0,01, p ≤ 0,001, p ≤ 0,0001.

Note: * – differences are significant between the 1st and 2nd clusters, + – between the 2nd and 3rd clusters and # – between the 1st and 3rd clusters; the number of symbols corresponds to significance levels as follows: p ≤ 0.05, p ≤ 0.01, p ≤ 0.001, p ≤ 0.0001.

У испытуемых второго кластера (49 %), в отличие от двух других, были наибольшие значения ЧСС (HR), амплитуды моды (АМо50 %/50 мс), индекса напряжения (SI), CM низкочастотного (LF) диапазона ВСП (PLF %) и соотношения CM низко- и высокочастотных диапазонов ВСП (LF/HF). Также у них были обнаружены самые низкие значения показателей вариативности кардиоинтервалограмм (RMSSD, SDNN, TP, MxDMn, pNN50). Парные сравнения показателей ВСП у испытуемых этого кластера по сравнению с нормотониками выявили значимо более высокие значения CM LF-диапазона ВСП (PLF %) и низкий уровень CM VLF-диапазона ВСП (PVLf %). Сочетание таких характеристик позволило отнести испытуемых этого кластера к симпатотоникам, которым свойственно преобладание активности симпатического отдела ВНС в регуляции сердечной деятельности.

Испытуемые третьего кластера (28 %) характеризуются самыми низкими значениями ЧСС (HR и Mo), амплитуды моды (АМо50 %/50 мс), индекса напряжения (SI) и соотношения CM LF/HF-диапазонов ВСП, а также высокой вариативностью кардиоинтервалограмм (RMSSD, SDNN, TP, MxDMn и pNN50). Кроме этого, у испытуемых данного кластера были высокие уровни CM HF-

диапазона ВСП (PHF %) и низкие значения индекса централизации (IC). Эти особенности ВСП испытуемых позволили нам отнести их к ваготоникам, характеризующимся преобладанием активности парасимпатического отдела ВНС в регуляции сердечной деятельности.

Далее нами был проведен сравнительный анализ показателей результативности СМТ в различных социальных контекстах деятельности между кластерами испытуемых с исходно разными характеристиками ВСП (рис. 2).

Обнаружено, что у симпатотоников происходит достоверное снижение результативности при кооперации (Кооп+) относительно индивидуального ($p(Wil) = 0,003$) и соревновательного ($p(Wil) = 0,02$) условий деятельности, в отличие от испытуемых других кластеров, результативность которых остаётся на прежнем уровне. При этом результативность (Кооп+) у симпатотоников была достоверно ниже, чем у ваготоников ($p(MU) = 0,05$).

Выявлено, что в условиях кооперативной деятельности без обратной связи от личного вклада происходит значимое уменьшение результативности по всей выборке испытуемых по сравнению с другими контекстами ($p(Fr) = 0,00001$). Однако у ваготоников результативность снижается в меньшей степени и остаётся на уровне медианы 64,75 %, что

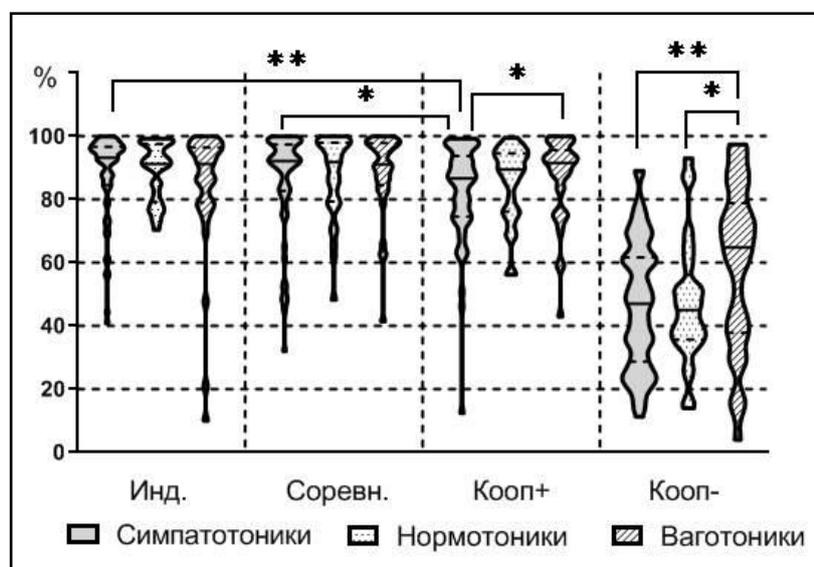


Рис. 2. Скрипичные диаграммы результативности испытуемых трёх кластеров в различных социальных контекстах сенсомоторной деятельности

Fig. 2. Violin diagrams of sensorimotor performance in various social contexts

Примечание. Ось абсцисс – контексты: индивидуальный (Инд.), соревновательный (Соревн.) и кооперативные (Кооп+, Кооп-), ось ординат – процент удержания столбиков в диапазоне «отлично». Достоверности различий: * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$.

Note: Social contexts are provided on the x-axis as follows: individual (Инд.), competitive (Соревн.) and cooperative (Кооп+, Кооп-), the y-axis is the percentage of retention in the "excellent" range. Significance levels: * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$.

значимо больше по сравнению с таковой у симпатотоников (47,02 %, $p(\text{MU}) = 0,05$) и нормотоников (45,03 %, $p(\text{MU}) = 0,04$). Таким образом, обнаружены статистически значимые различия результативности сенсомоторной деятельности в контексте сотрудничества между испытуемыми с разными исходными типами регуляции сердечной деятельности.

Корреляционный анализ по всей выборке испытуемых выявил значимые положительные взаимосвязи результативности в условиях Кооп– со следующими характеристиками ВСП: суммарной СМ (ТР, $r = 0,17$, $p(\text{Sp}) = 0,05$) и показателями вариативности RR-интервалов (SDNN, $r = 0,19$, $p(\text{Sp}) = 0,033$; RMSSD, $r = 0,21$, $p(\text{Sp}) = 0,017$).

Показатель разницы результативности при кооперации относительно соревнования ($\Delta(R_{\text{Кооп+}} - R_{\text{Соревн.}})$) положительно коррелировал с СМ VLF-диапазона ВСП ($r = 0,21$, $p(\text{Sp}) = 0,019$). Аналогичные корреляционные связи между СМ VLF-диапазона и относительной разницей результативности ($\Delta(R_{\text{Кооп+}} - R_{\text{Соревн.}})$) выявлены у симпатотоников ($r = 0,21$, $p(\text{Sp}) = 0,05$) и ваготоников ($r = 0,32$, $p(\text{Sp}) = 0,05$). Это свидетельствует о том, что более высокий уровень исходной активности надсегментарных структур ЦНС, участвующих в регуляции ССС, способствует лучшей кооперативной успешности вне зависимости от преобладания влияний симпатического или парасимпатического отделов ВНС.

У испытуемых нормотоников обнаружены положительные корреляционные связи между результативностью и показателями ВСП только в условиях Кооп–: с суммарной СМ ($r = 0,42$, $p(\text{Sp}) = 0,02$) и показателем дисперсии интервалограмм ($r = 0,41$, $p(\text{Sp}) = 0,03$). Выявленные взаимосвязи свидетельствуют о том, что более высокая результативность в сложных кооперативных условиях достигается испытуемыми этой группы с большим вкладом активности ПНС в регуляцию сердечной деятельности.

У испытуемых ваготоников выявлены достоверные корреляционные связи ЧСС с результативностью при соревновании ($r = 0,30$, $p(\text{Sp}) = 0,05$) и ее разницей относительно индивидуального этапа ($\Delta(R_{\text{Соревн.}} - R_{\text{Инд.}})$, $r = 0,30$, $p(\text{Sp}) = 0,05$). Разница результативности при кооперации относительно соревнования ($\Delta(R_{\text{Кооп+}} - R_{\text{Соревн.}})$) у ваготоников отрицательно коррелировала с СМ HF-диапазона ВСП ($r = -0,28$, $p(\text{Sp}) = 0,05$). Ха-

рактер указанных взаимосвязей свидетельствует о том, что более высокую соревновательную результативность достигают участники с умеренным, а не с выраженным преобладанием регуляторных влияний ПНС на сердечную деятельность.

Обсуждение

Проведенный анализ исходных показателей ВСП выявил то, что вся выборка состоит из трех кластеров испытуемых (нормотоников, симпатотоников и ваготоников). Согласно литературным данным, они различаются по балансу или преобладанию центральных, симпатических или парасимпатических регуляторных влияний на сердечную деятельность [10–12]. Полученные результаты кластеризации испытуемых согласуются с данными ряда других работ [16, 27], в которых также были выделены 3–5 групп испытуемых в выборках школьников и студентов с разными типами регуляции ССС: нормотоническим, умеренным и выраженным преобладанием симпатических или парасимпатических влияний. Однако в этих исследованиях получены другие соотношения % испытуемых с разными типами регуляции ССС. В нашей работе доля участников с симпатотоническим типом регуляции составила почти половину всей выборки по сравнению с 18–33 % в указанных выше публикациях.

Мы полагаем, что, несмотря на проведение обследований юношей во внесессионный период, обучение в медицинском университете на первом и втором курсах, а также состоящие ожидания выполнения тестов могли вызвать у испытуемых рост уровня психоэмоционального напряжения, который выражался в повышении активности симпатического отдела ВНС у большей части добровольцев. Такое влияние предстартового напряжения на показатели ВСП показано и в других работах [28, 29]. Кроме того, в проведенном нами исследовании изначально присутствовал социальный компонент, поскольку регистрация ЭКГ осуществлялась в парах синхронно. Известен феномен социальной фасилитации, когда одно только присутствие другого человека меняет психоэмоциональное состояние испытуемого и характеристики его психомоторных действий, особенно в подростковом и юношеском возрасте [30, 31].

Еще одной причиной большой доли испытуемых с исходно высокой активностью

СНС в нашей выборке может быть то, что обследованные были начаты нами по окончании карантинных мероприятий (пандемия COVID-19), включавших социальную изоляцию и вызвавших высокий уровень тревожности, интраверсии и эмоциональной напряженности, а также сопровождавшихся низкой физической активностью² [32, 33]. Эти факторы вызывали у части людей психосоматические состояния, сходные с постстрессорными расстройствами как острого, так и хронического типа. Выделены два основных класса последствий пандемии COVID-19 (психоневрологические и психоэмоциональные) и три уровня проявлений нарушений: физиологический, психический и поведенческий [34]. Более чем у трети людей, которые переболели COVID-19, выявлены цереброваскулярные осложнения, развитие вегетативной дисфункции, вызванной нарушениями центрального и вегетативного контроля гомеостаза кровообращения [35]. Наиболее значимые изменения личностных характеристик по сравнению с допандемийным периодом обнаружены у молодежи в виде снижения доброжелательности и добросовестности, роста уровня нейротизма [33].

Сравнительный анализ результативности СМТ выявил существенные различия при кооперации между кластерами испытуемыми с исходно разными характеристиками ВСР, особенно между ваготониками и симпатотониками. У последних наблюдается снижение успешности деятельности при кооперации, тогда как у испытуемых с ваготоническим типом регуляции сердечной деятельности результативность остается на высоком уровне даже в условиях сложной кооперации без обратной связи от персонального вклада партнеров. Эти данные согласуются с «поливагусной» теорией S.W. Porges о роли ПНС в «системе социального вовлечения» взаимодействующих субъектов [36]. Полученные результаты также согласуются с данными ряда исследований, продемонстрировавших большую склонность к эмпатическим чувствам, взаимопомощи и сотрудничеству у индивидов с

преобладанием регуляторных влияний ПНС на сердечную деятельность [37, 38].

Обнаруженные факты подтверждаются и положительными корреляционными взаимосвязями результативности выполнения сенсомоторных заданий в кооперативных контекстах деятельности с показателями вариативности кардиоинтервалограмм и суммарной СМ. Кроме того, нами впервые выявлена взаимосвязь результативности при кооперации с СМ в очень низком диапазоне спектра ВСР, которая в большей степени отражает вклад надсегментарных звеньев регуляции ССС [7–9]. С другой стороны, уровень влияний ПНС на сердечную деятельность (по показателям более низкой ЧСС и высокой СМ HF-диапазона ВСР) отрицательно коррелировал с соревновательной результативностью, для которой необходимы адекватные исходные уровни эмоционального напряжения и мотивации соперничества, требующих более высокой активности СНС [39].

Полученные данные согласуются с результатами исследований, в которых выявлены взаимосвязи исходных показателей ВСР с социальными характеристиками людей. Показано, что СМ HF-диапазона ВСР испытуемых в покое коррелировала с показателями по шкалам регуляции эмоций, включая тревожность, руминацию и др. [24]. Уровень СМ HF-диапазона ВСР отрицательно коррелировал с психологическими характеристиками, указывающими на трудности эмоциональной регуляции и контроля импульсивности индивидов [22]. Также в этой работе установлено, что СМ HF-диапазона ВСР и среднеквадратическое значение последовательных разностей R-R-интервалов (RMSSD), зарегистрированных исходно и во время межличностных взаимодействий испытуемых, зависят от валентности контекстов социальных отношений.

Модель деятельности, использованная в нашем исследовании, требует от испытуемых высокой концентрации внимания и сосредоточенности для поддержания постоянного уровня мышечного напряжения, а в условиях кооперации – дополнительной согласованности действий с партнером. Согласно данным проведенного исследования и результатам других работ [22, 24, 39], такие качества, как высокая импульсивность, тревожность и снижение уровня внимания к окружающим социальным факторам, которые проявляются в

² Николаева Э.Ф., Попова Е.В. Влияние пандемии COVID-19 на психологическое благополучие человека // Психология сегодня: актуальные исследования и перспективы: материалы Всероссийского психологического форума: в 2 т. / отв. ред. Л.В. Токарская, М.А. Лаврова. Т. 2. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та. 2022. 230 с.

усилении активности СНС, могут препятствовать успешности кооперативной деятельности, но способствовать повышению уровня мотивации соперничества.

Заключение

На основе определения наиболее информативных показателей ВСП испытуемых в исходном состоянии оперативного покоя выделены группы участников с разными типами регуляции сердечной деятельности: нормотоническим, преобладанием активности симпатического или парасимпатического отделов ВНС.

Обнаружены достоверные различия результативности сенсомоторной деятельности в контексте сотрудничества между группами испытуемых с разными исходными типами регуляции ВСП. У индивидов с преобладанием влияния СНС на сердечную деятельность происходило более значимое снижение кооперативной результативности по сравнению с участниками ваготонического типа регуляции, достигавших более высоких результатов.

Выявлены положительные корреляционные взаимосвязи результативности выполнения сенсомоторных заданий в кооперативных контекстах деятельности с показателями

вариативности кардиоинтервалограмм, суммарной СМ и мощностью в очень низком диапазоне спектра ВСП.

Выявленные взаимосвязи показателей результативности выполнения СМТ в различных социальных контекстах с исходными характеристиками ВСП позволяют сделать заключение о том, что предикторами кооперативной успешности являются характеристики, отражающие большее влияние надсегментарных структур головного мозга и парасимпатического отдела ВНС на сердечную деятельность, а соревновательной результативности – показатели высокой активности СНС. В дальнейшем необходимо изучение многосторонних взаимосвязей между личностными характеристиками взаимодействующих субъектов, показателями результативности и динамикой ВСП в разных социальных условиях деятельности. Кроме того, актуальной является оценка влияния степени внутридиадических различий или сходства между исходными типами регуляции сердечной деятельности испытуемых на результаты их последующих взаимодействий. Указанные исследования перспективны в плане разработки новых подходов к подбору состава успешно действующих команд в различных профессиональных сферах.

Список источников

1. Positive psychosocial factors and the development of symptoms of depression and posttraumatic stress symptoms following acute myocardial infarction / C. Zuccarella-Hackl, L. Jimenez-Gonzalo, R. von Känel et al. // *Frontiers in Psychology*. 2023. Vol. 14. P. 1302699. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1302699.
2. A research agenda for understanding how social inequality is linked to brain structure and function / M.L. Hatzenbuehler, K.A. McLaughlin, D.G. Weissman et al. // *Nature Human Behaviour*. 2024. Vol. 8, № 1. P. 20–31. DOI: 10.1038/s41562-023-01774-8.
3. Social isolation and loneliness: Undervalued risk factors for disease states and mortality / M. Kanbay, C. Tanriover, S. Copur et al. // *European Journal of Clinical Investigation*. 2023. Vol. 53, № 10. ID art. e14032. DOI: 10.1111/eci.14032.
4. The relationship between social isolation, social support, and loneliness with cardiovascular disease and shared risk factors: A narrative review / A.B. Teshale, H.L. Htun, J. Hu et al. // *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2023. Vol. 111. P. 105008. DOI: 10.1016/j.archger.2023.105008.
5. Gottman J.M. Detecting cyclicality in social-interaction // *Psychological Bulletin*. 1979. Vol. 106. № 52. P. 338–348. DOI: 10.1037/0033-2909.86.2.338
6. Petrocchi N., Cheli S. The social brain and heart rate variability: Implications for psychotherapy // *Psychology and Psychotherapy: Theory, Research and Practice*. 2019. Vol. 92, № 2. P. 208–223. DOI: 10.1111/papt.12224.
7. Соматовегетативные компоненты социальных взаимодействий (обзор) / Е.П. Муртазина, И.С. Матюлько, Б.В. Журавлев, Н.К. Голубева // *Журнал медико-биологических исследований*. 2019. Т. 7, № 3. С. 349–362. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.349.
8. Higher heart rate variability predicts better affective interaction quality in non-intimate social interactions / H. Mauersberger, J.L. Tune, T. Kastendieck et al. // *Psychophysiology*. 2022. Vol. 59, № 11. P. 14084. DOI: 10.1111/psyp.14084.

9. Analysis of Heart Rate Variability and Implication of Different Factors on Heart Rate Variability / R. Tiwari, R. Kumar, S. Malik et al. // *Current Cardiology Reviews*. 2021. Vol. 17, № 5. ID art. e160721189770. DOI: 10.2174/1573403X16999201231203854.
10. Eppinger H., Hess L. *Die Vagotonie*. Berlin: Eine Klinische Studie. 1910. 320 p.
11. Baevskii R.M. Concept of physiological norm and criteria of health // *Russian Journal of Physiology*. 2003. Vol. 89, № 4. P. 473–487.
12. Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение: руководство для врачей / А.М. Вейн, Т.Г. Вознесенская, О.В. Воробьева и др.; под ред. В.Л. Голубева. М.: Мед. информ. Агентство. 2010. 637 с.
13. Оценка функционального состояния организма студентов с использованием параметров variability сердечного ритма / Е.С. Князева, С.В. Лялякин, Н.В. Мищенко, Т.А. Трифонова // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2023. № 1(127). С. 8. DOI: 10.23670/IRJ.2023.127.8.
14. Клименко А.В., Перцов С.С. Физиологическое обеспечение целенаправленной деятельности человека // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2023. Т. 176, № 7. С. 4–13. DOI: 10.47056/0365-9615-2023-176-7-4-13.
15. The connection between heart rate variability (HRV), neurological health, and cognition: A literature review / X. Arakaki, R.J. Arechavala, E.H. Choyye et al. // *Frontiers in Neuroscience*. 2023. Vol. 1, № 17. P. 1055445. DOI: 10.3389/fnins.2023.1055445.
16. Ядрищенская Т.В. Типологические особенности вегетативной регуляции с позиций системных взаимоотношений // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики*. Серия: Познание. 2022. № 1. С. 64–68. DOI: 10.37882/2500-3682.2022.01.19.
17. Горелик В.В., Филиппова С.Н., Назаренко Н.Н. Улучшение показателей адаптации школьников к физическим нагрузкам при использовании индивидуального подхода с учетом типов вегетативной регуляции // *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022. Т. 12, № 4. С. 29–39. DOI: 10.47529/2223-2524.2022.4.9.
18. Клименко А.В., Перцов С.С., Яковенко И.Ю. Корреляционные связи индивидуально-типологических особенностей человека с показателями результативности целенаправленной деятельности и variability сердечного ритма // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2019. Т. 167, № 5. С. 532–536.
19. A Novel Smartphone App for the Measurement of Ultra-Short-Term and Short-Term Heart Rate Variability: Validity and Reliability Study / Y.S. Chen, W.A. Lu, J.C. Pagaduan et al. // *JMIR mHealth and uHealth*. 2020. Vol. 31, № 8(7). ID art. e18761. DOI: 10.2196/18761.
20. Sociometric wearable devices for studying human behavior in corporate and healthcare workplaces / A. Ito-Masui, E. Kawamoto, R. Esumi et al. // *BioTechniques*. 2021. № 71. P. 392–399. DOI: 10.2144/btn-2020-0160.
21. Wearable Systems for Unveiling Collective Intelligence in Clinical Settings / M. Pulcinelli, M. Pinnelli, C. Massaroni et al. // *Sensors*. 2023. № 23(24). P. 9777. DOI: 10.3390/s23249777.
22. Heart rate variability during social interaction: Effects of valence and emotion regulation / C. Deits-Lebehn, T.W. Smith, P.G. Williams et al. // *International Journal of Psychophysiology*. 2023. № 190. P. 20–29. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2023.06.004.
23. Cardiac vagal tone is associated with social engagement and self-regulation / F.C. Geisler, T. Kubiak, K. Siewert et al. // *Biological Psychology*. 2013. Vol. 93, № 2. P. 279–286. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2013.02.013.
24. Zhu J., Ji L., Liu C. Heart rate variability monitoring for emotion and disorders of emotion // *Physiological Measurement*. 2019. Vol. 40, № 6. P. 064004. DOI: 10.1088/1361-6579/ab1887.
25. Physiological Synchrony Predict Task Performance and Negative Emotional State during a Three-Member Collaborative Task / M. Algumaei, I. Hettiarachchi, R. Veerabhadrappe et al. // *Sensors*. 2023. № 23(4). P. 2268. DOI: 10.3390/s23042268.
26. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // *European Heart Journal*. 1996. Vol. 17, № 3. P. 354–381.

27. Горелик В.В. Адаптация учащихся к физическим нагрузкам с учетом состояния регуляторных систем (типов вегетативной регуляции) на уроке физической культуры // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2015. Т. 23, № 2. С. 32–40. DOI: 10.17816/PAVLOVJ2015232-40

28. Глухова М.Е., Лукьянов Д.А., Еженцев В.С. Влияние предстартового состояния на результат публичных выступлений студентов // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 76-1. С. 90–93.

29. Бабушкин Г.Д. Психологические качества, влияющие на предстартовое состояние спортсмена и результативность соревновательной деятельности // Психология и педагогика спортивной деятельности. 2023. № 1(64). С. 19–23.

30. Sahi R.S., Eisenberger N.I., Silvers J.A. Peer facilitation of emotion regulation in adolescence // Developmental Cognitive Neuroscience. 2023. № 62. ID art. 101262. DOI: 10.1016/j.dcn.2023.101262.

31. Garcia-Marques T., Fernandes A.C. Meta-Analysis of Social Presence Effects on Stroop Task Performance // Psychological Reports. 2024. № 30. ID art. 332941241227150. DOI: 10.1177/00332941241227150.

32. Saladino V., Algeri D., Auriemma V. The Psychological and Social Impact of Covid-19: New Perspectives of Well-Being // Frontiers in Psychology. 2020. Vol. 11. ID art. 577684. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.577684.

33. Differential personality changes earlier and later in the coronavirus pandemic in a longitudinal sample of adults in the United States / A.R. Sutin, Y. Stephan, M. Luchetti et al. // PLOS One. 2022. Vol. 17, № 9. ID art. e0274542. DOI: 10.1371/journal.pone.0274542.

34. Шматова Ю.Е. Психическое здоровье населения в период пандемии COVID-19: тенденции, последствия, факторы и группы риска // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14, № 2. С. 201–224. DOI: 10.15838/esc.2021.2.74.13.

35. Cardiovascular autonomic dysfunction in post-COVID-19 syndrome: a major health-care burden / A. Fedorowski, A. Fanciulli, S.R. Raj et al. // Nature Reviews Cardiology. 2024. № 2. DOI: 10.1038/s41569-023-00962-3.

36. Porges S.W. Polyvagal Theory: A biobehavioral journey to sociality // Comprehensive Psychoneuroendocrinology. 2021. № 7. ID art. 100069. DOI: 10.1016/j.cpnec.2021.100069.

37. Does heart rate variability predict better executive functioning? A systematic review and meta-analysis / V. Magnon, G.T. Vallet, A. Benson et al. // Cortex. 2022. № 155. P. 218–236. DOI: 10.1016/j.cortex.2022.07.008.

38. Inter-Individual Differences in Heart Rate Variability Are Associated with Inter-Individual Differences in Mind-Reading / A. Lischke, D. Lemke, J. Neubert et al. // Scientific Reports. 2017. Vol. 7, № 1. P. 1557.

39. May the Best Joint-Actions Win: Physiological Linkage During Competition / M.E. Vanutelli, L. Gatti, L. Angioletti et al. // Applied Psychophysiology and Biofeedback. 2018. № 43(3). P. 227–237. DOI: 10.1007/s10484-018-9402-8.

Поступила 27.03.2024; одобрена после рецензирования 12.05.2024; принята к публикации 18.05.2024.

Информация об авторах

Зотова Оксана Михайловна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии и медицинской физики, Российский университет медицины (Россия, 127006, г. Москва, ул. Долгоруковская, д. 4), ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9869-5914>, e-mail: oks_zotova@mail.ru

Муртазина Елена Павловна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий (Россия, 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4243-8727>; e-mail: murtazina_ep@academpharm.ru

Галушка Екатерина Сергеевна – младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий (Россия, 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9256-0253>, e-mail: galushka_es@academpharm.ru

Ермакова Ольга Игоревна – лаборант-исследователь, Федеральный исследовательский центр оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий (Россия, 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4860-6151>, e-mail: ermakova_oi@academpharm.ru

Перцов Сергей Сергеевич – доктор медицинских наук, профессор РАН, чл.-корр. РАН, заведующий кафедрой нормальной физиологии, Российский университет медицины (Россия, 127006, г. Москва, ул. Долгоруковская, д. 4), директор НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина; Федеральный исследовательский центр оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий (Россия, 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5530-4990>, e-mail: pertsov_ss@academpharm.ru

Заявленный вклад авторов

Зотова О.М. – сбор материалов по отечественным и зарубежным практикам, проведение эмпирического исследования, сбор и обработка данных, написание текста статьи, подготовка окончательной редакции текста.

Муртазина Е.П. – научное руководство, проведение эмпирического исследования, математико-статистическая обработка данных исследования, написание текста статьи, подготовка окончательной редакции текста.

Галушка Е.С. – проведение эмпирического исследования, сбор и обработка данных.

Ермакова О.И. – проведение эмпирического исследования, сбор данных.

Перцов С.С. – формулирование основной концепции исследования.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Zuccarella-Hackl C., Jimenez-Gonzalo L., von Känel R. et al. Positive psychosocial factors and the development of symptoms of depression and posttraumatic stress symptoms following acute myocardial infarction. *Frontiers in Psychology*. 2023;14:1302699. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1302699.
2. Hatzenbuehler M.L., McLaughlin K.A., Weissman D.G. et al. A research agenda for understanding how social inequality is linked to brain structure and function. *Nature Human Behaviour*. 2024;8(1):20–31. DOI: 10.1038/s41562-023-01774-8.
3. Kanbay M., Tanriover C., Copur S. et al. Social isolation and loneliness: Undervalued risk factors for disease states and mortality. *European Journal of Clinical Investigation*. 2023;53(10):e14032. DOI: 10.1111/eci.14032.
4. Teshale A.B., Htun H.L., Hu J. et al. The relationship between social isolation, social support, and loneliness with cardiovascular disease and shared risk factors: A narrative review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2023;111:105008. DOI: 10.1016/j.archger.2023.105008.
5. Gottman J.M. Detecting cyclicity in social-interaction. *Psychological Bulletin*. 1979;106(52):338–348. DOI: 10.1037/0033-2909.86.2.338
6. Petrocchi N., Cheli S. The social brain and heart rate variability: Implications for psychotherapy. *Psychology and Psychotherapy: Theory, Research and Practice*. 2019;92(2):208–223. DOI: 10.1111/papt.12224.
7. Murtaзина E.P., Matyul'ko I.S., Zhuravlev B.V., Golubeva N.K. Somatoautonomic components of social interactions (review). *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy = Journal of Medical and Biological Research*. 2019;7(3):349–362. (in Russ.). DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.349.
8. Mauersberger H., Tune J.L., Kastendieck T. et al. Higher heart rate variability predicts better affective interaction quality in non-intimate social interactions. *Psychophysiology*. 2022;59(11):14084. DOI: 10.1111/psyp.14084.
9. Tiwari R., Kumar R., Malik S. et al. Analysis of Heart Rate Variability and Implication of Different Factors on Heart Rate Variability. *Current Cardiology Reviews*. 2021;17(5):e160721189770. DOI: 10.2174/1573403X16999201231203854.
10. Eppinger H., Hess L. Die Vagotonie. Berlin: Eine Klinische Studie. 1910:320.
11. Baevskii R.M. Concept of physiological norm and criteria of health. *Russian Journal of Physiology*. 2003;89(4):473–487.

12. A.M. Voznesenskaya T.G. Vorob'eva O.V. et al. *Vegetativnye rasstroistva: klinika, diagnostika, lechenie: rukovodstvo dlya vrachei* [Vegetative disorders: clinic, diagnosis, treatment: guide for doctors]. Ed. V.L. Golubeva. Moscow. Med. inform. Agency. 2010:637.
13. Knyazeva E.S., Lyalyakin S.V., Mishchenko N.V., Trifonova T.A. An Evaluation Of The Functional State Of The Body Of Students Using Heart Rhythm Variability Parameters. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*. 2023;1(127):8. DOI: 10.23670/IRJ.2023.127.8. (in Russ).
14. Klimenko A.V., Pertsov S.S. Physiological Support of Goal-Directed Activity in Human. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny = Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2023;176(7):4–13. DOI: 10.47056/0365-9615-2023-176-7-4-13. (in Russ)
15. Arakaki X., Arechavala R.J., Choyye E.H. et al. The connection between heart rate variability (HRV), neurological health, and cognition: A literature review. *Frontiers in Neuroscience*. 2023;1(17):1055445. DOI: 10.3389/fnins.2023.1055445.
16. Yadrishchenskaya T.V. Typological Features of Vegetative Regulation in the Aspect of System Relationship. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problem teorii i ipraktiki. Seriya: Poznanie = Modern Science: actual problems of theory and practice. Series: Cognition*. 2022;1:64–68. DOI: 10.37882/2500-3682.2022.01.19. (in Russ).
17. Gorelik V.V., Filippova S.N., Nazarenko N.N. Improving the indicators of schoolchildren's adaptation to physical activity using an individual approach, taking into account the types of vegetative regulation. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: research and practice*. 2022;12(4):29–39. DOI: 10.47529/2223-2524.2022.4.9. (in Russ).
18. Klimenko A.V., Pertsov S.S., Yakovenko I.Yu. A correlation analysis of performance of purposeful activity and parameters of heart rate variability in people with different individual-typological features. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i imeditsiny = Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2019;167(5):532–536. (in Russ.).
19. Chen Y.S., Lu W.A., Pagaduan J.C. et al. A Novel Smartphone App for the Measurement of Ultra-Short-Term and Short-Term Heart Rate Variability: Validity and Reliability Study. *JMIR mHealth and uHealth*. 2020;31(8(7):e18761. DOI: 10.2196/18761.
20. Ito-Masui A., Kawamoto E., Esumi R. et al. Sociometric wearable devices for studying human behavior in corporate and healthcare workplaces. *BioTechniques*. 2021;71:392–399. DOI: 10.2144/btn-2020-0160.
21. Pulcinelli M, Pinnelli M, Massaroni C. et al. Wearable Systems for Unveiling Collective Intelligence in Clinical Settings. *Sensors*. 2023;23(24):9777. DOI: 10.3390/s23249777.
22. Deits-Lebehn C., Smith T.W, Williams P.G. et al. Heart rate variability during social interaction: Effects of valence and emotion regulation. *International Journal of Psychophysiology*. 2023;190:20–29. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2023.06.004.
23. Geisler F.C., Kubiak T., Siewert K. et al. Cardiac vagal tone is associated with social engagement and self-regulation. *Biological Psychology*. 2013;93(2):279–286. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2013.02.013.
24. Zhu J., Ji L., Liu C. Heart rate variability monitoring for emotion and disorders of emotion. *Physiological Measurement*. 2019;40(6):064004. DOI: 10.1088/1361-6579/ab1887.
25. Algumaei M., Hettiarachchi I., Veerabhadrapa R. et al. Physiological Synchrony Predict Task Performance and Negative Emotional State during a Three-Member Collaborative Task. *Sensors*. 2023;23(4):2268. DOI: 10.3390/s23042268.
26. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *European Heart Journal*. 1996;17(3):354–381.
27. Gorelik V.V. Adaptation of pupilsregulatory systems (types of vegetative regulation) students to physical activityat the lesson of physicalculture. *Rossiiskii mediko-biologicheskii vestnik imeni akademi-ka I.P. Pavlova = I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2015;23(2):32–40. (in Russ.). DOI: 10.17816/PAVLOVJ2015232-40

28. Glukhova M.E., Luk'yanov D.A., Ezhentsev V.S. The influence of the pre-start state on the result of public performances by students. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya = Problems of modern pedagogical education*. 2022;76-1:90–93. (in Russ.).
29. Babushkin G.D. Psychological qualities that affect the athlete's pre-start state and the effectiveness of competitive activity. *Psikhologiya i pedagogika sportivnoi deyatelnosti = Psychology and Pedagogy of sports activity*. 2023;1(64):19–23. (in Russ.).
30. Sahi R.S., Eisenberger N.I., Silvers J.A. Peer facilitation of emotion regulation in adolescence. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2023;62:101262. DOI: 10.1016/j.dcn.2023.101262.
31. Garcia-Marques T., Fernandes A.C. Meta-Analysis of Social Presence Effects on Stroop Task Performance. *Psychological Reports*. 2024;30:332941241227150. DOI: 10.1177/00332941241227150.
32. Saladino V., Algeri D., Auriemma V. The Psychological and Social Impact of Covid-19: New Perspectives of Well-Being. *Frontiers in Psychology*. 2020;11:577684. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.577684.
33. Sutin A.R., Stephan Y., Luchetti M. et al. Differential personality change earlier and later in the coronavirus pandemic in a longitudinal sample of adults in the United States. *PLOS One*. 2022;17(9):e0274542. DOI: 10.1371/journal.pone.0274542.
34. Shmatova Yu.E. Mental health of population in the COVID-19 pandemic: trends, consequences, factors, and risk groups. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz = Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2021;14(2):201–224. (in Russ.). DOI: 10.15838/esc.2021.2.74.13.
35. Fedorowski A., Fanciulli A., Raj S.R. et al. Cardiovascular autonomic dysfunction in post-COVID-19 syndrome: a major health-care burden. *Nature Reviews Cardiology*. 2024;2. DOI: 10.1038/s41569-023-00962-3.
36. Porges S.W. Polyvagal Theory: A biobehavioral journey to sociality. *Comprehensive Psychoneuroendocrinology*. 2021;7:100069. DOI: 10.1016/j.cpnec.2021.100069.
37. Magnon V., Vallet G.T., Benson A. et al. Does heart rate variability predict better executive functioning? A systematic review and meta-analysis. *Cortex*. 2022;155:218–236. DOI: 10.1016/j.cortex.2022.07.008.
38. Lischke A., Lemke D., Neubert J. et al. Inter-Individual Differences in Heart Rate Variability Are Associated with Inter-Individual Differences in Mind-Reading. *Scientific Reports*. 2017;7(1):1557.
39. Vanutelli M.E., Gatti L., Angioletti L. et al. May the Best Joint-Actions Win: Physiological Linkage During Competition. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2018;43(3):227–237. DOI: 10.1007/s10484-018-9402-8.

Submitted 27.03.2024; approved after reviewing 12.05.2024; accepted for publication 18.05.2024.

About the authors

Oksana M. Zotova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology and Medical Physics, Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation (4 Dolgorukovskaya str., Moscow, 127006, Russia); ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9869-5914>, e-mail: oks_zotova@mail.ru

Elena P. Murtazina – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher, Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and Pharmaceutical Technologies (8 Baltiyskaya str., Moscow, 125315, Russia); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4243-8727>; e-mail: murtazina_ep@academpharm.ru

Ekaterina S. Galushka – Junior Researcher, Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and Pharmaceutical Technologies (8 Baltiyskaya str., Moscow, 125315, Russia); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9256-0253>, e-mail: galushka_es@academpharm.ru

Olga I. Ermakova – Laboratory Research Assistant, Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and Pharmaceutical Technologies (8 Baltiyskaya str., Moscow, 125315, Russia); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4860-6151>, e-mail: ermakova_oi@academpharm.ru

Sergey S. Pertsov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Normal Physiology, Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation (4 Dolgorukovskaya str., Moscow, 127006, Russia); Director of the P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and Pharmaceutical Technologies (8 Baltiyskaya str., Moscow, 125315, Russia); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5530-4990>, e-mail: pertsov_ss@academpharm.ru

Contribution of the authors

Zotova O.M. – gathering of information related to local and international practices, implementation of empirical research, data analysis, writing the text.

Murtazina E.P. – scientific management, implementation of empirical research, data analysis, writing the text.

Galushka E.S. – implementation of empirical research, data analysis.

Ermakova O.I. – preparation and implementation of empirical research, data collection.

Pertsov S.S. – formulation of the main concept of the study.

All authors have read and approved the final manuscript.