



УДК 616.12-06:612.821:159.9

DOI 10.17802/2306-1278-2024-13-4S-116-125

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРЕСС-РЕАКТИВНОСТЬ ОРГАНИЗМА В ОТВЕТ НА ТЕСТ С КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ У МОЛОДЫХ ЗДОРОВЫХ ЛИЦ: ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ

Н.Н. Загорская¹, А.В. Щеглова¹, А.Н. Сумин¹, И.Ю. Прокашко²

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», бульвар им. академика Л.С. Барбараша, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002; ² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Ворошилова, 22А, Кемерово, Российская Федерация, 650056

Основные положения

• Определены гендерные различия в реакциях на психоэмоциональный стресс у молодых здоровых людей: у представителей женского пола был выше уровень мышечного напряжения, у представителей мужского – показатели кожной проводимости. Это подчеркивает важность учета гендерных различий при оценке стресс-реактивности и разработке программ повышения стрессоустойчивости. Полученные данные могут быть использованы для создания оптимальной батареи физиологических параметров для оценки динамики стрессоустойчивости и разработки программ биологической обратной связи для управления стрессом.

Цель

Изучить гендерно-специфические реакции на психоэмоциональный стресс у молодых здоровых лиц с акцентом на физиологические параметры сердечно-сосудистой системы.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 47 студентов Кемеровского государственного медицинского университета в возрасте от 18 до 32 лет. Участники были разделены на мужскую (n = 14) и женскую (n = 33) группы. Психофизиологическая диагностика проведена с использованием комплекса «БОСЛАБ»: регистрировались электромиограмма, электрокардиограмма, температура тела, дыхание, кожно-гальваническая реакция и фотоплетизмограмма. Протокол стресс-тестирования включал когнитивные задачи и фазы восстановления.

Результаты

При воздействии стресс-тестов наблюдалось статистически значимое увеличение частоты сердечных сокращений и укорочение интервалов R-R ($p < 0,001$), а также увеличение длительности дыхательного цикла ($p = 0,029$) и уменьшение частоты моды дыхания ($p < 0,001$). Гендерные различия проявлялись более высоким уровнем мышечного напряжения у женщин ($p < 0,001$) и более высокой кожной проводимостью у мужчин ($p = 0,033$).

Заключение

У молодых здоровых лиц ментальный стресс вызывает активацию симпатoadrenalовой системы, что проявляется изменением частоты сердечных сокращений и дыхательных параметров. Гендерные различия в ответах на стресс выражаются различиями в мышечном напряжении и кожной проводимости. Полученные данные могут быть полезны для разработки программ стрессоустойчивости и БОС-тренингов.

Ключевые слова

Психоэмоциональный стресс • Гендерные различия • Сердечно-сосудистая система • Физиологические параметры • Стрессоустойчивость

Поступила в редакцию: 10.09.2024; поступила после доработки: 06.11.2024; принята к печати: 14.12.2024

PSYCHOPHYSIOLOGICAL STRESS REACTIVITY OF THE BODY IN RESPONSE TO A COGNITIVE LOAD TEST IN YOUNG HEALTHY INDIVIDUALS: GENDER DIFFERENCES

N.N. Zagorskaya¹, A.V. Shcheglova¹, A.N. Sumin¹, I.Y. Prokashko²

¹ Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, 6, Academician Barbarash Blvd, Kemerovo, Russian Federation, 650002; ² Federal State Budgetary Educational

Для корреспонденции: Анна Викторовна Щеглова, nura.karpovitch@yandex.ru; адрес: бульвар им. академика Л.С. Барбараша, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Corresponding author: Anna V. Shcheglova, nura.karpovitch@yandex.ru; address: 6, Academician Barbarash Blvd, Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

- The study results revealed gender differences in reactions to psycho-emotional stress in young healthy people, showing that women had higher levels of muscle tension, while men had higher levels of skin conduction. This highlights the importance of taking gender differences into account when assessing stress reactivity and developing stress resilience programs. The data obtained can be used to create an optimal battery of physiological parameters for assessing the dynamics of stress tolerance and developing biofeedback programs for stress management.

Aim	To study gender-specific reactions to psycho-emotional stress in young healthy individuals, emphasizing the physiological parameters of the cardiovascular system.
Methods	The study included 47 students of Kemerovo State Medical University aged 18 to 32 years. The participants were divided into male (n = 14) and female (n = 33) groups. Psychophysiological diagnostics was performed using the BOSLAB complex: an electromyogram, an electrocardiogram, body temperature, respiration, a galvanic skin reaction and a photoplethysmogram were obtained. The stress testing protocol included cognitive tasks and rest phases.
Results	When exposed to stress tests, there was a statistically significant increase in heart rate (HR) and a shortening of the R-R intervals ($p < 0.001$), as well as an increase in the duration of the respiratory cycle ($p = 0.029$) and a decrease in the frequency of the respiratory mode ($p < 0.001$). Gender differences were manifested in higher levels of muscle tension in women ($p < 0.001$) and higher skin conduction in men ($p = 0.033$).
Conclusion	In young healthy individuals, mental stress causes activation of the sympathoadrenal system, which manifests itself in changes in heart rate and respiratory parameters. Gender differences in stress responses are expressed in differences in muscle tension and skin conduction. This data can be useful for the development of stress tolerance and stress training programs.
Keywords	Psycho-emotional stress • Gender differences • Cardiovascular system • Physiological parameters • Stress resistance

Received: 10.09.2024; received in revised form: 06.11.2024; accepted: 14.12.2024

Список сокращений

БОС – биологическая обратная связь	ЧСС – частота сердечных сокращений
ДДЦ – длительность дыхательного цикла	ЭКГ – электрокардиограмма
ФПГ – фотоплетизмограмма	ЭМГ – электромиограмма

Введение

В настоящее время известно, что традиционные факторы риска не полностью объясняют развитие сердечно-сосудистых осложнений [1, 2]. В то же время наличие высокого риска кардиоваскулярных осложнений у пациентов, включая больных с ишемической болезнью сердца, сопровождается особенной уязвимостью к воздействию стресса [3, 4]. Сочетание стрессового триггера и патологического сердечного субстрата лежит в основе таких случаев смертности, и оценка компонентов этой парадигмы может помочь объяснить этот избыточный риск. В метаанализе показано, что более высокая чувствительность к острому психическому стрессу неблагоприятно влияет на будущий статус сердечно-сосудистого риска, что подтверждает использование методов управления стресс-

совой чувствительностью в профилактике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний [5]. Имеются доказательства того, что сеть корковых, лимбических и стволовых областей для центрального автономного и физиологического контроля важна для генерации и регулирования сердечно-сосудистой реактивности, вызванной стрессором, через висцеромоторные и висцеросенсорные механизмы. Соответственно, эти области мозга могут играть роль в связанном со стрессом риске сердечно-сосудистых заболеваний, в частности путем их участия в опосредовании метаболически нерегулируемых или экстремальных сердечно-сосудистых реакций, вызванных стрессором [6]. В недавних исследованиях продолжается поиск возможных механизмов, обуславливающих влияние психоэмоционального стресса на риск при сердечно-сосудистых

заболеваниях [7–9]. Дополнительно оцениваются личностные особенности, способные модулировать стрессорные реакции, и, как следствие, влиять на их клиническое и прогностическое значение [8, 10–12]. В числе таких факторов рассматривают и гендер-зависимые реакции на психоэмоциональный стресс [13–15]. Например, показано, что у лиц женского пола, предрасположенных к психологическому дистрессу, выявляют притупленные сердечно-сосудистые реакции на ментальный стресс, а у лиц мужского пола – преувеличенные сердечно-сосудистые реакции [16]. Также у таких мужчин отмечаются неадаптивные модели привыкания к повторяющемуся стрессу [17].

Для потенциального управления рисками, связанными с воздействием на организм стресса, представляется необходимым исследовать поиск связей между параметрами психофизиологического состояния пациента и характеристиками деятельности его функциональных систем, в том числе сердечно-сосудистой [18]. Поскольку более высокая чувствительность к острому психическому стрессу оказывает неблагоприятное влияние на будущий статус сердечно-сосудистого риска, то возникает необходимость оценки гендерных различий в реакциях на стресс с последующим использованием методов управления стрессовой чувствительностью в профилактике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний. В качестве модели для разработки профилактических мероприятий по повышению стрессоустойчивости на первоначальном этапе используются здоровые лица, как правило, молодого возраста. Одним из перспективных методов оценки стрессоустойчивости организма являются устройства биологической обратной связи (БОС) с измерением определенных физиологических переменных (электромиография, пульс, объем крови, частота дыхания, периферическая температура и проводимость кожи) во время психофизиологических тестов [19, 20]. Однако до сих пор не изучены гендерные различия в реакции этих параметров на стресс.

Цель настоящей работы – изучение гендерно-специфических реакций на психоэмоциональный стресс физиологических параметров функционирования, в том числе показателей деятельности сердечно-сосудистой системы, у молодых здоровых лиц.

Материалы и методы

На пилотном этапе исследования было обследовано 47 студентов Кемеровского государственного медицинского университета в возрасте от 18 до 32 лет. Все участники владели русским языком, включая представителей индийской национальности.

Исследование проведено в лабораторных условиях в утренние часы при условии стабильного положительного самочувствия, не менее чем через два часа после еды и через час после курения. Испытуемые были разделены на группы по половому признаку: мужской пол ($n = 14$) и женский пол ($n = 33$). Исследование проведено в соответствии с принципами Хель-

синкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (пересмотр 2013 г.). Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом НИИ КПССЗ. Все участники подписали информированное согласие на участие в исследовании.

В соответствии с целью исследования проведена психофизиологическая диагностика, включавшая регистрацию ряда показателей стресс-реактивности в условиях моделируемого острого стресса и в последующих фазах восстановления.

Для проведения обследования использован многоканальный комплекс «БОСЛАБ профессиональный плюс» на базе БИ-012-2, (ООО «Компьютерные системы биоуправления», Россия). В ходе исследования регистрировали следующие физиологические сигналы: электромиограмма (ЭМГ), электрокардиограмма (ЭКГ), температура тела, дыхание, кожно-гальваническая реакция, фотоплетизмограмма (ФПГ). На руки испытуемых крепили одноразовые ЭКГ-электроды с коннектором «кнопка» для регистрации ЭКГ с использованием модифицированного II стандартного отведения. При ФПГ исследован кровоток пальца руки. Датчик кожно-гальванической реакции накладывали на проксимальную фалангу II и III пальцев правой руки. С помощью наложения датчиков ЭМГ на мышцы лба фиксировали уровень их напряжения. Для записи дыхательных усилий использовали индукционный ремень с датчиком, закрепленный на уровне подмышечных впадин для регистрации движений грудной клетки.

Протокол стресс-тестирования состоял из пяти сессий, позволяющих оценить особенности стресс-реактивности организма и способность к последующему восстановлению. Изначально у испытуемых снимались исходные психофизиологические параметры в покое в течение одной минуты. Затем в качестве мягкого стрессора им предлагалась когнитивная задача на арифметический счет в течение трех минут, после которой вновь следовала минута отдыха. Далее испытуемые выполняли когнитивную задачу stroop-test [21], методику словесно-цифровой интерференции, в течение трех минут. По завершении заданий вновь производились измерения в покое в течение одной минуты. В течение каждой из фаз фиксировались оцениваемые показатели, что позволяло получить данные для построения общей картины динамических изменений функционального состояния во время всех сессий.

На основании полученных данных оценены следующие параметры: интервалы R-R, частота сердечных сокращений (ЧСС) и дыхательная аритмия сердца, время распространения пульсовой волны как показатель эластичности магистральных сосудов; соотношение медленных и высокочастотных волн сердечного ритма как показатель, отражающий преобладание симпатических или парасимпатических влияний на сердечный ритм; индекс напряжения Баевского как интегральный показатель стрессовой нагрузки на ор-

ганизм и состояния его адаптации к стрессу; частота дыхательных движений и частота моды дыхательных движений; длительность дыхательного цикла (ДДЦ), отношение длительности вдоха к длительности выдоха и число R-R-интервалов на одном дыхательном цикле (NNbc); амплитуда систолической волны при ФПГ, отражающая объемный кровоток в месте регистрации и состояние периферических сосудов; интегральный показатель напряжения с фронтальных мышц (интегральная ЭМГ); кожная проводимость; температура кожных покровов по шкале Фаренгейта; показатель адекватности процессов регуляции.

Статистический анализ

Обработка результатов проведена с использованием пакетов прикладных программ Statistica 10.0 для Windows (StatSoft Inc., США). Распределение количественных данных проверялось с помощью теста Шапиро – Уилка. Поскольку распределение всех количественных характеристик отличалось от нормального, они представлены в виде медианы (Me), указывающей на нижний (LQ) и верхний (UQ) квартили. Для сравнения групп использованы критерии Краскела –

Уоллиса и Манна – Уитни. Когда количество наблюдений было небольшим, применен точный критерий Фишера с поправкой Йейтса. Для решения проблемы множественных сравнений использована поправка Бонферрони. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Динамика всех показателей стресс-реактивности у студентов-медиков в изучено группе представлена в табл. 1.

Среди всей когорты обследованных при воздействии психоэмоциональных стресс-тестов (выполнении когнитивных задач) статистически достоверно увеличивалась ЧСС и, соответственно, укорачивались интервалы R-R по сравнению с состоянием покоя ($p < 0,001$), а также увеличивалось число R-R-интервалов на одном дыхательном цикле ($p = 0,03$). ДДЦ постепенно увеличивалась на всем протяжении тестирования ($p = 0,029$), а частота моды дыхания несколько уменьшилась по сравнению с исходным показателем на протяжении последующего исследования ($p < 0,001$). По динамике прочих показателей среди всей

Таблица 1. Динамика показателей стресс-реактивности у здоровых студентов
Table 1. Changes in stress reactivity indicators in healthy students

Показатель / Parameter	Отдых 1 (исходно) / Rest 1 (baseline)	Стресс 1 «когнитивная задача» / Stress 1 Cognitive Task	Отдых 2 / Rest 2	Стресс 2 stroop-test / Stress 2 "Stroop test"	Отдых 3 / Rest 3	p
RR, мс / RR, ms	723,9 [646,5; 822,4]	671,5 [624,8; 747,2]	733,2 [661,1; 821,2]	659,1 [616,7; 728,5]	744,4 [681,2; 852,4]	< 0,001
ЧСС, уд/мин / HR, beats/min	83,9 [73,2; 93,2]	89,4 [80,5; 96,3]	82,3 [73,5; 91,4]	91,5 [82,5; 97,9]	81,0 [70,9; 88,8]	< 0,001
Время прохождения пульсовой волны, мс / Pulse transit time, ms	222,7 [151,9; 434,3]	188,0 [145,8; 228,5]	179,1 [145,3; 345,8]	193,7 [155,6; 252,4]	201,2 [163,9; 370,6]	0,562
LF / HF	1,3 [0,6; 3,1]	1,5 [0,9; 2,5]	1,5 [0,6; 2,5]	1,5 [0,8; 2,4]	1,1 [0,5; 2,3]	0,676
Индекс напряжения Баевского / Baevsky's Stress index	83,6 [42,1; 151,8]	57,2 [28,6; 98,3]	55,7 [38,2; 119,5]	68,6 [32,1; 113,3]	64,5 [34,8; 119,4]	0,141
ЧДД, дыханий/мин / Respiratory rate, breaths/min	17,1 [14,7; 19,0]	18,8 [15,0; 20,8]	16,4 [13,4; 20,2]	16,2 [14,2; 18,2]	15,5 [13,4; 18,5]	0,051
Частота моды ЧДД, Гц / BMF, Hz	0,3 [0,2; 0,3]	0,2 [0,2; 0,3]	0,2 [0,2; 0,3]	0,2 [0,1; 0,2]	0,2 [0,1; 0,3]	< 0,001
Дыхательная аритмия, мс / Respiratory sinus arrhythmia, ms	102,7 [63,1; 147,7]	114,2 [77,9; 177,4]	116,9 [75,3; 156,1]	116,0 [74,7; 168,1]	103,3 [73,1; 168,8]	0,832
ДДЦ, сек. / RCD, sec.	3,7 [3,4; 4,7]	3,9 [3,3; 4,9]	4,2 [3,3; 5,4]	4,4 [3,9; 5,3]	4,7 [3,7; 5,5]	0,029
Rio	0,7 [0,6; 0,9]	0,7 [0,6; 1,1]	0,7 [0,6; 1,0]	0,6 [0,4; 0,9]	0,7 [0,6; 1,1]	0,098
NNbc	5,0 [4,0; 6,4]	5,9 [4,8; 7,5]	5,4 [4,4; 7,6]	6,5 [5,5; 7,9]	5,4 [4,5; 7,2]	0,032
Амплитуда систолической волны при ФПГ / Systolic wave amplitude during PPG	128,8 [103,5; 197,5]	129,3 [101,9; 177,1]	137,9 [124,5; 244,8]	121,9 [88,7; 151,4]	121,3 [90,7; 219,9]	0,166
Интегральная ЭМГ, мкВ / iEMG, mcV	12,7 [9,8; 19,8]	14,8 [10,6; 20,2]	13,9 [8,5; 17,6]	13,3 [10,9; 18,6]	13,6 [9,5; 17,0]	0,709
Кожная проводимость, мкс / Skin conductance, μ s	6,2 [4,7; 11,4]	7,3 [5,1; 13,5]	8,2 [5,3; 13,7]	8,9 [5,7; 14,9]	9,1 [6,0; 14,2]	0,054
Температура / Temperature, °F	76,6 [73,4; 85,5]	76,0 [73,0; 86,6]	75,9 [72,7; 87,6]	76,1 [72,5; 87,8]	75,6 [72,4; 86,7]	0,941
Показатель адекватности процессов регуляции / Indicator of the adequacy of regulatory processes	50,1 [34,5; 67,6]	52,0 [33,6; 63,5]	45,5 [33,5; 65,6]	49,7 [38,4; 63,2]	43,1 [34,6; 64,0]	0,381

Примечание (здесь и далее в табл. 2–6): ДДЦ – длительность дыхательного цикла; ФПГ – фотоплетизмография; ЧДД – частота дыхательных движений; ЧСС – частота сердечных сокращений; ЭМГ – электромиография; LF/HF – соотношение медленных и высокочастотных волн сердечного ритма; NNbc – число R-R-интервалов на одном дыхательном цикле; Rio – отношение длительности вдоха к длительности выдоха; RR – длительность интервала R-R.

Note (here and further in tables 1-6): BMF – breathing mode frequency; HR – heart rate; iEMG – integrated electromyography; LF/HF – low-io-high frequency ratio; NNbc – number of R-R intervals in one respiratory cycle; PPG – photoplethysmography; RCD – respiratory cycle duration; Rio – ratio of inhalation time to exhalation time; RR – R-R interval duration.

когорты исследуемых в процессе тестирования статистически значимых изменений не определено.

При анализе гендерных особенностей исходных параметров психофизиологического состояния (табл. 2) достоверные различия получены только по данным интегральной ЭМГ с фронтальных мышц (у женщин уровень мышечного напряжения был более выражен на протяжении сессии, чем у мужчин; $p < 0,001$).

При проведении первого стресс-теста на арифметический счет (табл. 3) сохранялись достоверные различия в интегральной ЭМГ ($p < 0,001$), а также выявлены достоверные различия в реакции кожной проводимости на стресс (у мужчин реакция была статистически значимо выше, чем у женщин; $p = 0,033$). На фоне отдыха (табл. 4) и последующего stroop-test (табл. 5) эта тенденция сохранилась ($p < 0,05$).

Однако на фоне финального мониторингирования показателей при завершении тестирования также достигнуты достоверные различия по времени распространения пульсовой волны, которое было статистически значимо ниже среди представителей мужского пола ($p = 0,05$) (табл. 6).

Таблица 2. Анализ исходных показателей стресс-реактивности у здоровых студентов в зависимости от пола
Table 2. Analysis of baseline stress reactivity indicators in healthy students, depending on gender

Показатель / Parameter	Мужчины / Men, n = 14	Женщины / Women, n = 33	P
Отдых 1 (исходно) / Rest 1 (baseline)			
RR, мс / RR, ms	704,3 [650,9; 744,6]	759,9 [646,5; 822,4]	0,322
ЧСС, уд/мин / HR, beats/min	85,5 [81,6; 93,1]	79,7 [69,0; 93,7]	0,301
Время прохождения пульсовой волны, мс / Pulse transit time, ms	217,8 [145,8; 267,9]	223,2 [152,5; 457,0]	0,299
LF / HF	2,1 [1,3; 3,6]	1,2 [0,4; 3,0]	0,06
Индекс напряжения Баевского / Baevsky's Stress index	103,2 [57,9; 151,8]	77,0 [42,1; 136,3]	0,249
ЧДД, дыханий/мин / Respiratory rate, breaths/min	17,2 [14,5; 18,5]	17,1 [15,2; 19,5]	0,802
Частота моды ЧДД, Гц / VMF, Hz	0,2 [0,2; 0,3]	0,3 [0,2; 0,3]	0,295
Дыхательная аритмия, мс / Respiratory sinus arrhythmia, ms	89,7 [57,2; 120,5]	110,7 [71,5; 156,4]	0,434
ДДЦ, сек. / RCD, sec.	3,7 [3,4; 4,7]	3,8 [3,2; 4,9]	0,756
Rio	0,7 [0,6; 0,9]	0,7 [0,6; 0,9]	0,765
NNbc	5,0 [4,0; 6,4]	4,5 [3,7; 6,4]	0,322
Амплитуда систолической волны при ФПГ / Systolic wave amplitude during PPG	128,8 [103,5; 197,5]	124,7 [93,2; 201,0]	0,513
Интегральная ЭМГ, мкВ / iEMG, mcV	12,7 [9,8; 19,8]	15,2 [11,2; 20,2]	0,001
Кожная проводимость, мкс / Skin conductance, μ s	6,2 [4,7; 11,4]	5,7 [3,1; 8,5]	0,054
Температура / Temperature, °F	76,6 [73,4; 85,5]	76,5 [73,5; 84,0]	0,771
Показатель адекватности процессов регуляции / Indicator of the adequacy of regulatory processes	50,1 [34,5; 67,6]	48,2 [34,5; 65,0]	0,259

Обсуждение

В настоящем исследовании показано, что в ответ на ментальный стресс в виде теста с устным счетом или stroop-test среди изученных психофизиологических параметров отмечена реакция нескольких показателей, отражающих активацию симпатoadrenalовой системы (увеличение ЧСС, укорочение интервалов R-R, увеличение ДДЦ и уменьшение частоты моды дыхания). Также выявлены гендерные различия в изученных психофизиологических параметрах при стрессовых тестах: у женщин уровень мышечного напряжения был выше по данным ЭМГ с фронтальных мышц, а показатели кожной проводимости при стрессе были ниже, чем у мужчин.

До настоящего времени комплексных исследований нескольких физиологических параметров в ответ на стресс с помощью устройств для биологической обратной связи проведено недостаточно [19, 20], причем в представленном исследовании впервые оценены гендерные различия. Гендерные различия в стресс-ре-

Таблица 3. Анализ показателей стресс-реактивности на стресс в виде когнитивной задачи у здоровых студентов в зависимости от пола
Table 3. Analysis of stress-reactivity indicators for "Cognitive task" stress in healthy students, depending on gender

Показатель / Parameter	Мужчины / Men, n = 14	Женщины / Women, n = 33	P
Стресс 1 (когнитивная задача) / Stress 1 Cognitive Task			
RR, мс / RR, ms	660,8 [651,2; 699,6]	675,1 [609,7; 815,9]	0,735
ЧСС, уд/мин / HR, beats/min	91,0 [85,8; 92,3]	89,1 [73,7; 98,6]	0,789
Время прохождения пульсовой волны, мс / Pulse transit time, ms	179,4 [142,8; 211,5]	190,5 [152,6; 236,7]	0,269
LF / HF	2,0 [1,1; 2,6]	1,4 [0,9; 2,2]	0,422
Индекс напряжения Баевского / Baevsky's Stress index	60,8 [28,6; 98,3]	49,8 [29,5; 95,0]	0,667
ЧДД, дыханий/мин / Respiratory rate, breaths/min	18,4 [15,0; 21,7]	18,8 [15,2; 20,1]	0,650
Частота моды ЧДД, Гц / VMF, Hz	0,2 [0,2; 0,3]	0,2 [0,1; 0,3]	0,296
Дыхательная аритмия, мс / Respiratory sinus arrhythmia, ms	108,0 [66,3; 201,1]	114,4 [84,6; 166,6]	0,718
ДДЦ, сек. / RCD, sec.	3,9 [3,3; 4,9]	3,9 [3,3; 4,8]	0,789
Rio	0,7 [0,6; 1,1]	0,7 [0,6; 1,4]	0,152
NNbc	5,9 [4,8; 7,5]	5,9 [4,9; 7,0]	0,991
Амплитуда систолической волны при ФПГ / Systolic wave amplitude during PPG	129,3 [101,9; 177,1]	129,3 [100,5; 171,4]	0,449
Интегральная ЭМГ, мкВ / iEMG, mcV	14,8 [10,6; 20,2]	16,6 [13,1; 22,3]	< 0,001
Кожная проводимость, мкс / Skin conductance, μ s	7,3 [5,1; 13,5]	6,8 [3,6; 13,0]	0,033
Температура / Temperature, °F	76,0 [73,0; 86,6]	76,0 [73,1; 85,3]	0,735
Показатель адекватности процессов регуляции / Indicator of the adequacy of regulatory processes	52,0 [33,6; 63,5]	45,6 [33,6; 64,8]	0,935

активности ранее изучены только для отдельных психофизиологических показателей. У здоровых женщин наличие дистрессорного типа личности не было ассоциировано с реакцией вариабельности ритма сердца в ответ на ментальный стресс. В то же время у мужчин с дистрессорным типом выявлена повышенная симпатическая активация в ответ на ментальный стресс [13]. Поэтому в исследованиях последних лет продолжается изучение особенностей и механизмов стрессорных реакций отдельно у женщин. Так, Z.T. Martin и соавт. [8] исследованы периферическая и церебральная вазодилатация в ответ на ментальный стресс, а также ее ассоциация с интернализацией и копинг-стратегией преодоления психосоциального стресса у женщин различной расовой принадлежности. Показано, что эндотелий-зависимая вазодилатация была ниже у чернокожих женщин, что также сопровождалось интернализацией стресса и неадаптивными копинг-стратегиями по сравнению с европеоидными женщинами [8]. В настоящем исследовании мы не изучали сосудистые реакции на

стресс, это оценивалось в предыдущих исследованиях. В частности, было показано, что независимо от типа личности мышечная релаксация вызывала дилатацию плечевой артерии, которая еще больше усиливалась при тесте реактивной гиперемии, но нивелировалась в ходе теста с устным счетом [11].

Поскольку психосоциальный стресс ассоциирован с развитием и прогрессированием сердечно-сосудистых заболеваний, неудивительно, что стресс-реактивность активно изучается не только у здоровых лиц, но и у лиц с кардиоваскулярной патологией. В проведенных ранее исследованиях показано, что реакция вегетативной нервной системы на психоэмоциональный стресс имеет как клиническое [22], так и прогностическое значение. Так, A.S. Shah и соавт. [7] изучили взаимосвязь электрокардиографических показателей автономной дисфункции во время острой провокации психического стресса и смерти от сердечно-сосудистых заболеваний. Оценка состояния вегетативной нервной системы была проведена с помощью низкочастотной вариабельности сердечного ритма в

Таблица 4. Анализ показателей стресс-реактивности восстановления после первого стресса у здоровых студентов в зависимости от пола

Table 4. Analysis of indicators of stress reactivity of recovery after the first stress in healthy students, depending on gender

Показатель / Parameters	Мужчины / Men, n = 14	Женщины / Women, n = 33	P
Отдых 2 / Rest 2			
RR, мс / RR, ms	713,4 [682,6; 736,4]	756,8 [647,8; 857,9]	0,249
ЧСС, уд/мин / HR, beats/min	84,8 [82,0; 88,0]	79,6 [70,3; 93,2]	0,249
Время прохождения пульсовой волны, мс / Pulse transit time, ms	157,2 [144,0; 246,8]	192,3 [152,2; 403,8]	0,202
LF / HF	1,8 [1,8; 2,2]	0,9 [0,5; 2,6]	0,101
Индекс напряжения Баевского / Baevsky's Stress index	58,0 [38,5; 126,8]	55,7 [37,1; 117,8]	0,650
ЧДД, дыханий/мин / Respiratory rate, breaths/min	15,7 [14,7; 19,5]	17,2 [13,2; 20,7]	0,991
Частота моды ЧДД, Гц / BMF, Hz	0,2 [0,2; 0,3]	0,3 [0,2; 0,3]	0,411
Дыхательная аритмия, мс / Respiratory sinus arrhythmia, ms	88,5 [62,4; 133,9]	124,5 [84,9; 183,7]	0,09
ДДЦ, сек. / RCD, sec.	4,2 [3,3; 5,4]	4,5 [3,3; 6,1]	0,777
Rio	0,7 [0,6; 1,0]	0,7 [0,6; 1,1]	0,892
NNbc	5,4 [4,4; 7,6]	5,4 [4,1; 7,9]	0,624
Амплитуда систолической волны при ФПГ / Systolic wave amplitude during PPG	167,9 [124,5; 244,8]	179,0 [126,9; 244,8]	0,701
Интегральная ЭМГ, мкВ / iEMG, mcV	13,9 [8,5; 17,6]	14,8 [12,4; 17,8]	0,002
Кожная проводимость, мкс / Skin conductance, μ s	8,2 [5,3; 13,7]	7,0 [3,9; 12,5]	0,017
Температура / Temperature, °F	75,9 [72,7; 87,6]	75,7 [72,8; 84,2]	0,807
Показатель адекватности процессов регуляции / Indicator of the adequacy of regulatory processes	45,5 [33,5; 65,6]	45,2 [32,6; 59,2]	0,204

Таблица 5. Анализ показателей стресс-реактивности на стресс stroop-test у здоровых студентов в зависимости от пола

Table 5. Analysis of stress-reactivity indicators for "Stroop test" stress in healthy students, depending on gender

Показатель / Parameter	Мужчины / Men, n = 14	Женщины / Women, n = 33	P
Стресс 2 (Stroop-test) / Stress 2 "Stroop test"			
RR, мс / RR, ms	655,7 [620,0; 688,2]	675,0 [607,0; 750,8]	0,789
ЧСС, уд/мин / HR, beats/min	92,8 [87,5; 97,1]	89,8 [80,2; 101,3]	0,753
Время прохождения пульсовой волны, мс / Pulse transit time, ms	163,0 [136,3; 247,8]	204,9 [164,2; 252,4]	0,122
LF / HF	1,6 [0,8; 2,7]	1,4 [0,9; 2,1]	0,608
Индекс напряжения Баевского / Baevsky's Stress index	71,0 [45,2; 91,2]	51,7 [31,0; 113,3]	0,684
ЧДД, дыханий/мин / Respiratory rate, breaths/min	16,0 [14,9; 17,7]	16,2 [14,0; 18,2]	0,769
Частота моды ЧДД, Гц / BMF, Hz	0,2 [0,2; 0,2]	0,2 [0,1; 0,2]	0,407
Дыхательная аритмия, мс / Respiratory sinus arrhythmia, ms	104,4 [94,1; 135,7]	136,1 [73,6; 169,0]	0,678
ДДЦ, сек. / RCD, sec.	4,4 [3,9; 5,3]	4,4 [3,9; 5,3]	0,884
Rio	0,6 [0,4; 0,9]	0,6 [0,4; 0,9]	0,826
NNbc	6,5 [5,5; 7,9]	6,5 [5,5; 7,9]	0,864
Амплитуда систолической волны при ФПГ / Systolic wave amplitude during PPG	121,9 [88,7; 151,4]	120,1 [88,7; 155,6]	0,666
Интегральная ЭМГ, мкВ / iEMG, mcV	13,3 [10,9; 18,6]	14,7 [11,9; 19,4]	0,004
Кожная проводимость, мкс / Skin conductance, μ s	8,9 [5,7; 14,9]	7,7 [4,5; 13,6]	0,015
Температура / Temperature, °F	76,1 [72,5; 87,8]	75,9 [72,8; 83,0]	0,898
Показатель адекватности процессов регуляции / Indicator of the adequacy of regulatory processes	49,7 [38,4; 63,2]	49,6 [38,4; 63,2]	0,953

5-минутных интервалах до, во время и после индукции стресса. После медианного периода наблюдения в 5,6 года 5% пациентов умерли от сердечно-сосудистых причин. Снижение вариабельности сердечного ритма, вызванное стрессом, и низкая вариабельность в покое были связаны с более высоким риском смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Авторы указали на необходимость дополнительных исследований, позволяющих оценить, могут ли воздействия, направленные на автономную дисфункцию, улучшить исходы сердечно-сосудистых заболеваний [7]. Нельзя исключить, что в качестве таких воздействий будет целесообразно использовать БОС-тренинг, основанный на реакции вегетативной нервной системы.

В исследовании MIMS2 [14] индекс реактивной гиперемии и поток-опосредованная дилатация использовались для измерения микрососудистой и эндотелиальной функции соответственно до и после 30 минутного стрессового задания (публичного выступления) у больных, перенесших инфаркт миокарда.

Таблица 6. Анализ показателей стресс-реактивности восстановления после второго стресса у здоровых студентов в зависимости от пола

Table 6. Analysis of indicators of stress reactivity of rest after the second stress in healthy students, depending on gender

Показатель / Parameter	Мужчины / Men, n = 14	Женщины / Women, n = 33	p
Отдых 3 / Rest 3			
RR, мс / RR, ms	720,3 [689,2; 741,6]	764,7 [681,2; 872,8]	0,133
ЧСС, уд/мин / HR, beats/min	83,8 [81,1; 87,9]	78,6 [69,4; 88,8]	0,128
Время прохождения пульсовой волны, мс / Pulse transit time, ms	171,9 [129,3; 219,2]	240,3 [171,4; 484,8]	0,05
LF/HF	1,4 [0,6; 2,5]	1,0 [0,5; 1,9]	0,334
Индекс напряжения Баевского / Baevsky's Stress index	86,7 [54,8; 118,6]	60,5 [34,8; 119,4]	0,507
ЧДД, дыханий/мин / Respiratory rate, breaths/min	14,9 [11,8; 18,4]	15,5 [13,7; 19,7]	0,411
Частота моды ЧДД, Гц / VMF, Hz	0,2 [0,1; 0,3]	0,2 [0,1; 0,3]	0,961
Дыхательная аритмия, мс / Respiratory sinus arrhythmia, ms	93,3 [73,1; 115,2]	142,4 [72,3; 179,6]	0,189
ДДЦ, сек. / RCD, sec.	4,7 [3,7; 5,5]	4,5 [3,7; 5,4]	0,615
Rio	0,7 [0,6; 1,1]	0,7 [0,6; 1,3]	0,816
NNbc	5,4 [4,5; 7,2]	5,2 [4,4; 7,0]	0,345
Амплитуда систолической волны при ФПГ / Systolic wave amplitude during PPG	121,3 [90,7; 219,9]	121,6 [89,0; 202,5]	0,953
Интегральная ЭМГ, мкВ / iEMG, mcV	13,6 [9,5; 17,0]	15,7 [11,7; 20,8]	< 0,001
Кожная проводимость, мкс / Skin conductance, μ s	9,1 [6,0; 14,2]	8,2 [4,9; 11,8]	0,009
Температура / Temperature, °F	75,6 [72,4; 86,7]	75,1 [72,4; 81,9]	0,916
Показатель адекватности процессов регуляции / Indicator of the adequacy of regulatory processes	43,1 [34,6; 64,0]	37,9 [32,9; 67,0]	0,079

При проспективном наблюдении оказалось, что периферическая микрососудистая дисфункция в ответ на психоэмоциональный стресс была связана с неблагоприятными событиями среди женщин, но не мужчин. Напротив, эндотелиальная дисфункция была схожим образом связана с МАСЕ как среди мужчин, так и женщин. Эти результаты предполагают специфический для женщин механизм, связывающий психологический стресс с неблагоприятными исходами [14].

Менее часто для оценки состояния вегетативной нервной системы при стрессе используют оценку кожной проводимости. Например, предложено использовать данный тест для будущей диагностики и прогнозирования депрессии на основе объективной интерпретации депрессивных состояний [23]. После курса лечения в стационарной когорте с психосоматическими расстройствами отмечено снижение кожной проводимости, что предполагает уменьшение симпатического тонуса. В то же время на фоне стресса (игра в кибербол) определено увеличение кожной проводимости, что указывает на стимуляцию симпатической нервной системы в это время [24]. В недавнем исследовании предложен индивидуализированный подход к оценке психоэмоционального напряжения с использованием индекса проводимости кожи в реальном времени при непрерывном выполнении простого (выразительное чтение вслух простого текста) либо сложного (выразительное чтение вслух текста, перевернутого на 180°) задания. Предложенный метод позволил сравнивать уровни когнитивной нагрузки у участников с разным исходным уровнем кожной проводимости за счет перехода от абсолютных к относительным значениям в важные для исследователя временные интервалы [25].

Использование электромиографии в ходе стрессорных заданий также позволяет оценить различные аспекты неадаптивных реакций на стресс. Например, при изучении с помощью ЭМГ активности лицевых мышц можно выявлять различия в самооценке, связанные со стрессом (активность сморщивающих мышц – нахмуривание, скуловых мышц – улыбка) [26]. Также регистрацию мышечного напряжения с помощью поверхностной электромиографии в ответ на stroop-test использовали для оценки влияния дыхательных упражнений на стресс-реактивность [27]. Наконец, БОС-тренинг на основе ЭМГ показал эффективность в комплексе реабилитационных мероприятий за счет улучшения как физического, так и психологического состояния при сочетании соматической патологии с симптомами тревожности, депрессии и нарушения сна [28].

Между тем анализ сразу нескольких физиологических параметров при стрессе является перспективным методом оценки стресс-реактивности. Так, разработан новый индекс для измерения устойчивости человека к стрессу на основе изменений определенных параметров (электромиография, которая представляет собой мышечную реакцию, пульс, частота дыхания, периферическая температура и проводимость кожи) с помощью устройства биологической

обратной связи при 10-минутном психофизиологическом стресс-тесте. Для вычисления индекса авторы использовали неконтролируемые методы машинного обучения для расчета межкластерных расстояний. Вычисление такого индекса для отдельного человека может иметь широкую область применения и заключается в понимании и поддержке психического здоровья. Соответственно, пациенты могут отслеживать свою устойчивость к стрессу, что в конечном итоге способствует улучшению не только их повседневной жизни, но профилактике заболеваний [19]. Один из первых опытов применения многокомпонентной программы с включением БОС-тренинга показал, что она способствовала положительным изменениям в индексе устойчивости к стрессу [19] и в управлении психофизиологическими реакциями на академический стресс [20]. Эти публикации подтверждают перспективность использованного нами подхода с оценкой во время ментальных стрессовых тестов большого числа физиологических показателей, что будет способствовать разработке дальнейших программ как по оценке стресс-реактивности, так и повышению стрессоустойчивости различных категорий здоровых лиц и пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

При трактовке результатов исследования следует учитывать имеющиеся ограничения. Во-первых, обследованная когорта относительно небольшая, что требует подтверждения полученных результатов в дальнейших исследованиях. Во-вторых, среди обследованных участников мужского пола было заметно меньше, чем представителей женского, что могло бы поставить под сомнение результаты исследования. Однако даже на таком ограниченном материале нам удалось показать статистически значимые различия между группами, поэтому считаем возможным представить результаты, полученные в данном пилотном проекте. В-третьих, хотя известна зависимость стресс-реактивности у мужчин и женщин от личностных особенностей обследованных, в данном исследовании мы не оценивали психологический профиль пациентов. Это планируется при проведении последующих исследований нашей научной группы.

Информация об авторах

Загорская Наталья Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории коморбидности при сердечно-сосудистых заболеваниях отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0004-3218-3590

Щеглова Анна Викторовна, кандидат медицинских наук старший научный сотрудник лаборатории коморбидности при сердечно-сосудистых заболеваниях отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-4108-164X

Сумин Алексей Николаевич, доктор медицинских наук заведующий лабораторией коморбидности при сердечно-сосудистых заболеваниях отдела клинической кардиологии

Заключение

У здоровых лиц молодого возраста в ответ на ментальный стресс среди изученных психофизиологических параметров отмечены активация симпатoadреналовой системы, проявлявшаяся в виде увеличения ЧСС ($p < 0,001$), укорочения интервалов R-R ($p = 0,03$), увеличения ДДЦ ($p = 0,029$) и уменьшения частоты моды дыхания ($p < 0,001$). Гендерные различия в психофизиологических параметрах в ответ на стрессовые тесты проявлялись более высоким уровнем мышечного напряжения по данным ЭМГ у женщин ($p < 0,001$) и более высокими показателями кожной проводимости при стрессе у мужчин ($p = 0,033$). Данные настоящего исследования могут быть использованы при создании оптимальной батареи тестов для оценки физиологических параметров при стрессорных нагрузках, оценки динамики стрессоустойчивости в ходе многокомпонентных вмешательств, а также для разработки программ БОС-тренингов.

Конфликт интересов

Н.Н. Загорская заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.В. Щеглова заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.Н. Сумин является научным редактором журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний». И.Ю. Прокашко заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Результаты получены при поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования РФ в рамках соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий № 075-15-2022-1202 от 30 сентября 2022 г., комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации № 1144-р от 11 мая 2022 г.).

Author Information Form

Zagorskaya Natalia N., Researcher at the Laboratory of Comorbidity in Cardiovascular Diseases, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0009-0004-3218-3590

Shcheglova Anna V., PhD, Researcher at the Laboratory of Comorbidity in Cardiovascular Diseases, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-4108-164X

Sumin Aleksey N., PhD, Head of the Laboratory of Comorbidity in Cardiovascular Diseases, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution

федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-0963-4793

Прокашко Ингрид Юрьевна, кандидат медицинских наук доцент кафедры нормальной физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-6717-6818

“Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-0963-4793

Prokashko Ingrid Yu., MD, PhD, Associate Professor at the Department of Normal Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kemerovo State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-6717-6818

Вклад авторов в статью

ЗНН – получение, анализ и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЩАВ – получение и интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

САН – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ПНЮ – получение и анализ данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

ZNN – data collection, analysis and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

SchAV – data collection and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

SAN – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

PIYu – data collection and analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Curry S.J., Krist A.H., Owens D.K., Barry M.J., Caughey A.B., Davidson K.W., Doubeni C.A., Epling J.W.Jr., Kemper A.R., Kubik M., Landefeld C.S., Mangione C.M., Silverstein M., Simon M.A., Tseng C.W., Wong J.B. *JAMA*. 2018;320(3):272-280. doi: 10.1001/jama.2018.8359
- Белялов Ф.И., Сумин А.Н., Гарганеева Н.П., Ларева Н.В., Петрова М.М., Петрунько О.В., Попонина Т.М., Репин А.Н., Собенников В.С. Психические расстройства и сердечно-сосудистые болезни: клинические рекомендации Байкальской и Сибирской психосоматических ассоциаций. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2024;13(3S): 222-253. doi: 10.17802/2306-1278-2024-13-3S-222-253
- Kivimäki M., Steptoe A. Effects of stress on the development and progression of cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*. 2018;15(4):215-229. doi: 10.1038/nrcardio.2017.189
- Кинаш, В. И., Воробьев, И. А., Урванцева, Л.В., Коваленко Л. В., Кашталап В. В. Клиническая значимость психологических особенностей личности у пациентов с ишемической болезнью сердца: фокус на тип личности Д. Атеросклероз и дислипидемии. 2021;4(45):24–32. doi:10.34687/2219-8202.JAD.2021.04.0003
- Chida Y., Steptoe A. Greater cardiovascular responses to laboratory mental stress are associated with poor subsequent cardiovascular risk status: a meta-analysis of prospective evidence. *Hypertension*. 2010;55(4):1026-32. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.146621.
- Ginty A.T., Kraunak T.E., Fisher J.P., Gianaros P.J. Cardiovascular and autonomic reactivity to psychological stress: Neurophysiological substrates and links to cardiovascular disease. *Auton Neurosci*. 2017;207:2-9. doi: 10.1016/j.autneu.2017.03.003.
- Shah A.S., Vaccarino V., Moazzami K., Almuwaqqat Z., Garcia M., Ward L., Elon L., Ko Y.A., Sun Y.V., Pearce B.D., Raggi P., Bremner J.D., Lampert R., Quyyumi A.A., Shah A.J. Autonomic reactivity to mental stress is associated with cardiovascular mortality. *Eur Heart J Open*. 2024;4(6):oeae086. doi: 10.1093/ehjopen/oeae086.
- Martin Z.T., Al-Daas I.O., Cardenas N., Kolade J.O., Merlau E.R., Vu J.K., Brown K.K., Brothers R.M. Peripheral and Cerebral Vasodilation in Black and White Women: Examining the Impact of Psychosocial Stress Exposure Versus Internalization and Coping. *Hypertension*. 2023;80(10):2122-2134. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.123.21230
- Полякова ОА, Кроткова ИФ, Литвинова СН, Остроумова ОД. Стресс как основа полиморбидности и способы его коррекции на ранних этапах. *Медицинский Совет*. 2022;(21):96-105. doi: 21518/2079-701X-2022-16-21-96-105
- Сумин А., Сумина Л., Васильева Н. Стресс-реактивность гемодинамики у подростков и факторы, ее определяющие. *Артериальная гипертензия*. 2008;14(2):165-171. doi: 10.18705/1607-419X-2008-14-2-165-171
- Сумин А.Н., Сумина Л.Ю., Красилова Т.А., Барбараш Н.А. Стресс-реактивность эндотелиальной функции у больных артериальной гипертензией с типом личности Д. *Артериальная гипертензия*. 2011;17(5):467-473. doi: 10.18705/1607-419X-2011-17-5-467-473
- Lee L.O., Chen R., Mendes W.B., Kubzansky L.D. Lifespan psychosocial stressors, optimism, and hemodynamic acute stress response in a national sample. *Health Psychol*. 2023;42(3):172-181. doi: 10.1037/hea0001276.
- Сумин А.Н., Прокашко И.Ю., Щеглова А.В. Тип личности D, стресс-реактивность и вегетативный баланс у здоровых лиц молодого возраста: гендерные и этнические особенности. *Артериальная гипертензия*. 2020;26(6):665-675. doi: 10.18705/1607-419X-2020-26-6-665-675
- Sullivan S., Young A., Garcia M., Almuwaqqat Z., Moazzami K., Hammadah M., Lima B.B., Hu Y., Jajeh M.N., Alkhoder A., Elon L., Lewis T.T., Shah A.J., Mehta P.K., Bremner J.D., Quyyumi A.A., Vaccarino V. Sex Differences in Vascular Response to Mental Stress and Adverse Cardiovascular Events Among Patients With Ischemic Heart Disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2023;43(4):e112-e120. doi: 10.1161/ATVBAHA.122.318576
- Ebong I.A., Quesada O., Fonkoue I.T., Mattina D., Sullivan S., Oliveira G.M.M., Spikes T., Sharma J., Commodore Y., Ogunniyi M.O., Aggarwal N.R., Vaccarino V.; American College of Cardiology Cardiovascular Disease in Women Committee. The Role of Psychosocial Stress on Cardiovascular Disease in Women: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2024;84(3):298-314. doi: 10.1016/j.jacc.2024.05.016.
- Riordan A.O., Howard S., Gallagher S. Social Context and Sex Moderate the Association Between Type D Personality and Cardiovascular Reactivity. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2019;44(4):321-330. doi: 10.1007/s10484-019-09447-x.
- Howard S., Hughes B.M. Type D personality is associated with a sensitized cardiovascular response to recurrent stress in men. *Biol Psychol*. 2013;94(2):450-5. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.09.001.
- Сумин, А. Н., Сумина, Л. Ю., Галимзянов, Д. М., Васильева Н.Д. Реакция гемодинамики и эндотелий-зависимая вазодилатация в ответ на стресс, мышечную релаксацию и их сочетание у здоровых подростков. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2006 5 (7), 69-74.
- Diaz-Ramos R.E., Gomez-Cravioto D.A., Trejo L.A., López C.F., Medina-Pérez M.A. Towards a Resilience to Stress Index Based on Physiological Response: A Machine Learning Approach. *Sensors (Basel)*. 2021;21(24):8293. doi: 10.3390/s21248293.
- Figueroa C., Ayala A., Trejo L.A., Ramos B., Briz C.L., Noriega I., Chávez A. Measuring the Effectiveness of a Multicomponent Program to Manage Academic Stress through a Resilience to Stress Index. *Sensors (Basel)*. 2023;23(5):2650. doi: 10.3390/s23052650.
- Stroop J. R. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology: General*. 1992;121(1):15–23. doi: 10.1037/0096-3445.121.1.15
- Bigalke J.A., Greenlund I.M., Nicevski J.R., Tikkanen A.L., Carter J.R. Sympathetic neural reactivity to the Trier social stress test. *J Physiol*. 2022;600(16):3705-3724. doi: 10.1113/JP283358.

23. Kim A.Y., Jang E.H., Choi K.W., Jeon H.J., Byun S., Sim J.Y., Choi J.H., Yu H.Y. Skin conductance responses in Major Depressive Disorder (MDD) under mental arithmetic stress. *PLoS One*. 2019;14(4):e0213140. doi: 10.1371/journal.pone.0213140.

24. Thurner C., Horing B., Zipfel S., Stengel A., Mazurak N. Autonomic changes as reaction to experimental social stress in an inpatient psychosomatic cohort. *Front Psychiatry*. 2022;13:817778. doi: 10.3389/fpsy.2022.817778

25. Kriklenko E.A., Kovaleva A.V., Likhomanova E.N. An Individualized Approach to Skin Conductance Assessment during Execution of Tasks of Different Complexities. *Bull Exp Biol Med*. 2024;176(3):310-314. doi: 10.1007/s10517-024-06014-1

26. Kroll S.L., Mayo L.M., Asratian A., Yngve A., Perini I., Heilig

M. Negative self-evaluation induced by acute stress indexed using facial EMG. *Psychoneuroendocrinology*. 2021;133:105402. doi: 10.1016/j.psyneuen.2021.105402.

27. Liang W.M., Xiao J., Ren F.F., Chen Z.S., Li C.R., Bai Z.M., Rukšenas O. Acute effect of breathing exercises on muscle tension and executive function under psychological stress. *Front Psychol*. 2023;14:1155134. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1155134.

28. Sadora J., Vilsmark E., Bashara A., Burton D., Paschali M., Pester B., Curiel M., Edwards R., Lazaridou A. Electromyography-biofeedback for chronic low back pain: A qualitative cohort study. *Complement Ther Med*. 2023;73:102922. doi: 10.1016/j.ctim.2023.102922

REFERENCES

1. Curry S.J., Krist A.H., Owens D.K., Barry M.J., Caughey A.B., Davidson K.W., Doubeni C.A., Epling J.W.Jr., Kemper A.R., Kubik M., Landefeld C.S., Mangione C.M., Silverstein M., Simon M.A., Tseng C.W., Wong J.B. *JAMA*. 2018;320(3):272-280. doi: 10.1001/jama.2018.8359

2. Belialov F.I., Sumin A.N., Garganceva N.P., Lareva N.V., Petrova M.M., Petrunko O.V., Poponina T.M., Repin A.N., Sobennikov V.S. Mental disorders and cardiovascular diseases: guidelines of the baikal psychosomatic association and the siberian psychosomatic association. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2024;13(3S):222-253. doi: 10.17802/2306-1278-2024-13-3S-222-253 (In Russian)

3. Kivimäki M., Steptoe A. Effects of stress on the development and progression of cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*. 2018;15(4):215-229. doi: 10.1038/nrcardio.2017.189

4. Kinash, V. I., Vorob'ev, I. A., Urvanceva, L.V., Kovalenko L. V., Kashtalov V. V. Clinical significance of psychological features of the personality in patients with ischemic heart disease: Focus on personality type D// *The Journal of Atherosclerosis and Dyslipidemias*. 2021;4(45):24-32. doi:10.34687/2219-8202.JAD.2021.04.0003 (In Russian)

5. Chida Y., Steptoe A. Greater cardiovascular responses to laboratory mental stress are associated with poor subsequent cardiovascular risk status: a meta-analysis of prospective evidence. *Hypertension*. 2010;55(4):1026-32. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.146621.

6. Ginty A.T., Kravynak T.E., Fisher J.P., Gianaros P.J. Cardiovascular and autonomic reactivity to psychological stress: Neurophysiological substrates and links to cardiovascular disease. *Auton Neurosci*. 2017;207:2-9. doi: 10.1016/j.autneu.2017.03.003.

7. Shah A.S., Vaccarino V., Moazzami K., Almuwaqqat Z., Garcia M., Ward L., Elon L., Ko Y.A., Sun Y.V., Pearce B.D., Raggi P., Bremner J.D., Lampert R., Quyyumi A.A., Shah A.J. Autonomic reactivity to mental stress is associated with cardiovascular mortality. *Eur Heart J Open*. 2024;4(6):oeae086. doi: 10.1093/ehjopen/oeae086.

8. Martin Z.T., Al-Daas I.O., Cardenas N., Kolade J.O., Merlau E.R., Vu J.K., Brown K.K., Brothers R.M. Peripheral and Cerebral Vasodilation in Black and White Women: Examining the Impact of Psychosocial Stress Exposure Versus Internalization and Coping. *Hypertension*. 2023;80(10):2122-2134. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.123.21230

9. Polyakova O.A., Krotkova I.F., Litvinova S.N., Ostroumova O.D. Stress as the basis of polymorbidity and ways to correct it in the early stages. *Meditinskiy sovet = Medical Council*. 2022;(21):96-105. doi: 21518/2079-701X-2022-16-21-96-105 (In Russian)

10. Sumin A., Sumina L., Vasilyeva N. Factors determining stress-reactivity of hemodynamics in the adolescents. *Arterial Hypertension*. 2008;14(2):165-171. doi: 10.18705/1607-419X-2008-14-2-165-171 (In Russian)

11. Sumin A.N., Sumina L.Y., Krasilova T.A., Barbarash N.A. Endothelial stress response in hypertensive patients with type D personality. "Arterial'naya Gipertenziya" ("Arterial Hypertension"). 2011;17(5):467-473. doi: 10.18705/1607-419X-2011-17-5-467-473 (In Russian)

12. Lee L.O., Chen R., Mendes W.B., Kubzansky L.D. Lifespan psychosocial stressors, optimism, and hemodynamic acute stress response in a national sample. *Health Psychol*. 2023;42(3):172-181. doi: 10.1037/hea0001276.

13. Sumin A.N., Prokashko I.Yu., Shcheglova A.V. Personality type D, stress reactivity and autonomic balance in healthy young people: gender and ethnic characteristics. "Arterial'naya Gipertenziya" ("Arterial Hypertension"). 2020;26(6):665-675. doi: 10.18705/1607-419X-2020-26-6-665-675 (In Russian)

14. Sullivan S., Young A., Garcia M., Almuwaqqat Z., Moazzami K., Hammadah M., Lima B.B., Hu Y., Jajeh M.N., Alkhoder A., Elon L., Lewis T.T., Shah A.J., Mehta P.K., Bremner J.D., Quyyumi A.A., Vaccarino V. Sex

Differences in Vascular Response to Mental Stress and Adverse Cardiovascular Events Among Patients With Ischemic Heart Disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2023;43(4):e112-e120. doi: 10.1161/ATVBAHA.122.318576

15. Ebong I.A., Quesada O., Fonkoue I.T., Mattina D., Sullivan S., Oliveira G.M.M., Spikes T., Sharma J., Commodore Y., Ogunniyi M.O., Aggarwal N.R., Vaccarino V.; American College of Cardiology Cardiovascular Disease in Women Committee. The Role of Psychosocial Stress on Cardiovascular Disease in Women: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2024;84(3):298-314. doi: 10.1016/j.jacc.2024.05.016.

16. Riordan A.O., Howard S., Gallagher S. Social Context and Sex Moderate the Association Between Type D Personality and Cardiovascular Reactivity. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2019;44(4):321-330. doi: 10.1007/s10484-019-09447-x.

17. Howard S., Hughes B.M. Type D personality is associated with a sensitized cardiovascular response to recurrent stress in men. *Biol Psychol*. 2013;94(2):450-5. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.09.001.

18. Sumin, A. N., Sumina, L. Yu., Galimzyanov, D. M., Vasilyeva N.D. Hemodynamics reaction and endothelium-dependent vasodilatation in stress, myorelaxation, and their combination in healthy adolescents. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2006 5 (7), 69-74. (In Russian)

19. Diaz-Ramos R.E., Gomez-Cravioto D.A., Trejo L.A., López C.F., Medina-Pérez M.A. Towards a Resilience to Stress Index Based on Physiological Response: A Machine Learning Approach. *Sensors (Basel)*. 2021;21(24):8293. doi: 10.3390/s21248293.

20. Figueroa C., Ayala A., Trejo L.A., Ramos B., Briz C.L., Noriega I., Chávez A. Measuring the Effectiveness of a Multicomponent Program to Manage Academic Stress through a Resilience to Stress Index. *Sensors (Basel)*. 2023;23(5):2650. doi: 10.3390/s23052650.

21. Stroop J. R. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology: General*. 1992;121(1):15-23. doi: 10.1037/0096-3445.121.1.15

22. Bigalke J.A., Greenlund I.M., Nicevski J.R., Tikkanen A.L., Carter J.R. Sympathetic neural reactivity to the Trier social stress test. *J Physiol*. 2022;600(16):3705-3724. doi: 10.1113/JP283358.

23. Kim A.Y., Jang E.H., Choi K.W., Jeon H.J., Byun S., Sim J.Y., Choi J.H., Yu H.Y. Skin conductance responses in Major Depressive Disorder (MDD) under mental arithmetic stress. *PLoS One*. 2019;14(4):e0213140. doi: 10.1371/journal.pone.0213140.

24. Thurner C., Horing B., Zipfel S., Stengel A., Mazurak N. Autonomic changes as reaction to experimental social stress in an inpatient psychosomatic cohort. *Front Psychiatry*. 2022;13:817778. doi: 10.3389/fpsy.2022.817778

25. Kriklenko E.A., Kovaleva A.V., Likhomanova E.N. An Individualized Approach to Skin Conductance Assessment during Execution of Tasks of Different Complexities. *Bull Exp Biol Med*. 2024;176(3):310-314. doi: 10.1007/s10517-024-06014-1

26. Kroll S.L., Mayo L.M., Asratian A., Yngve A., Perini I., Heilig M. Negative self-evaluation induced by acute stress indexed using facial EMG. *Psychoneuroendocrinology*. 2021;133:105402. doi: 10.1016/j.psyneuen.2021.105402.

27. Liang W.M., Xiao J., Ren F.F., Chen Z.S., Li C.R., Bai Z.M., Rukšenas O. Acute effect of breathing exercises on muscle tension and executive function under psychological stress. *Front Psychol*. 2023;14:1155134. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1155134.

28. Sadora J., Vilsmark E., Bashara A., Burton D., Paschali M., Pester B., Curiel M., Edwards R., Lazaridou A. Electromyography-biofeedback for chronic low back pain: A qualitative cohort study. *Complement Ther Med*. 2023;73:102922. doi: 10.1016/j.ctim.2023.102922

Для цитирования: Загорская Н.Н., Щеглова А.В., Сумин А.Н., Прокашко И.Ю. Психофизиологическая стресс-реактивность организма в ответ на тест с когнитивной нагрузкой у молодых здоровых лиц: гендерные различия. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2024;13(4S): 116-125. DOI: 10.17802/2306-1278-2024-13-4S-116-125

To cite: Zagorskaya N.N., Shcheglova A.V., Sumin A.N., Prokashko I.Y. Psychophysiological stress reactivity of the body in response to a cognitive load test in young healthy individuals: gender differences. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2024;13(4S): 116-125. DOI: 10.17802/2306-1278-2024-13-4S-116-125