

Оценка interoцепции сердца с применением поведенческих тестов у пациентов с артериальной гипертензией

Сукманова А. А.^{1,2}, Миненко И. А.¹, Лимонова А. С.¹, Гусейнова К. А.¹, Башанкаева З. Б.³, Ершова А. И.¹, Драпкина О. М.¹

¹ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины" Минздрава России. Москва; ²Центр нейроэкономики и когнитивных исследований, Институт Когнитивных Нейронаук, Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики". Москва; ³ФГБОУ ВО "Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова". Москва, Россия

Интероцепция определяется как восприятие висцеральных сигналов организма. В последние годы клинические исследования в данной области были сосредоточены на пациентах с неврологическими и психиатрическими расстройствами, тогда как interoцепция у пациентов с кардиологическими патологиями остается недостаточно изученной.

Цель. Цель исследования — изучение interoцепции сердца у пациентов с артериальной гипертензией (АГ).

Материал и методы. В исследование было включено 38 пациентов с АГ (22-50 лет) и 38 здоровых добровольцев (26-50 лет), сопоставимых по полу и возрасту. Интероцепция была изучена с помощью поведенческих тестов: тест с подсчетом числа сердечных сокращений и тест с нажатием. Участники заполняли опросники, направленные на оценку уровня депрессии, тревоги, алекситимии и восприятия тела.

Результаты. Значимых различий в interoцептивной точности между пациентами с АГ и контрольной группой обнаружено не было. Среди пациентов не было выявлено значимых корреляций между interoцепцией и психологическими, а также физиологическими характеристиками (индекс массы тела, артериальное давление).

Заключение. Полученные данные позволяют предположить, что у пациентов с АГ среднего возраста повышение interoцепции, связанное с высоким уровнем артериального давления, компенсируется формированием interoцептивного дефицита. Наблюдаемые эффекты связаны с этиологией кардиологического расстройства и не объясняются влиянием дополнительных психологических и физиологических факторов.

Ключевые слова: interoцепция сердца, артериальная гипертензия, тест с нажатием, тест с подсчетом числа сердечных сокращений, депрессия, тревога, алекситимия, восприятие тела.

Отношения и деятельность. Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 22-15-00507.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Никулину Вадиму Валерьевичу, PhD, ведущему научному сотруднику Department of Neurology, Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, и Назаровой Марии Александровне, кандидату медицинских наук, сотруднику Центра нейроэкономики и когнитивных исследований Института когнитивных нейронаук НИУ ВШЭ, за консультацию во время проведения исследования и подготовки рукописи.

Поступила 17/09-2024

Рецензия получена 02/10-2024

Принята к публикации 25/10-2024



Для цитирования: Сукманова А. А., Миненко И. А., Лимонова А. С., Гусейнова К. А., Башанкаева З. Б., Ершова А. И., Драпкина О. М. Оценка interoцепции сердца с применением поведенческих тестов у пациентов с артериальной гипертензией. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2024;23(10):4199. doi: 10.15829/1728-8800-2024-4199. EDN UABCZR

Assessment of cardiac interoception using behavioral tests in patients with hypertension

Sukmanova A. A.^{1,2}, Minenko I. A.¹, Limonova A. S.¹, Guseynova K. A.¹, Bashankayeva Z. B.³, Ershova A. I.¹, Drapkina O. M.¹

¹National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine. Moscow; ²Center for Neuroeconomics and Cognitive Research, Institute of Cognitive Neuroscience, National Research University "Higher School of Economics". Moscow; ³Lomonosov Moscow State University. Moscow, Russia

Interoception is defined as the perception of body visceral signals. In recent years, clinical studies in this area have focused on patients with

neurological and psychiatric disorders, while interoception in patients with cardiac pathologies remains poorly understood.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: asukmanova@hse.ru

[Сукманова А. А. — аспирант, лаборант-исследователь лаборатории нейромодуляции и нейровисцеральных исследований, ORCID: 0000-0001-5218-7012, Миненко И. А. — лаборант-исследователь лаборатории нейромодуляции и нейровисцеральных исследований, ORCID: 0000-0003-3131-9770, Лимонова А. С. — н.с. лаборатории клиномики, ORCID: 0000-0003-1500-3696, Гусейнова К. А. — лаборант-исследователь лаборатории нейромодуляции и нейровисцеральных исследований, ORCID: 0000-0003-3872-3362, Башанкаева З. Б. — студент Факультета фундаментальной медицины, ORCID: 0009-0001-4997-6982, Ершова А. И. — д.м.н., лаборатория клиномики, руководитель, зам. директора по фундаментальной науке, ORCID: 0000-0001-7989-0760, Драпкина О. М. — д.м.н., профессор, академик РАН, директор, ORCID: 0000-0002-4453-8430].

Aim. The aim was to investigate cardiac interoception in patients with hypertension (HTN).

Material and methods. The study included 38 patients with HTN aged 22-50 years and 38 healthy volunteers aged 26-50 years, matched for sex and age. Interoception was studied using the behavioral tests (mental tracking test and heartbeat detection test). Participants filled out questionnaires aimed at assessing the level of depression, anxiety, alexithymia and body perception.

Results. No significant differences in interoceptive accuracy were found between patients with HTN and the control group. Among the patients, no significant correlations were found between interoception and mental or physiological characteristics (body mass index, blood pressure).

Conclusion. The data obtained suggest that in middle-aged patients with HTN, an increase in interoception associated with high blood pressure is compensated by the formation of an interoceptive deficit. The observed effects are related to the etiology of the cardiac disorder and are not explained by the influence of additional psychological and physiological factors.

Keywords: cardiac interoception, hypertension, mental tracking test, heartbeat detection test, depression, anxiety, alexithymia, body perception.

Relationships and Activities. The work was supported by the grant of the Russian Science Foundation № 22-15-00507.

Acknowledgments. The authors are grateful to Vadim V. Nikulin, PhD, leading researcher at the Department of Neurology, Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, and Maria A. Nazarova, PhD, researcher at the Center for Neuroeconomics and Cognitive Research, Institute of Cognitive Neuroscience, National Research University Higher School of Economics, for consultations during the study and preparation of the paper.

Sukmanova A. A.* ORCID: 0000-0001-5218-7012, Minenko I. A. ORCID: 0000-0003-3131-9770, Limonova A. S. ORCID: 0000-0003-1500-3696, Guseynova K. A. ORCID: 0000-0003-3872-3362, Bashankaeva Z. B. ORCID: 0009-0001-4997-6982, Ershova A. I. ORCID: 0000-0001-7989-0760, Drapkina O. M. ORCID: 0000-0002-4453-8430.

*Corresponding author: asukmanova@hse.ru

Received: 17/09-2024

Revision Received: 02/10-2024

Accepted: 25/10-2024

For citation: Sukmanova A. A., Minenko I. A., Limonova A. S., Guseynova K. A., Bashankaeva Z. B., Ershova A. I., Drapkina O. M. Assessment of cardiac interoception using behavioral tests in patients with hypertension. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(10): 4199. doi: 10.15829/1728-8800-2024-4199. EDN UABCZR

АГ — артериальная гипертония, АД — артериальное давление, ДАД — диастолическое АД, ИМТ — индекс массы тела, КГ — контрольная группа, Ме — медиана, САД — систолическое АД, СС — сердечные сокращения, ТОС — точность ощущения сердцебиений, ЧСС — частота сердечных сокращений, ЭКГ — электрокардиограмма, ЭМГ — электромиография, HADS — Hospital anxiety and depression scale (роscпиртальная шкала тревоги и депрессии), TAS-20-R — Toronto Alexithymia Scale (Торонтская шкала алекситимии; опросник переведен на русский и валидирован в институте им. Бехтерева).

Ключевые моменты

Что известно о предмете исследования?

- Интероцепция описывается как способность центральной нервной системы воспринимать информацию о состоянии организма. В данный момент интероцепция недостаточно исследована в группе пациентов с кардиологическими патологиями.

Что добавляют результаты исследования?

- Настоящая работа является первым исследованием интероцепции сердца у пациентов с артериальной гипертонией в возрасте от 22 до 50 лет.
- Проведено комплексное исследование интероцепции сердца с использованием нескольких поведенческих тестов (тест с нажатием и тест с подсчетом числа сердечных сокращений) и психологических опросников, направленных на оценку уровня депрессии, тревоги, алекситимии, восприятия тела.

Key messages

What is already known about the subject?

- Interoception is described as the central nervous system ability to perceive information about the body state. At the moment, interoception has not been sufficiently studied in a group of patients with cardiac pathologies.

What might this study add?

- This work is the first study of cardiac interoception in patients with hypertension aged 22 to 50 years.
- A comprehensive study of cardiac interoception was conducted using several behavioral tests (mental tracking test and heartbeat detection test) and mental questionnaires aimed at assessing the level of depression, anxiety, alexithymia, and body perception.

Введение

Интероцепция описывается как способность к восприятию сигналов внутренних органов, таких как голод, жажда, сердцебиение, дыхание и т.п. [1]. Она имеет важное значение для поддержания внутреннего гомеостаза организма и помогает адаптироваться к внешним стимулам посредством факти-

ческих или ожидаемых физиологических реакций на них. Исследование интероцепции сердечного ритма, также известной как "кардиорецепция", вызывает все больший интерес, благодаря простоте и доступности процедуры исследования, а также связи интероцепции с широким спектром неврологических и психических расстройств, таких как

шизофрения, тревожность, депрессия, расстройство аутического спектра, инсульт [1]. Кроме того, в ряде работ описаны нарушения interoцептивной чувствительности, которые были обнаружены у пациентов с кардиологическими патологиями и вегетативными нарушениями [2].

Артериальная гипертензия (АГ) является одним из ведущих факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, выступающих в качестве основной причины смертей во всем мире [3]. В исследовательской литературе большое внимание уделяется этиологии АГ, в настоящий момент представлены убедительные доказательства влияния психологических факторов на развитие болезни [4]. Интероцепция также рассматривается в качестве объяснительной модели психосоматического процесса, лежащего в основе АГ, однако представленные результаты исследований носят противоречивый характер. С одной стороны, существуют доказательства связи между АГ и снижением interoцепции [5, 6]. Предполагается, что физиологический механизм кардиоцепции основан на активации артериальных барорецепторов [7], чувствительность которых снижается при АГ [8]. Другие исследователи, напротив, утверждают, что повышенное артериальное давление (АД) может усиливать восприятие сердечной деятельности [9], что подтверждается работами по изучению пациентов с недавно диагностированной АГ [10]. На данный момент исследования в данной области малочисленны, хотя очевидно, что дальнейшее изучение interoцептивной чувствительности у пациентов с АГ позволит разработать более эффективные программы профилактики и терапевтического вмешательства, которые могут включать в себя тренинг по модуляции кардиоцепции.

Результаты ряда исследований указывают на связь между кардиорецепцией и различными психологическими состояниями и личностными особенностями, такими как тревога, депрессия, алекситимия [1] и восприятие тела [11]. Однако большинство исследований проводилось в здоровых популяциях, а связь между психологическими факторами и interoцепцией у лиц с АГ изучена недостаточно. Поскольку существуют убедительные доказательства влияния тревоги и депрессии на развитие АГ [4], исследование interoцепции в данной группе пациентов должно включать комплексные методы оценки психологического статуса участников. Такой подход позволит получить более четкое представление о природе interoцептивного дефицита при АГ.

В настоящем исследовании для оценки interoцепции использовались два поведенческих теста, позволяющих измерять точность ощущения сердцебиения: тест с подсчетом числа сердечных сокращений (СС) (Mental Tracking Test) [12] и теста с на-

жатием (Heartbeat Detection) [13]. Тест с подсчетом числа СС — широко распространенный метод, однако его часто подвергают критике, поскольку на его результаты может влиять осведомленность испытуемого о собственной частоте СС (ЧСС) [14]. Тест с нажатием является модификацией теста с подсчетом СС, в котором счет в уме заменяется нажатием на клавишу в момент ощущения сердцебиения. Модифицированный тест не требует дополнительного объема рабочей памяти. Чтобы контролировать психологические факторы, способные модулировать interoцептивную чувствительность, в исследование были включены психологические опросники.

Таким образом, цель исследования — изучение interoцептивной чувствительности в группе пациентов с АГ с помощью поведенческих тестов, оценивающих точность ощущения сердцебиений, и батареи опросников, описывающих психологический статус участников.

Материал и методы

Выборка исследования. В исследование было включено 76 человек (50 мужчин, медиана [интерквартильный размах] (Me) [Q25; Q75]) = 39 [33; 45] лет). Участники были разделены на две группы, сопоставимые по полу и возрасту: лица с диагнозом АГ (38 человек, 29 мужчин, Me [Q25; Q75] = 39 [33; 44,75] лет) и контрольная группа (КГ) лиц без соматических заболеваний (38 человек, 21 мужчина, Me [Q25; Q75] = 39,5 [34; 45] лет).

В группе больных АГ диагноз устанавливали на основании действующих клинических рекомендаций [15]. В КГ были включены лица, не имеющие АГ и клинически значимой сердечно-сосудистой, эндокринной, неврологической, психической и любой острой патологии. Наличие бессимптомной АГ, нарушений ритма и проводимости сердца исключали на основании суточного мониторинга АД и электрокардиограммы (ЭКГ).

Критерии невключения в исследование: наличие клинически значимых нарушений ритма и проводимости сердца; органическая патология сердца (перенесенный инфаркт миокарда, кардиомиопатии различной этиологии, рубцовые изменения неустановленной этиологии, врожденные пороки сердца, гипертрофия миокарда ≥ 15 мм и пр.); значимый атеросклероз центральных или периферических артерий (стеноз артерий $\geq 50\%$); ранее диагностированный синдром обструктивного апноэ сна; острое заболевание любой этиологии; психические заболевания; патология центральной нервной системы; прием лекарственных препаратов, проходящих через гематоэнцефалический барьер; нарушение функции щитовидной железы (или отсутствие её медикаментозной гормональной компенсации); системные и аутоиммунные заболевания; клинически значимое эндокринное заболевание, в т.ч. сахарный диабет любой этиологии; индекс массы тела (ИМТ) ≥ 35 кг/м²; клинически значимая патология печени, почек, легких. На момент исследования 78,9% пациентов в группе АГ регулярно принимали гипотензивные препараты: ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (7 пациентов), антагонисты рецепторов ангиотензина II (19 пациентов), блокаторы

кальциевых каналов (11 пациентов), β -адреноблокаторы (11 пациентов), диуретики (6 пациентов).

Отсутствие клинически выраженных симптомов депрессии в обеих группах контролировалось с помощью опросника HADS (Hospital anxiety and depression scale; госпитальная шкала тревоги и депрессии) [16]. Участники, набравшие >11 баллов в подшкале "Оценка уровня депрессии", были исключены из исследования. Процент курящих людей в выборке составил 14,5% (КГ — 13,2%; АГ — 16,7%).

Исследование было одобрено этическим комитетом ФГБУ "НМИЦ терапии и профилактической медицины" Минздрава России. Все экспериментальные процедуры проводились в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации. Участники дали письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Процедура исследования. Перед началом исследования участники заполняли психологические опросники, направленные на оценку ситуативной и личностной тревожности, алекситимии и восприятия тела. Инструкции для выполнения экспериментального задания (тесты для оценки кардиоцепции) демонстрировали на компьютере, ответы участников регистрировали с помощью клавиатуры и мыши.

Экспериментальное задание. Блок заданий для оценки кардиоцепции включал в себя: тест с подсчетом СС и тест с нажатием на клавишу. Участникам была дана инструкция: сконцентрироваться на ощущении сердцебиения и не пальпировать свой пульс на запястье или на шее, искусственно усиливая интероцептивную чувствительность. Перед каждым тестом проводилась тренировочная сессия, которая помогала участникам изучить условия задания и сформировать концентрацию, направленную на восприятие СС. В обоих тестах участники сообщали только о воспринимаемых СС и, в случае отсутствия ощущений сердцебиения, могли дать нулевой ответ.

В тесте с подсчетом СС от участников требовалось считать удары своего сердца в течение рандомизированных временных интервалов (25, 30, 35, 40, 45 и 50 сек). Перед тестом была проведена тренировка продолжительностью 25 сек. Точность ощущения сердцебиений (ТОС) оценивалась по модифицированной формуле индекса Шандри (Schandry index) [12], предложенной Garfinkel SN, et al. [17]. Модифицированный индекс позволяет корректировать ТОС в случае, если количество подсчитанных участником сердцебиений значительно превышает реальные СС:

$$\text{ТОС} = \frac{1}{6} \sum \left(1 - \frac{|\text{СС}_{\text{реал.}} - \text{СС}_{\text{ощущ.}}|}{0,5 \times (\text{СС}_{\text{реал.}} + \text{СС}_{\text{ощущ.}})} \right),$$

где $\text{СС}_{\text{реал.}}$ — число фактических СС, измеренных с помощью ЭКГ, и $\text{СС}_{\text{ощущ.}}$ — количество СС, которое ощутили участники.

В тесте с нажатием участникам было необходимо отслеживать свое сердцебиение в течение 2,5 мин и нажимать на кнопку клавиатуры указательным пальцем ведущей руки после каждого ощущаемого сердечного сокращения. Движения указательного пальца во время теста регистрировались с помощью электромиографии (ЭМГ) для определения точного момента начала нажатия. Тесту предшествовала 10-сек тренировка. После завершения теста участники выполняли контрольное задание, в кото-

ром они нажимали на клавишу в такт внешним звуковым стимулам (10 Гц).

Для расчета ТОС в тесте с нажатием были использованы два подхода: точность на основе задержки (delay based) [18] и индекс Шандри [12].

Точность на основе задержки включает в себя количество нажатий на клавишу, которые попадали во временное окно после предшествующего R-пика. Временное окно для каждого участника определялось на основе средней ЧСС на протяжении всего эксперимента: 750 мс для частоты пульса $<69,75$; 600 мс для частоты пульса от 69,75 до 94,25; 400 мс для частоты пульса $>94,25$. ТОС оценивался по формуле:

$$\text{ТОС(на основе задержки)} = 1 - \frac{\text{СС}_{\text{реал.}} - \text{СС}_{\text{ощущ.}}}{\text{СС}_{\text{реал.}}},$$

где $\text{СС}_{\text{реал.}}$ — число фактических СС, измеренных с помощью ЭКГ, и $\text{СС}_{\text{ощущ.}}$ — количество нажатий на клавишу, которые попадали во временное окно после предшествующего R-пика.

Индекс Шандри рассчитывали по представленной выше формуле, но в качестве $\text{СС}_{\text{ощущ.}}$ была использована сумма всех нажатий на клавишу без учета времени их появления.

Психологические опросники. Исследование психоэмоционального состояния и личностных черт участников проводилось с помощью опросников, предназначенных для оценки уровня ситуативной и личностной тревожности, депрессии, алекситимии и восприятия тела.

Шкала тревоги Спилбергера (State-Trait Anxiety Inventory, STAI) [19] использовалась для оценки уровня тревожности. Шкала содержит 20 высказываний, относящихся к тревожности как состоянию, переживаемому в текущий момент (реактивная или ситуативная тревожность), и 20 высказываний, исследующих тревожность как устойчивую личностную черту (личностная тревожность). Каждое утверждение оценивается от 1 до 4 баллов. На русский язык методика была адаптирована Ю.Л. Ханиным [20].

Госпитальная шкала тревоги и депрессии HADS [16] — широко применяемый скрининговый опросник, обладающий высокой дифференциальной валидностью [21]. HADS включает в себя две подшкалы для оценки тревоги и депрессии, каждая из которых состоит из 7 вопросов, оцениваемых от 0 до 3 баллов. Результаты от 8 до 10 баллов соответствуют субклиническому уровню проявления тревоги или депрессии, >11 баллов — клиническому уровню.

Торонтская шкала алекситимии TAS-20 (Toronto Alexithymia Scale) [22] использовалась для оценки алекситимии, проявляющейся в виде трудностей в распознавании и выражении эмоциональных переживаний и телесных ощущений. В шкалу входят 20 вопросов, оцениваемых от 1 до 5 баллов. Общий индекс алекситимии рассчитывается как сумма трех подшкал: трудности в описании чувств, трудности с идентификацией чувств и внешне-ориентированное мышление. Опросник был переведен на русский язык и валидирован в институте им. В. М. Бехтерева (TAS-20-R) [23].

Краткая версия опросника восприятия тела BPQ-SF (Body Perception Questionnaire-Short Form) [24] разработана для оценки восприятия тела и вегетативной реактивности. Опросник включает в себя 46 вопросов, оцениваемых от 1 до 5 баллов. Восприятие тела описы-

Таблица 1

Клиническая характеристика участников исследования

Показатель	Пациенты с АГ n=38	КГ n=38	p
Возраст, Ме [Q25; Q75] (лет)	39 [33; 44,75]	39,5 [34; 45]	0,86 ^a
Пол, количество мужчин, n (%)	29 (76,3)	21 (55,3)	0,09 ^b
ИМТ, Ме [Q25; Q75] (кг/м ²)	28 [25,5; 29,7]	24,7 [22,4; 26,9]	0,001 ^a
Курение, n (%)	6 (16,7)	5 (13,2)	1 ^b
Прием гипотензивных препаратов, n (%)	30 (79)	0	>0,001 ^b
ДАД, Ме [Q25; Q75] (мм рт.ст.)	88,3 [78,5; 94,5]	80 [70,2; 84]	>0,001 ^a
САД, Ме [Q25; Q75] (мм рт.ст.)	121 [112,5; 132]	110 [104,5; 120]	>0,001 ^a
Срок постановки диагноза АГ (лет)	5 [1; 9,5]	—	—

Примечание: АГ — артериальная гипертензия, ДАД — диастолическое артериальное давление, ИМТ — индекс массы тела, КГ — контрольная группа, САД — систолическое артериальное давление, Ме — медиана, [Q25; Q75] — интерквартильный размах. Значимые p-значения выделены жирным шрифтом. Статистические критерии, использованные для сравнения клинических характеристик между группами: ^a — непараметрический критерий Вилкоксона для независимых выборок; ^b — критерий согласия χ^2 ; ^c — t-критерий Стьюдента; p — уровень значимости.

вается в рамках трех шкал: восприятие тела (BPQ-BA), наддиафрагмальная (BPQ-sup) и поддиафрагмальная (BPQ-sub) реактивность вегетативной нервной системы. Опросник был адаптирован на русский язык коллективом рабочей группы. Были выполнены процедуры прямого и обратного перевода, а также была получена экспертная оценка от носителя английского языка.

Электрофизиологические данные. Во время эксперимента проводилась регистрация ЭМГ и ЭКГ с помощью усилителя NVX-52 (Medical Computer Systems, Ltd) при частоте дискретизации 500 Гц.

Для записи ЭКГ были использованы три пары электродов с биполярным монтажом, установленных на левой и правой сторонах тела: первую пару устанавливали на переднюю поверхность предплечья, вторую — на 2 см ниже ключиц в подключичной ямке, третью — на шею [25]. Для расчета R-пиков использовались отведения, установленные на предплечьях. Они продемонстрировали наибольшие амплитуды R-пиков и были наименее подвержены влиянию двигательной активности. Определение R-пиков и экстрасистолических сокращений выполнялось полуавтоматизировано с помощью пакета MNE-Python, с последующей визуальной проверкой врачами-кардиологами. В расчете ТОС учитывались как пики синусового ритма, так и экстрасистолы.

Для записи ЭМГ был использован биполярный монтаж с установкой активных Ag/AgCl электродов на первую дорсальную межкостную мышцу и сустав указательного пальца ведущей руки участника. Данные ЭМГ были использованы для корректировки времени нажатия на клавишу в тесте с нажатием. Для определения начала мышечного сокращения применялся пакет *neurokit2*, использующий для расчета оператор энергии Тигера-Кайзера и определяющий пороговое значение начала нажатия по методу *biosppy*. На первом этапе данный алгоритм определял начало мышечного сокращения в интервале 0,25 сек до маркера нажатия клавиши и рассчитывал среднее время задержки между началом сокращения мышцы и маркером нажатия на клавишу. На втором этапе проводилась коррекция расположения маркера на записи путем вычитания средней задержки, рассчитанной на предыдущем шаге, если мышечное сокращение не регистрировалось вблизи маркера нажатия.

Клинические данные. Перед исследованием было проведено измерение роста и веса участников с расчетом ИМТ по формуле: ИМТ = вес (кг)/рост (м)².

После проведения поведенческих тестов для оценки interoцепции было измерено систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) АД.

Статистический анализ. Анализ проводился с помощью среды R 4.3.1 с открытым исходным кодом. Перед началом анализа данные были проверены на соответствие требованиям нормального распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для сравнения ТОС и результатов психологических опросников между группами использовался непараметрический критерий Вилкоксона для независимых выборок (W) с поправкой на множественные сравнения Бонферрони. Для исследования взаимосвязей между оценками ТОС и результатами психологических опросников, а также показателями ИМТ, САД и ДАД использовался двусторонний коэффициент ранговой корреляции Спирмена с поправкой на множественные сравнения Бонферрони. Уровень значимости для всех проверяемых гипотез соответствовал 0,05.

Результаты

Клиническая характеристика участников, входящих в группы АГ и КГ, представлена в таблице 1. Результаты психологических опросников и оценки ТОС для обеих групп показаны в таблице 2.

Анализ различий между группами АГ и КГ по показателям ТОС для двух тестов (тест с нажатием, тест с подсчетом СС) не выявил значимых результатов. Сравнение оценок ТОС между пациентами с АГ, принимавшими гипотензивную терапию (n=30) и не использующими ее (n=8), также не продемонстрировало значимых различий. Изучение различий между группами по результатам психологических опросников показало значимый результат для шкалы "Трудности с идентификацией чувств" (W=941,5; p=0,02) и для Общего индекса алекситимии (W=948,5; p=0,02), входящих в опросник TAS-20-R. Однако после применения поправки Бонфер-

Таблица 2

Результаты оценки interoцепции и психологического статуса участников

Показатель, Me [Q25; Q75]	Пациенты с АГ	КГ	p	p-корр.
ТОС				
Тест с подсчетом СС	0,45 [-0,14; 0,72]	0,31 [-0,68; 0,73]	0,68	2,03
Тест с нажатием (индекс на основе задержки)	0,27 [0,06; 0,42]	0,19 [0,01; 0,42]	0,64	1,91
Тест с нажатием (индекс Шандри)	0,32 [0,09; 0,52]	0,23 [0,02; 0,55]	0,85	2,54
Психологические опросники (баллы)				
STAI (личностная тревожность)	36 [31; 42,75]	35 [29,25; 38,75]	0,28	3,07
STAI (реактивная тревожность)	20 [16,25; 26]	20,5 [16,25; 23,75]	0,78	8,52
HADS (оценка уровня тревожности)	4 [2; 8]	4 [2; 5,75]	0,66	7,23
HADS (оценка уровня депрессии)	2 [0,25; 4,75]	2,5 [1; 4,75]	0,7	7,66
TAS-20-R (трудности в описании чувств)	13 [8,25; 17,75]	10,5 [8; 14,75]	0,18	1,99
TAS-20-R (трудности с идентификацией чувств)	10,5 [7; 16]	7 [5; 10,75]	0,02	0,25
TAS-20-R (внешне-ориентированное мышление)	11 [8; 14,75]	9 [8; 11]	0,2	2,45
TAS-20-R (общий индекс алекситимии)	36,5 [28; 43]	27,5 [24; 34]	0,02	0,21
BPQ-SF (восприятие тела)	55,5 [48,25; 66,5]	52 [41,25; 57,75]	0,12	1,36
BPQ-SF (наддиафрагмальная реактивность вегетативной нервной системы)	20 [17; 23]	18 [16; 20]	0,12	1,33
BPQ-SF (поддиафрагмальная реактивность вегетативной нервной системы)	11 [8,25; 12]	11 [8,25; 12]	0,97	10,67

Примечание: АГ — артериальная гипертензия, КГ — контрольная группа, Me — медиана, [Q25, Q75] — интерквартильный размах, STAI — шкала тревоги Спилбергера, HADS — госпитальная шкала тревоги и депрессии, TAS-20-R — Торонтская шкала алекситимии, BPQ-SF — краткая версия опросника восприятия тела. Точность ощущения сердцебиений (ТОС) в тесте с подсчетом сердечных сокращений (СС) оценивалась от -1 до 1, в тесте с нажатием — от 0 до 1. Для обоих тестов оценка 1 соответствовала максимальной точности, p — уровень значимости, p-корр. — скорректированный уровень значимости после применение поправки на множественные сравнения, W — непараметрический критерий Вилкоксона для независимых выборок. Значимые результаты выделены жирным шрифтом.

рени для 11 сравнений (11 шкал психологических опросников) данные результаты свою значимость не подтвердили.

В группе пациентов с АГ корреляционный анализ между оценками interoцептивной чувствительности, измеренной с помощью теста с подсчетом СС (модифицированный индекс Шандри) и теста с нажатием (индекс на основе задержки, индекс Шандри), и результатами психологических опросников (STAI, TAS-20-R, BPQ-SF, HADS) значимых различий не выявил. Корреляция между оценками ТОС для всех тестов в группе АГ и показателями ИМТ, САД и ДАД также не обнаружила значимых взаимосвязей. Значимость на уровне тенденции была обнаружена между оценками ТОС в тесте с подсчетом СС и шкалой "Трудности с идентификацией чувств", входящей в опросник TAS-20-R ($r=0,29$; $p=0,079$), а также с показателями САД ($r=-0,32$; $p=0,054$). Однако после применения поправки Бонферрони для 14 сравнений (11 шкал психологических опросников и 3 физиологических фактора — ИМТ, САД и ДАД) различия утратили свою значимость.

Обсуждение

Настоящее исследование было направлено на изучение interoцептивной чувствительности у пациентов с АГ. В ходе исследования не было обнаружено значимых результатов, указывающих на раз-

личие в оценках interoцептивной точности между пациентами с АГ и КГ. Также в группе пациентов с АГ не было обнаружено значимых ассоциаций interoцепции с психологическими (депрессия, тревога, алекситимия, восприятие тела) и физиологическими (ИМТ, САД, ДАД) характеристиками участников.

В настоящее время исследования interoцепции в группе пациентов с АГ остаются малочисленными и демонстрируют противоречивые результаты. Существующие исследования значительно отличаются друг от друга как критериями включения участников (длительность заболевания, прием терапии, возраст), так и дизайном исследования (использование различных методик для оценки interoцепции).

Так, группа Koroboki E, et al. [10] обнаружила повышенную interoцептивную точность у пациентов с недавно диагностированной АГ в сравнении с КГ. Участники в возрасте $48,3 \pm 9,7$ лет не принимали регулярную гипотензивную терапию и их средние показатели САД и ДАД соответствовали 152 ± 20 и 95 ± 10 мм рт.ст. Для оценки interoцепции авторы использовали поведенческий тест с обратной связью [26]. В этом тесте участникам необходимо было прослушать последовательность из звуковых сигналов, а затем оценить, были ли эти звуки синхронны или асинхронны их сердцебиению. Полученные в исследовании результаты де-

монстрируют связь между повышением ЧСС и АД и улучшением навыков интероцепции вследствие активации симпатической нервной системы. Такая зависимость была ранее подтверждена на здоровой популяции, где фоне физической нагрузки демонстрировалась положительная корреляция между интероцептивной чувствительностью и показателями ЧСС, АД, ударного объема, силой СС и сердечным выбросом [9].

В работах группы Yoris A, et al. [5, 6] было продемонстрировано снижение интероцептивной чувствительности у пациентов с АГ в сравнении со здоровыми добровольцами. Два представленных исследования включали в себя частично совпадающую выборку участников в возрасте $67,86 \pm 9,09$ лет с ранее установленным диагнозом АГ (срок постановки диагноза от 0,1 до 10 лет на момент исследования). Все пациенты принимали гипотензивную терапию, которая была приостановлена за 48 ч до исследования. Средние показатели САД и ДАД на момент исследования составили 136,5 и 85,4 мм рт.ст., соответственно. Для оценки интероцепции был использован поведенческий тест с нажатием, а также анализ амплитуды сердечных вызванных потенциалов, полученных с применением метода электроэнцефалографии. Зарегистрированное снижение интероцепции в группе пациентов с АГ авторы интерпретируют как следствие нарушения работы барорецепторов в сонной артерии, возникающего при хроническом повышении АД [8]. Согласно одной из ведущих объяснительных моделей интероцепции, барорецепторы обеспечивают функционирование периферического механизма кардиоцептивной чувствительности, влияющего на сознательные суждения о ЧСС [7]. Однако недавние исследования на животных моделях показали, что пульсация давления в артериальных сосудах головного мозга способна активировать механо-чувствительные ионные каналы, тем самым осуществляя процесс интероцептивной модуляции нейрональной активности в центральной нервной системе [27]. Будущие исследования должны продемонстрировать, насколько этот механизм вносит вклад в ТОС и изучить его связь с интероцептивным дефицитом при АГ.

Настоящее исследование по своему дизайну сравнимо с работами Yoris A, et al. [5, 6]. Большая часть пациентов с АГ на момент проведения исследования принимала гипотензивную терапию, средний срок постановки диагноза составлял $6 \pm 5,6$ лет, а для оценки интероцепции был использован тест с нажатием. Однако возраст участников данного исследования (22–50 лет) и средние показатели САД и ДАД ($124,32 \pm 13,54$ и $86,83 \pm 10,51$ мм рт.ст.) отличались от выборки, представленной в работах Yoris A, et al. Известно, что с возрастом наблюдаются снижение интероцептивной чувствительно-

сти [28] и ослабление барорецепторного рефлекса [29]. Можно предположить, что хроническое повышение АД ускоряет формирование нарушений барорецепторной функции и, как следствие, приводит к более выраженному снижению интероцепции в старшей возрастной группе с АГ. Эта гипотеза также согласуется с результатами, полученными Kobok E, et al. [10], поскольку в выборку исследования входили лица среднего возраста с недавно диагностированной АГ. Для участников исследования не был характерен устойчивый дефицит барорецепторной функции и в отсутствии гипотензивной терапии повышенные АД и ЧСС стали ведущими факторами, повлиявшими на увеличение интероцептивной чувствительности.

В настоящем исследовании, несмотря на прием гипотензивных препаратов большей частью пациентов с АГ, показатели САД и ДАД в группах пациентов и здоровых добровольцев значимо различались. Повышенное АД является фактором, усиливающим интероцепцию [10], и стоило ожидать повышения интероцептивной чувствительности в группе АГ. Однако отсутствие значимых различий в оценке интероцепции между группами может указывать на формирование дефицита барорецепторной функции у лиц среднего возраста, который будет усиливаться по мере старения. Насколько нам известно, на данный момент исследований интероцепции у пациентов с АГ в возрасте от 22 и 50 лет не проводилось и текущий проект является первой работой, включающей данную возрастную группу. Полученные результаты свидетельствуют о том, что для исследования интероцепции у лиц с АГ среднего возраста требуется разработка дизайна, включающего в себя модуляцию интероцепции в ходе эксперимента с помощью тренировки, направленной на увеличение интероцептивной чувствительности, либо физической нагрузки. Такой подход позволит более точно изучить кардиоцепцию в данной возрастной группе, поскольку для пациентов с АГ характерен прием гипотензивных препаратов и их отмена на длительное время может представлять опасность для пациентов, а проведение исследования интероцепции в покое может затруднить интерпретацию результатов в связи с одновременным влиянием на них факторов повышенного давления и процесса формирования интероцептивного дефицита.

Изучение корреляции психологических факторов с оценками ТОС в группе пациентов с АГ также не продемонстрировало значимых взаимосвязей. Полученный результат может быть объяснен двумя факторами. Во-первых, изучение влияния психологических факторов на феномен интероцепции не являлось главной целью настоящей работы, поэтому результаты опросников не служили критериями включения в исследование, а выраженная

депрессивная симптоматика входила в критерии невключения. В связи с этим в выборку не вошло достаточное количество участников, демонстрирующих ярко выраженные признаки тревоги, депрессии, алекситимии и повышенные или пониженные способности восприятия тела. Результаты опросников были использованы для контроля оценок ТОС, чтобы исключить влияние дополнительных факторов на interoцептивную чувствительность. Во-вторых, несмотря на существующие доказательства связи interoцепции с такими психологическими параметрами как депрессия, тревога, алекситимия [1] и восприятие тела [11], некоторые исследования указывают на отсутствие зависимости между этими факторами [30]. На данный момент в литературе представлена лишь одна работа, указывающая на взаимосвязь между нарушением распознавания эмоций и снижением interoцептивной чувствительности у пациентов с АГ [6]. В настоящем исследовании пациенты с АГ также продемонстрировали более высокие баллы в общем индексе алекситимии и шкале "Трудности с идентификацией чувств", однако значимость различий не сохранилась после применения поправки на множественные сравнения методом Бонферрони. Поправка Бонферрони является консервативным методом, повышающим риск сохранения ложной нулевой гипотезы, поэтому дальнейшие исследования связи между interoцепцией и эмоциональной обработкой у пациентов с АГ представляют интерес.

Ограничения исследования. Настоящее исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, выборка включала в себя небольшое количество участников (по 38 участников в группах пациентов с АГ и КГ). Однако следует отметить, что предыдущие работы, исследовавшие interoцепцию в группах пациентов с АГ, показали воспроизводимые результаты на аналогичных или меньших выборках [5, 10]. Во-вторых, на полученные результаты могла оказать влияние гипотензивная терапия. В выборку настоящего исследования вошли 8 пациентов, не принимавших гипотензивных препаратов, однако размер данной группы недостаточен для исследо-

вания связи interoцепции с лекарственной терапией. В-третьих, в настоящем исследовании были использованы только поведенческие методы оценки interoцептивной точности. ТОС во многом зависит от внимания, мотивации и честности участников во время исследования и не может служить объективной оценкой interoцептивных способностей. Включение в исследование психофизиологических методов оценки interoцепции, таких как анализ сердечных вызванных потенциалов, измеренных с помощью электроэнцефалографии, могло бы повысить достоверность полученных результатов и более полно описать феномен interoцепции в группе пациентов с АГ.

Заключение

На данный момент феномен interoцепции сердца в группах пациентов с кардиологическими патологиями изучен недостаточно. Настоящее исследование является первой работой, направленной на изучение interoцепции сердца у пациентов с АГ в возрасте от 22 до 50 лет. Полученные результаты не продемонстрировали различий в точности оценки СС между пациентами с АГ и КГ. Эти данные могут указывать на то, что у лиц с АГ среднего возраста, принимающих гипотензивную терапию, формирование interoцептивного дефицита компенсирует усиление interoцепции, связанное с повышенным АД.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Никулину Вадиму Валерьевичу, PhD, ведущему научному сотруднику Department of Neurology, Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, и Назаровой Марии Александровне, кандидату медицинских наук, сотруднику Центра нейроэкономики и когнитивных исследований Института когнитивных нейронаук НИУ ВШЭ, за консультации во время проведения исследования и подготовки рукописи.

Отношения и деятельность. Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 22-15-00507.

Литература/References

1. Bonaz B, Lane RD, Oshinsky ML, et al. Diseases, Disorders, and comorbidities of interoception. *Trends Neurosci.* 2021;44(1):39-51. doi:10.1016/j.tins.2020.09.009.
2. Shivkumar K, Ajjola OA, Anand I, et al. Clinical neurocardiology defining the value of neuroscience-based cardiovascular therapeutics. *J Physiol.* 2016;594(14):391-54. doi:10.1113/jp271870.
3. Stanaway JD, Afshin A, Gakidou E, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet.* 2018;392(10159):1923-94. doi:10.1016/s0140-6736(18)32225-6.
4. Rutledge T. A quantitative review of prospective evidence linking psychological factors with hypertension development. *Psychosom Med.* 2002;64(5):758-66. doi:10.1097/01.psy.0000031578.42041.1c.
5. Yoris A, Abrevaya S, Esteves S, et al. Multilevel convergence of interoceptive impairments in hypertension: New evidence of disrupted body-brain interactions. *Hum Brain Mapp.* 2017;39(4): 1563-81. doi:10.1002/hbm.23933.
6. Yoris A, Legaz A, Abrevaya S, et al. Multicentric evidence of emotional impairments in hypertensive heart disease. *Sci Rep.* 2020; 10(1):14131. doi:10.1038/s41598-020-70451-x.
7. Critchley HD, Garfinkel SN. Interactions between visceral afferent signaling and stimulus processing. *Front Neurosci.* 2015;9:286. doi:10.3389/fnins.2015.00286.

8. Kougias P, Weakley SM, Yao Q, et al. Arterial baroreceptors in the management of systemic hypertension. *Med Sci Monit.* 2010;16(1):RA1-8.
9. Schandry R, Bestler M, Montoya P. On the relation between cardiodynamics and heartbeat perception. *Psychophysiology.* 1993; 30(5):467-74. doi:10.1111/j.1469-8986.1993.tb02070.x.
10. Koroboki E, Zakopoulos N, Manios E, et al. Interoceptive awareness in essential hypertension. *International J Psychophysiol.* 2010;78(2):158-62. doi:10.1016/j.ijpsycho.2010.07.003.
11. Duschek S, Werner NS, Reyes del Paso GA, et al. The contributions of interoceptive awareness to cognitive and affective facets of body experience. *J Individ Differ.* 2015;36(2):110-8. doi:10.1027/1614-0001/a000165.
12. Schandry R. Heart beat perception and emotional experience. *Psychophysiology.* 1981;18(4):483-8. doi:10.1111/j.1469-8986.1981.tb02486.x.
13. Körmendi J, Ferentzi E, Köteles F. A heartbeat away from a valid tracking task. An empirical comparison of the mental and the motor tracking task. *Biol Psychol.* 2022;171:108328. doi:10.1016/j.biopsycho.2022.108328.
14. Körmendi J, Ferentzi E, Köteles F. Expectation predicts performance in the mental heartbeat tracking task. *Biol Psychol.* 2021; 164:108170. doi:10.1016/j.biopsycho.2021.108170.
15. Kobalava ZhD, Konradi AO, Nedogoda SV, et al. Arterial hypertension in adults. Clinical guidelines 2020. *Russian Journal of Cardiology.* 2020;25(3):3786. (In Russ.) Кобалава Ж.Д., Конради А.О., Недогода С.В. и др. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал.* 2020;25(3):3786. doi:10.15829/1560-4071-2020-3-3786.
16. Zigmond AS, Snaith RP. The hospital anxiety and Depression scale. *Acta Psychiatr Scand.* 1983;67(6):361-70. doi:10.1111/j.1600-0447.1983.tb09716.x.
17. Garfinkel SN, Seth AK, Barrett AB, et al. Knowing your own heart: Distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive awareness. *Biol Psychol.* 2015;104:65-74. doi:10.1016/j.biopsycho.2014.11.004.
18. Abrevaya S, Fittipaldi S, García AM, et al. At the Heart of Neurological Dimensionality: Cross-Nosological and Multimodal Cardiac Interoceptive Deficits. *Psychosom Med.* 2020;82(9):850-61. doi:10.1097/psy.0000000000000868.
19. Spielberger CD, Gorsuch RL, Lushene RE. STAI Manual for the State-Trait Anxiety Inventory. Polo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, 1970. p.24.
20. Hanin YL. A brief guide for the Spielberger C.D. State-Trait Anxiety Inventory. Leningrad: LNI-ITEK, 1976. (In Russ.) Ханин Ю.Л. Краткое руководство к применению шкалы реактивной и личностной тревожности Ч.Д. Спилберга. Ленинград: ЛНИ-ИТЕК, 1976.
21. Bjelland I, Dahl AA, Haug TT, et al. The validity of the Hospital Anxiety and Depression Scale. *J Psychosom Res.* 2002;52(2):69-77. doi:10.1016/s0022-3999(01)00296-3.
22. Bagby RM, Parker JDA, Taylor GJ. The twenty-item Toronto Alexithymia scale-I. Item selection and cross-validation of the factor structure. *J Psychosom Res.* 1994;38(1):23-32. doi:10.1016/0022-3999(94)90005-1.
23. Starostina EG, Taylor GD, Quilty L, et al. A new 20-item version of the Toronto Alexithymia scale: validation of the Russian language translation in a sample of medical patients. *Social'naya i klinicheskaya psichiatriya.* 2010;20(4):31-8. (In Russ.) Старостина Е.Г., Тейлор Г.Д., Квилти Л.К. и др. Торонтская шкала алекситимии (20 пунктов): валидизация русскоязычной версии на выборке терапевтических больных. *Социальная и клиническая психиатрия.* 2010;20(4):31-8.
24. Cabrera A, Kolacz J, Pailhez G, et al. Assessing body awareness and autonomic reactivity: Factor structure and psychometric properties of the Body Perception Questionnaire-Short Form (BPQ-SF). *Int J Methods Psychiatr Res.* 2017;27(2):e1596. doi:10.1002/mpr.1596.
25. Gray MA, Taggart P, Sutton PM, et al. A cortical potential reflecting cardiac function. *PNAS USA.* 2007;104(16):6818-23. doi:10.1073/pnas.0609509104.
26. Brener J, Liu X, Ring C. A method of constant stimuli for examining heartbeat detection: Comparison with the Brener-Klavitse and Whitehead methods. *Psychophysiol.* 1993;30(6):657-65. doi:10.1111/j.1469-8986.1993.tb02091.x.
27. Huynh K. Heartbeat-induced pressure pulsations in cerebral arteries modulate neuronal activity. *Nat Rev Cardiol.* 2024;21(4): 218. doi:10.1038/s41569-024-00999-y.
28. Khalsa SS, Rudrauf D, Tranel D. Interoceptive awareness declines with age. *Psychophysiol.* 2009;46(6):1130-6. doi:10.1111/j.1469-8986.2009.00859.x.
29. Monahan KD. Effect of aging on baroreflex function in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2007;293(1):3-12. doi:10.1152/ajpregu.00031.2007.
30. Körmendi J, Ferentzi E, Petzke T, et al. Do we need to accurately perceive our heartbeats? Cardioceptive accuracy and sensibility are independent from indicators of negative affectivity, body awareness, body image dissatisfaction, and alexithymia. *PLoS ONE.* 2023;18(7):e0287898. doi:10.1371/journal.pone.0287898.