

## Особенности частотно-пространственной организации активности мозга при ишемической болезни сердца, связанные с самооценкой контроля эмоций у мужчин и женщин

О.М. Разумникова<sup>1</sup>, И.В. Тарасова<sup>2</sup>, О.А. Трубникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Российская Федерация;

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Дефицит в регуляции эмоционального напряжения рассматривается как важный фактор развития ишемической болезни сердца (ИБС). Функции оценки и регуляции эмоций выполняют структуры префронтальной коры и амигдалы, активация и взаимодействие которых различаются у мужчин и женщин. В связи с этим актуален вопрос о гендерной специфике корковых механизмов эмоциональной регуляции, связанной с ИБС.

**Цель** — выяснить значение самооценки эмоционального контроля поведения (ЭК) в частотно-пространственной организации активности мозга у мужчин и женщин с ИБС.

**Методы.** Исследование выполняли в кардиологической клинике с привлечением 56 мужчин (61,2±8,5 года) и 19 женщин (67,4±4,8 года) с диагностированной ИБС. Для анализа частотно-пространственной организации фоновой ЭЭГ использовали 64-канальную регистрацию ЭЭГ и вычисление мощности ритмов в шести частотных диапазонах от 4 до 30 Гц с применением быстрого преобразования Фурье. Для выяснения соотношения ЭК как личностной черты согласно опроснику эмоционального интеллекта и показателей мощности ЭЭГ использовали непараметрический корреляционный анализ Спирмена.

**Результаты.** Корреляционный анализ ЭК и средних показателей мощности ЭЭГ выявил положительные связи в диапазоне 4–13 Гц в группе мужчин и отрицательные — в группе женщин ( $0,19 < r_s < 0,28$  и  $-0,20 < r_s < -0,40$  соответственно;  $p < 0,030$ ). Регионарная специфика обнаруженного эффекта характеризовалась значимой связью ЭК и мощности тета-ритма 2, альфа-ритма 1, 2, представленной в передней части коры с доминированием левого полушария у мужчин, но в задней части обоих полушарий — у женщин, причём последний эффект был ограничен частотами тета-ритма 2 и альфа-ритма 1.

**Заключение.** Результаты выполненного анализа соотношения ЭК и регионарных показателей фоновой мощности ЭЭГ в диапазоне 6–13 Гц указывают на разные формы контроля эмоционального состояния у женщин и мужчин с ИБС.

**Ключевые слова:** контроль эмоционального состояния; половые различия; ишемическая болезнь сердца; ЭЭГ; префронтальная кора.

### КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Разумникова О.М., Тарасова И.В., Трубникова О.А. Особенности частотно-пространственной организации активности мозга при ишемической болезни сердца, связанные с самооценкой контроля эмоций у мужчин и женщин // Гены и клетки. 2023. Т. 18, № 4. С. XX–XX. DOI: <https://doi.org/10.23868/gc532722>

Рукопись получена: 08.07.2023 Рукопись одобрена: 30.08.2023 Опубликовано: 27.09.2023

## Specificity of frequency-spatial organization of brain activity in coronary heart disease associated with self-assessment of emotion control in men and women

Olga M. Razumnikova<sup>1</sup>, Irina V. Tarasova<sup>2</sup>, Olga A. Trubnikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation;

<sup>2</sup>Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** Deficit in the regulation of emotional stress is considered as an important factor in the development of coronary heart disease (CHD). The functions of assessment and regulation of emotions are performed by the structures of the prefrontal cortex and amygdala, the activation and interaction of which differs in men and women. In this regard, the question of the gender specificity of the cortical mechanisms of emotional regulation associated with coronary artery disease is relevant.

**AIM:** To find out the significance of self-assessment of emotional control of behavior (EC) in the frequency-spatial organization of brain activity in men and women with CHD.

**METHODS:** The study was performed in a cardiology clinic involving 56 men (61.2±8.5 years) and 19 women (67.4±4.8 years) diagnosed with CHD. To analyze the frequency-spatial organization of the resting EEG, we used 64-channel EEG recording and calculation of the power of rhythms in six frequency ranges from 4 to 30 Hz using a fast Fourier transform. Spearman's non-parametric correlation analysis was used to determine the correlation of EC as a personality trait according to the questionnaire of emotional intelligence and EEG power indicators.

**RESULTS:** Correlation analysis of EC and average EEG power indicators revealed positive relationships in the range of 4–13 Hz in the group of men and negative in the group of women ( $0.19 < r_s < 0.28$  and  $-0.20 < r_s < -0.40$ , respectively;  $p < 0.030$ ). The regional specificity of the detected effect was characterized by a significant relationship between EC and the power of theta 2, alpha 1, 2, presented in the anterior part of the cortex with the dominance of the left hemisphere in men, but in the posterior part of both hemispheres — in women, and the latter effect was limited by theta 2 and alpha 1 frequency.

**CONCLUSION:** The results of the performed analysis of the relationship of EC and regional indicators of resting EEG power in the 6–13 Hz range indicate different forms of control of the emotional state in women and men with CHD.

**Keywords:** emotional state control; gender differences; ischemic heart disease; EEG; prefrontal cortex.

### TO CITE THIS ARTICLE:

Razumnikova OM, Tarasova IV, Trubnikova OA. Specificity of frequency-spatial organization of brain activity in coronary heart disease associated with self-assessment of emotion control in men and women. *Genes & cells*. 2023;18(4):XX–XX. DOI: <https://doi.org/10.23868/gc532722>

Received: 08.07.2023 Accepted: 30.08.2023 Published: 27.09.2023

### ВВЕДЕНИЕ

Низкая стрессоустойчивость, переживание негативных эмоций и дефицит в регуляции эмоционального напряжения рассматриваются как важные психологические и психофизиологические факторы развития ишемической болезни сердца (ИБС) [1–3]. В качестве психометрического показателя успешности индивидуальной эмоциональной регуляции поведения предлагается оценка эмоционального интеллекта (ЭИ) [4]. Показано, что самооценка таких компонентов ЭИ, как использование эмоций (т.е. их применение для улучшения состояния), и регуляция эмоций связаны с заболеваемостью ИБС [2]. У пациентов с ИБС отмечены также более низкие способности к пониманию, использованию и регулированию эмоций по сравнению с ЭИ в группе здоровых участников исследования [3]. Лучшей оценке состояния собственного здоровья пациентами с ИБС соответствует доминирование положительных эмоций в самооценке эмоционального состояния как по показателю эмоциональной экспрессии, так и по соотношению положительных и отрицательных эмоций

при их восприятии [5]. Компетентность в эмоциональной регуляции связана с отношением пациентов к кардиореабилитации после перенесённого инфаркта [6], и, по-видимому, способность к контролю и переоценке эмоций следует учитывать при составлении программ нейрореабилитации когнитивного дефицита, часто развивающегося после операции коронарного шунтирования при лечении пациентов с ИБС.

На нейробиологическом уровне самоконтроль и регуляция эмоций являются функциями взаимодействия префронтальной коры с амигдалой и стриатумом [7–9]. Эти функции характеризуются не только индивидуальными особенностями аффективного стиля поведения, но и половыми различиями [10–12].

Асимметрия активности префронтальной коры рассматривается как функциональная характеристика эмоциональной регуляции, в том числе индивидуальных особенностей проявления способностей к переоценке эмоций [13], сопровождающейся усилением метаболической активности в левой части дорсолатеральной префронтальной коры [14], и дифференцировкой ЭЭГ коррелятов стресса, представленной усилением левополушарной активации согласно показателям мощности альфа- и бета-ритмов [15–17].

С другой стороны, имеется довольно много доказательств доминирования правого полушария в регуляции эмоций и связанного с ними поведения [18, 19]. Так как психический стресс является прогностическим фактором риска возникновения и развития ИБС [20], а женщины оказываются более склонны, чем мужчины, к развитию вызванной этим стрессом ишемии миокарда, представляется важным выяснение гендерных различий в паттернах активации мозга [21].

**Цель исследования** — выяснить особенности полушарной активности мозга, связанные с самооценкой использования эмоций при принятии решений у мужчин и женщин с ишемической болезнью сердца.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

В исследовании участвовали 75 пациентов кардиологической клиники с тяжелой формой ИБС: 56 мужчин (61,2±8,5 года) (ГрМ) и 19 женщин (67,4±4,8 года) (ГрЖ). 29% из них имели высшее образование, остальные — среднее и среднее специальное. Пациенты характеризовались умеренным когнитивным дефицитом (26 баллов по Монреальской шкале оценки когнитивных функций — MoCA) и минимальными значениями депрессии (2 балла по Beck Depression Inventory II — BDI-II). Основные клинические показатели группы приведены в табл. 1. Более подробное описание критериев включения пациентов в исследуемую выборку дано в наших ранних работах [22, 23].

Дизайн работы одобрен Этическим комитетом Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний (протокол № 10 от 12.10.2020). Все участники до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола.

Тестирование ЭИ выполняли с использованием Опросника эмоционального интеллекта К. Барчард [24]. Согласно цели исследования, для анализа использовали одну шкалу ЭИ — «принятие решений на основе эмоций» — как компонент, отражающий эмоциональный контроль поведения (ЭК).

Электроэнцефалограмму регистрировали монополярно в состоянии спокойного бодрствования при закрытых глазах с использованием многоканального усилителя Neuvo (Compumedics, США) и шапочки со встроенными электродами Ag/AgCl (QuikCap, NeuroSoft Inc., США): 62 канала, частота дискретизации — 1000 Гц, полоса пропускания — 0,1–50,0 Гц. Продолжительность регистрации ЭЭГ составляла 5 мин. Для анализа выбирали 30 эпох ЭЭГ длительностью 2 с без мышечных или других артефактов согласно визуальной оценке с последующей автоматической проверкой и удалением окулографических артефактов. Вычисление мощности биопотенциалов в шести частотных диапазонах: тета 1 (4–6 Гц), тета 2 (6–8 Гц), альфа 1 (8–10 Гц), альфа 2 (10–13 Гц), бета 1 (13–20 Гц), бета 2 (20–30 Гц) выполняли с использованием быстрого преобразования Фурье в программе Scan 4.5. Более подробное описание регистрации и анализа ЭЭГ приведено ранее [22].

Регистрацию ЭЭГ и психометрическое тестирование показателей ЭИ выполняли до планируемой операции коронарного шунтирования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе межгруппового сравнения исследованных показателей значимых половых различий согласно критерию Манна–Уитни не обнаружено ни для ЭК ( $25,1 \pm 6,2$  для мужчин и  $24,6 \pm 6,5$  для женщин), ни для суммарных значений мощности ЭЭГ в каждом из шести диапазонов.

На следующем этапе статистического анализа мы рассмотрели возможную связь этих показателей с применением непараметрического критерия Спирмена отдельно для ГрМ и ГрЖ. Для ГрМ обнаружена положительная связь ЭК и биопотенциалов в диапазоне 6–13 Гц ( $0,19 < r_s < 0,28$ ), а для ГрЖ — отрицательная ( $-0,20 < r_s < -0,40$ ) при значимом межгрупповом различии корреляций для тета-ритма 2 и альфа-ритма 1 ( $p < 0,030$  согласно двухстороннему сравнению коэффициентов корреляции). Для диапазона альфа-ритма 2 межгрупповые различия корреляций не достигли значимого уровня ( $p < 0,08$ ).

Далее были рассмотрены регионарные особенности корреляций ЭК и мощности трёх выделенных ритмов в ГрМ и ГрЖ (табл. 2, рис. 1).

Полученные результаты свидетельствуют, что большее привлечение эмоций для принятия решений у мужчин с ИБС сопровождается снижением фоновой активации коры головного мозга, на что указывает повышение мощности низкочастотных биопотенциалов, регионарно максимально широко представленное в диапазоне 8–10 Гц. На частотах диапазонов тета-ритма 2 и альфа-ритма 2 этот эффект охватывает переднюю часть коры с доминированием левого полушария в центральных и теменных областях (рис. 1, а, см. табл. 2). Обнаруженную регионарную специфику мы рассматриваем как неслучайную, принимая во внимание возможность ошибок II рода и устойчивость связей ЭК и мощности ритмов в соседних отведениях. Для ГрЖ обнаруженная негативная корреляция ЭК и показателей мощности тета-ритма 2 и альфа-ритма 1 отражает противоположный эффект повышения фоновой активации коры при более высокой самооценке по шкале ЭК, который в большей мере характерен для задней части коры обоих полушарий (рис. 1, б, см. табл. 2). Для диапазона альфа 2 в ГрЖ выявлена только одна связь на уровне тенденции в единственном отведении P5 ( $r_s = -0,39$ ;  $p = 0,12$ ), на рис. 1, б она не указана.

Таким образом, результаты выполненного анализа соотношения ЭК и регионарных показателей фоновой мощности ЭЭГ в диапазоне 6–13 Гц указывают на разные формы контроля эмоционального состояния у женщин и мужчин с ИБС при отсутствии половых различий в его психометрическом показателе.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Взаимосвязь контроля поведения и ЭИ как психометрического конструкта для оценки эффективности эмоциональной регуляции доказана результатами ряда исследований [4, 8, 25]. В связи с этим обнаруженная связь показателей ЭК и мощности ритмов фоновой ЭЭГ в диапазоне 6–13 Гц отражает «преднастройку» функциональной активности мозга для дальнейшей реализации поведенческих реакций. Так как тета-ритм связывают с контролем эмоционально-мотивационных реакций, а синхронизацию или десинхронизацию альфа-осцилляций — с уровнем когнитивной нагрузки и интернальным контролем обработки информации [26–28], то обнаруженная взаимосвязь ЭК и активационного состояния коры на этих частотах представляется вполне логичной.

Усиление роли эмоций в принятии решения согласно самооценке ЭК представлено у мужчин снижением фоновой активации коры, что можно рассматривать как основу для повышения амплитуды реактивности мозга в ответ на поступающие стимулы. Локализация этой связи в передней части коры с доминированием левого полушария соответствует функциональной роли префронтальной коры в контролирующих процессах [29]. Несмотря на большое разнообразие данных о половых различиях в реакции на эмоциональные стимулы, связанное с их содержанием, модальностью, условиями предъявления или структурами, которые применяются для анализа их активности, имеются доказательства большего активационного эффекта у мужчин, чем у женщин, во фронтальной и височной коре при предъявлении видеофильмов как негативного, так и позитивного содержания [30], что соответствует обнаруженному нами эффекту низкого уровня фоновой активации этих областей коры у мужчин с высокой самооценкой ЭК.

Ориентируясь на представления о разных стратегиях вовлечения фронтопариетальной нейронной сети и инсулы в регуляцию эмоций [31], можно предположить, что выявленная связь

ЭК и активности передних областей коры у мужчин связана с предпочтением стратегии переоценки (reappraisal), тогда как у женщин её смещение в заднюю часть коры и замена на связанную с ЭК фоновую активацию скорее отражает стратегию отвлечения (distraction). В отношении гендерных различий в использовании стратегии переоценки единого мнения пока не сложилось вследствие противоречий в полученных результатах и предположения, что для женщин характерна сложная комбинация основных способностей, привычек и убеждений в эффективности используемой стратегии эмоциональной регуляции [32].

Тройная сетевая модель эмоциональной дисрегуляции включает сеть режима по умолчанию (DMN), лобно-теменную (FPN) и сеть значимости (SN), которая участвует в регуляции взаимодействия FPN и DMN в зависимости от когнитивной и аффективной нагрузки [33]. Представленные в нашем исследовании карты корреляций ЭК и фонового состояния коры в широком диапазоне частот (6–13 Гц) можно связать с реорганизацией этих сетей, обусловленной хронической ишемией мозга при ИБС. Причём довольно ярко выраженная гендерная специфика этого эффекта, проявившаяся несмотря на относительно малочисленную ГрЖ, указывает, по-видимому, на разные эмоциогенные механизмы такой реорганизации. Одной из причин гендерных различий во взаимодействии структур префронтальной коры и амигдалы может быть большая стресс-реактивность мужчин, связанная с достижениями, а женщин — с социальной изоляцией, а также зависимость от пола чувствительность этих структур к влиянию кортизола [9].

Принимая во внимание роль эмоций в контроле тормозных функций при селекции информации [34], полученные гендерные различия в картах корреляций ЭК и тета-, альфа-ритмов можно интерпретировать как большую преднастройку в ГрМ к префронтально представленным процессам top-down, а в ГрЖ – предпочтение к смещенным в заднюю часть коры процессам bottom-up, что соответствует стратегии отвлечения в эмоциональной регуляции. С учётом сведений о том, что женщины более склонны к развитию ишемии миокарда, вызванной психическим стрессом [21], можно предположить, что стратегия отвлечения оказывается менее эффективной в обеспечении самоохранительного поведения.

Что касается полушарной специфики связанной с ЭК «преднастройки» фоновой активности мозга, то она просматривается только в ГрМ и особенно отчётливо представлена на частотах альфа-ритма 2 (см. рис. 1 и табл. 2). Это соответствует предпочтению стратегии переоценки вызванных эмоций и вовлечению левой части префронтальной коры в торможение информации негативной эмоциональной валентности [12, 16].

Наряду с моделями латерализации эмоций и эмоциональных состояний известны динамические сетевые модели, включающие множество взаимосвязанных нейронных сетей, каждая из которых связана с обработкой определённого компонента эмоций, т.е. их генерации, восприятия и регуляции [33, 35]. Таким образом, предлагается перейти от гипотез, поддерживающих специализацию полушарий для обработки эмоций, к динамическим моделям, включающим несколько взаимосвязанных сетей, которые не обязательно имеют одни и те же паттерны латерализации, учитывая индивидуальное разнообразие прошлого опыта и оценку текущего контекста ситуации. Следовательно, обнаруженная нами склонность к более выраженной связи с ЭК левого полушария в ГрМ согласуется с выводом о более сильной функциональной полушарной асимметрии у мужчин, чем у женщин. Эта связь очень мала, но устойчива [36–38].

**Ограничения исследования.** Ограничениями выполненного исследования является сравнительно небольшая группа женщин и отсутствие сравнения с контрольной группой здоровых мужчин и женщин с регистрацией ЭЭГ и оценкой ЭИ в таких же условиях.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Обнаруженная связь самооценки эмоционального контроля поведения и регионарных показателей фоновой мощности электроэнцефалограммы в диапазоне 6–13 Гц (положительная и смещённая в переднюю часть коры у мужчин и отрицательная, представленная в париетально-окципитальных областях у женщин) указывает на гендерные различия в стратегиях контроля эмоционального состояния у пациентов с ишемической болезнью сердца. Можно предположить, что для мужчин более характерно применение стратегии переоценки эмоций, а для женщин — отвлечения на обработку информации.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** О.М. Разумникова — сбор и анализ литературных источников, обзор литературы, статистический анализ данных, написание текста и редактирование статьи; И.В. Тарасова — сбор экспериментальных данных и их первичная обработка, редактирование текста статьи; О.А. Трубникова — редактирование статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Author contribution.** О.М. Razumnikova — collection and analysis of literary sources, literature review, statistical data analysis, text writing and article editing; I.V. Tarasova — collection of experimental data and their primary processing, editing the text of the article; O.A. Trubnikova — editing an article. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Davidson K.W., Mostofsky E., Whang W. Don't worry, be happy: positive affect and reduced 10-year incident coronary heart disease: the Canadian Nova Scotia Health Survey // *Europ Heart J*. 2010. Vol. 31, N 9 P. 1065–1070. doi: 10.1093/eurheartj/ehp603
2. Kravvariti E., Maridaki-Kassotaki K., Eleftherios K. Emotional intelligence and coronary heart disease: how close is the link? // *Global J Health Sci*. 2010. Vol. 2, N 1. P. 127–137.
3. Vlachaki C., Maridaki-Kassotaki K. Coronary heart disease and emotional intelligence // *Glob J Health Sci*. 2013. Vol. 5, N 6. P. 156–165. doi: 10.5539/gjhs.v5n6p156
4. Petrides K.V., Mikolajczak M., Mavroveli S., et al. Developments in trait emotional intelligence research // *Emot Rev*. 2016. Vol. 8, N 4. P. 335–341. doi: 10.1177/1754073916650493
5. Разумникова О.М., Тарасова И.В., Трубникова О.А. Особенности связи показателей эмоционального статуса и самооценки качества жизни при ишемической болезни сердца // *Вопросы психологии*. 2022. Т. 68, № 3. С. 104–112.
6. Elise B., Eynde S.V., Egée N., et al. Are trait emotional competencies and heart rate variability linked to mental health of coronary heart disease patients? // *Psychol Rep*. 2021. Vol. 124, N 1. P. 23–38. doi: 10.1177/0033294119898116
7. Nashiro K., Sakaki M., Mather M. Age differences in brain activity during emotion processing: reflections of age-related decline or increased emotion regulation? // *Gerontology*. 2012. Vol. 58, N 2. P. 156–163. doi: 10.1159/000328465
8. Ochsner K.N., Silvers J.A., Buhle J.T. Functional imaging studies of emotion regulation: a synthetic review and evolving model of the cognitive control of emotion // *Ann N Y Acad Sci*. 2012. Vol. 1251. P. E1–E24. doi: 10.1111/j.1749-6632.2012.06751.x
9. Paschke L.M., Dörfel D., Steimke R., et al. Individual differences in self-reported self-control predict successful emotion regulation // *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2016. Vol. 11, N 8. P. 1193–1204. doi: 10.1093/scan/nsw036
10. Bürger Z., Müller V.I., Hoffstaedter F., et al. Stressor-specific sex differences in amygdala-frontal cortex networks // *J Clin Med*. 2023. Vol. 12, N 3. P. 865. doi: 10.3390/jcm12030865
11. Dark H.E., Harnett N.G., Goodman A.M., et al. Violence exposure, affective style, and stress-induced changes in resting state functional connectivity // *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2020. Vol. 20, N 6. P. 1261–1277. doi: 10.3758/s13415-020-00833-1

12. Engman J., Linnman C., Van Dijk K.R., Milad M.R. Amygdala subnuclei resting-state functional connectivity sex and estrogen differences // *Psychoneuroendocrinology*. 2016. Vol. 63. P. 34–42. doi: 10.1016/j.psyneuen.2015.09.012
13. Balconi M., Grippa E., Vanutelli M.E. Resting lateralized activity predicts the cortical response and appraisal of emotions: an fNIRS study // *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2015. Vol. 10, N 12. P. 1607–1614. doi: 10.1093/scan/nsv041
14. Kim S.H., Cornwell B., Kim S.E. Individual differences in emotion regulation and hemispheric metabolic asymmetry // *Biol Psychol*. 2012. Vol. 89, N 2. P. 382–386. doi: 10.1016/j.biopsycho.2011.11.013
15. Attar E.T., Balasubramanian V., Subasi E., Kaya M. Stress analysis based on simultaneous heart rate variability and EEG monitoring // *IEEE J Transl Eng Health Med*. 2021. Vol. 9. P. 2700607. doi: 10.1109/JTEHM.2021.3106803
16. Berretz G., Packheiser J., Wolf O.T., Ocklenburg S. Acute stress increases left hemispheric activity measured via changes in frontal alpha asymmetries // *iScience*. 2022. Vol. 25, N 2. P. 103841. doi: 10.1016/j.isci.2022.103841
17. Ehrhardt N.M., Fietz J., Kopf-Beck J., et al. Separating EEG correlates of stress: cognitive effort, time pressure, and social-evaluative threat // *Eur J Neurosci*. 2022. Vol. 55, N 9-10. P. 2464–2473. doi: 10.1111/ejn.15211
18. Gainotti G. A historical review of investigations on laterality of emotions in the human brain // *J Hist Neurosci*. 2019. Vol. 28, N 1. P. 23–41. doi: 10.1080/0964704X.2018.1524683
19. Ross E.D. Differential hemispheric lateralization of emotions and related display behaviors: Emotion-type hypothesis // *Brain Sci*. 2021. Vol. 11, N 8. P. 1034. doi: 10.3390/brainsci11081034
20. Vancheri F., Longo G., Vancheri E., Henein M.Y. Mental stress and cardiovascular health — part I // *J Clin Med*. 2022. Vol. 11, N 12. P. 3353. doi: 10.3390/jcm11123353
21. Henein M.Y., Vancheri S., Longo G., Vancheri F. The impact of mental stress on cardiovascular health — part II // *J Clin Med*. 2022. Vol. 11, N 15. P. 4405. doi: 10.3390/jcm11154405
22. Тарасова И.В., Трубникова О.А., Кухарева И.Н., и др. Влияние предоперационных когнитивных нарушений на изменения электрической активности мозга у пациентов через 1 год после коронарного шунтирования // *Креативная кардиология*. 2018. Т. 12, № 4. С. 304–315. doi: 10.24022/1997-3187-2018-12-4-304-315
23. Tarasova I.V., Trubnikova O.A., Barbarash O.L. EEG and clinical factors associated with mild cognitive impairment in coronary artery disease patients // *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2019. Vol. 46, N 5-6. P. 275–284. doi: 10.1159/000493787
24. Князев Г.Г., Митрофанова Л.Г., Разумникова О.М., Барчард К. Адаптация русскоязычной версии Опросника эмоционального интеллекта К. Барчард // *Психологический журнал*. 2012. Т. 33, № 4. С. 112–120.
25. Checa P., Fernández-Berrocal P. Cognitive control and emotional intelligence: effect of the emotional content of the task. Brief reports // *Front Psychol*. 2019. Vol. 10. P. 195. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00195
26. Cavanagh J.F., Frank M.J. Frontal theta as a mechanism for cognitive control // *Trends Cogn Sci*. 2014. Vol. 18, N 8. P. 414–421. doi: 10.1016/j.tics.2014.04.012
27. Misselhorn J., Fries U., Engel A.K. Frontal and parietal alpha oscillations reflect attentional modulation of cross-modal matching // *Sci Rep*. 2019. Vol. 9, N 1. P. 5030. doi: 10.1038/s41598-019-41636-w
28. So W.K.Y., Wong S.W.H., Mak J.N., Chan R.H.M. An evaluation of mental workload with frontal EEG // *PLoS One*. 2017. Vol. 12, N 4. P. e0174949. doi: 10.1371/journal.pone.0174949
29. Friedman N.P., Robbins T.W. The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function // *Neuropsychopharmacology*. 2022. Vol. 47, N 1. P. 72–89. doi: 10.1038/s41386-021-01132-0
30. Kret M.E., De Gelder B. A review on sex differences in processing emotional signals // *Neuropsychologia*. 2012. Vol. 50, N 7. P. 1211–1221. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.022

31. Li W., Yang P., Ngetich R.K., et al. Differential involvement of frontoparietal network and insula cortex in emotion regulation // *Neuropsychologia*. 2021. Vol. 161. P. 107991. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2021.107991
32. Perchtold C.M., Papousek I., Fink A., et al. Gender differences in generating cognitive reappraisals for threatening situations: reappraisal capacity shields against depressive symptoms in men, but not women // *Front Psychol*. 2019. V. 10. P. 553. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00553
33. Schimmelpennig J., Topczewski J., Zajkowski W., Jankowiak-Siuda K. The role of the salience network in cognitive and affective deficits // *Front Hum Neurosci*. 2023. V. 17. P. 1133367. doi: 10.3389/fnhum.2023.1133367
34. Nayak S., Tsai A.C. Fronto-parietal regions predict transient emotional states in emotion modulated response inhibition via low frequency and beta oscillations // *Symmetry*. 2022. Vol. 14, N 6. P. 1244. doi: 10.3390/sym14061244
35. Palomero-Gallagher N., Amunts K. A short review on emotion processing: a lateralized network of neuronal networks // *Brain Struct Funct*. 2022. Vol. 227, N 2. P. 673–684. doi: 10.1007/s00429-021-02331-7
36. Bourne V.J. Lateralised processing of positive facial emotion: sex differences in strength of hemispheric dominance // *Neuropsychologia*. 2005. Vol. 43, N 6. P. 953–956. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.08.007
37. Castro-Schilo L., Kee D.W. Gender differences in the relationship between emotional intelligence and right hemisphere lateralization for facial processing // *Brain Cogn*. 2010. Vol. 73, N 1. P. 62–67. doi: 10.1016/j.bandc.2010.03.003
38. Hirnstein M., Hugdahl K., Hausmann M. Cognitive sex differences and hemispheric asymmetry: a critical review of 40 years of research // *Laterality*. 2019. Vol. 24, N 2. P. 204–252. doi: 10.1080/1357650X.2018.1497044

## REFERENCES

1. Davidson KW, Mostofsky E, Whang W. Don't worry, be happy: positive affect and reduced 10-year incident coronary heart disease: the Canadian Nova Scotia Health Survey. *Europ Heart J*. 2010;31(9):1065–1070. doi: 10.1093/eurheartj/ehp603
2. Kravvariti E, Maridaki-Kassotaki K, Eleftherios K. Emotional intelligence and coronary heart disease: how close is the link? *Global J Health Sci*. 2010;2(1):127–137.
3. Vlachaki C, Maridaki-Kassotaki K. Coronary heart disease and emotional intelligence. *Glob J Health Sci*. 2013;5(6):156–165. doi: 10.5539/gjhs.v5n6p156
4. Petrides KV, Mikolajczak M, Mavrouli S, et al. Developments in trait emotional intelligence research. *Emot Rev*. 2016;8:335–341. doi: 10.1177/1754073916650493
5. Razumnikova OM, Tarasova IV, Trubnikova OA. Patterns of the relationship of indicators of emotional status and selfassessment of quality of life in coronary heart disease. *Voprosy Psichologii*. 2022;68(3):104–112. (In Russ).
6. Elise B, Eynde SV, Egée N, et al. Are trait emotional competencies and heart rate variability linked to mental health of coronary heart disease patients? *Psychol Rep*. 2021;124(1):23–38. doi: 10.1177/0033294119898116
7. Nashiro K, Sakaki M, Mather M. Age differences in brain activity during emotion processing: reflections of age-related decline or increased emotion regulation? *Gerontology*. 2012;58(2):156–163. doi: 10.1159/000328465
8. Ochsner KN, Silvers JA, Buhle JT. Functional imaging studies of emotion regulation: a synthetic review and evolving model of the cognitive control of emotion. *Ann N Y Acad Sci*. 2012;1251:E1–E24. doi: 10.1111/j.1749-6632.2012.06751.x
9. Paschke LM, Dörfel D, Steimke R, et al. Individual differences in self-reported self-control predict successful emotion regulation. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2016;11(8):1193–1204. doi: 10.1093/scan/nsw036
10. Bürger Z, Müller VI, Hoffstaedter F, Habel U, et al. Stressor-specific sex differences in amygdala-frontal cortex networks. *J Clin Med*. 2023;12(3):865. doi: 10.3390/jcm12030865
11. Dark HE, Harnett NG, Goodman AM, et al. Violence exposure, affective style, and stress-induced changes in resting state functional connectivity. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2020;20(6):1261–1277. doi: 10.3758/s13415-020-00833-1



12. Engman J, Linnman C, Van Dijk KR, Milad MR. Amygdala subnuclei resting-state functional connectivity sex and estrogen differences. *Psychoneuroendocrinology*. 2016;63:34–42. doi: 10.1016/j.psyneuen.2015.09.012
13. Balconi M, Grippa E, Vanutelli ME. Resting lateralized activity predicts the cortical response and appraisal of emotions: an fNIRS study. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2015;10(12):1607–1614. doi:10.1093/scan/nsv041
14. Kim SH, Cornwell B, Kim SE. Individual differences in emotion regulation and hemispheric metabolic asymmetry. *Biol Psychol*. 2012;89(2):382–386. doi: 10.1016/j.biopsycho.2011.11.013
15. Attar ET, Balasubramanian V, Subasi E, Kaya M. Stress analysis based on simultaneous heart rate variability and EEG monitoring. *IEEE J Transl Eng Health Med*. 2021;9:2700607. doi: 10.1109/JTEHM.2021.3106803
16. Berretz G, Packheiser J, Wolf OT, Ocklenburg S. Acute stress increases left hemispheric activity measured via changes in frontal alpha asymmetries. *iScience*. 2022;25(2):103841. doi: 10.1016/j.isci.2022.103841
17. Ehrhardt NM, Fietz J, Kopf-Beck J, et al. Separating EEG correlates of stress: cognitive effort, time pressure, and social-evaluative threat. *Eur J Neurosci*. 2022;55(9-10):2464–2473. doi: 10.1111/ejn.15211
18. Gainotti G. A historical review of investigations on laterality of emotions in the human brain. *J Hist Neurosci*. 2019;28(1):23–41. doi: 10.1080/0964704X.2018.1524683
19. Ross ED. Differential hemispheric lateralization of emotions and related display behaviors: Emotion-Type Hypothesis. *Brain Sci*. 2021;11(8):1034. doi: 10.3390/brainsci11081034
20. Vancheri F, Longo G, Vancheri E, Henein MY. Mental stress and cardiovascular health — part I. *J Clin Med*. 2022;11(12):3353. doi: 10.3390/jcm11123353
21. Henein MY, Vancheri S, Longo G, Vancheri F. The impact of mental stress on cardiovascular health — part II. *J Clin Med*. 2022;11(15):4405. doi: 10.3390/jcm11154405
22. Tarasova IV, Trubnikova OA, Kukhareva IN, et al. The influence of preoperative cognitive impairment on the changes in the brain's electrical activity in patients 1 year after coronary artery bypass grafting. *Creative Cardiology*. 2018;12(4):304–315. (In Russ). doi: 10.24022/1997-3187-2018-12-4-304-315
23. Tarasova IV, Trubnikova OA, Barbarash OL. EEG and clinical factors associated with mild cognitive impairment in coronary artery disease patients. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2019;46(5-6): 275–284. doi: 10.1159/000493787
24. Knyazev GG, Mitrofanova LG, Razumnikova OM, Barchard K. Adaptation of the Russian version of the Emotional Intelligence Questionnaire by K. Barchard. *Psikhologicheskii zhurnal*. 2012;33(4):112–112. (In Russ).
25. Checa P, Fernández-Berrocal P. Cognitive control and emotional intelligence: effect of the emotional content of the task. Brief reports. *Front Psychol*. 2019;10:195. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00195
26. Cavanagh JF, Frank MJ. Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends Cogn Sci*. 2014;18(8):414–421. doi: 10.1016/j.tics.2014.04.012
27. Misselhorn J, Friese U, Engel AK. Frontal and parietal alpha oscillations reflect attentional modulation of cross-modal matching. *Sci Rep*. 2019;9(1):5030. doi: 10.1038/s41598-019-41636-w
28. So WKY, Wong SWH, Mak JN, Chan RHM. An evaluation of mental workload with frontal EEG. *PLoS One*. 2017;12(4):e0174949. doi: 10.1371/journal.pone.0174949
29. Friedman NP, Robbins TW. The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*. 2022;47(1):72–89. doi: 10.1038/s41386-021-01132-0
30. Kret ME, De Gelder B. A review on sex differences in processing emotional signals. *Neuropsychologia*. 2012;50(7):1211–1221. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.022
31. Li W, Yang P, Ngetich RK, et al. Differential involvement of frontoparietal network and insula cortex in emotion regulation. *Neuropsychologia*. 2021;161:107991. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2021.107991
32. Perchtold CM, Papousek I, Fink A, et al. Gender differences in generating cognitive reappraisals for threatening situations: reappraisal capacity shields against depressive

- symptoms in men, but not women. *Front Psychol.* 2019;10:553. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00553
33. Schimmelpfennig J, Topczewski J, Zajkowski W, Jankowiak-Siuda K. The role of the salience network in cognitive and affective deficits. *Front Hum Neurosci.* 2023;17:1133367. doi: 10.3389/fnhum.2023.1133367
34. Nayak S, Tsai AC. Fronto-parietal regions predict transient emotional states in emotion modulated response inhibition via low frequency and beta oscillations. *Symmetry.* 2022;14(6):1244. doi: 10.3390/sym14061244
35. Palomero-Gallagher N, Amunts K. A short review on emotion processing: a lateralized network of neuronal networks. *Brain Struct Funct.* 2022;227(2):673–684. doi: 10.1007/s00429-021-02331-7
36. Bourne VJ. Lateralised processing of positive facial emotion: sex differences in strength of hemispheric dominance. *Neuropsychologia.* 2005;43(6):953–956. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.08.007
37. Castro-Schilo L, Kee DW. Gender differences in the relationship between emotional intelligence and right hemisphere lateralization for facial processing. *Brain Cogn.* 2010;73(1):62–67. doi: 10.1016/j.bandc.2010.03.003
38. Hirnstein M, Hugdahl K, Hausmann M. Cognitive sex differences and hemispheric asymmetry: a critical review of 40 years of research. *Laterality.* 2019;24(2):204–252. doi: 10.1080/1357650X.2018.1497044

#### ОБ АВТОРАХ AUTHORS' INFO

* Автор, ответственный за переписку Corresponding author	
* <b>Разумникова Ольга Михайловна</b> , д.б.н., доцент; адрес: Россия, 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, д. 20; <a href="https://orcid.org/0000-0002-7831-9404">0000-0002-7831-9404</a> ; eLibrary SPIN: <a href="https://elibrary.ru/6016-6988">6016-6988</a> ; e-mail: <a href="mailto:razoum@mail.ru">razoum@mail.ru</a>	* <b>Olga M. Razumnikova</b> , Dr. Sci. (Biol.), Associate Professor; address: 20 K. Marxa avenue, 630073 Novosibirsk, Russian Federation; ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-7831-9404">0000-0002-7831-9404</a> ; eLibrary SPIN: <a href="https://elibrary.ru/6016-6988">6016-6988</a> ; e-mail: <a href="mailto:razoum@mail.ru">razoum@mail.ru</a>
<b>Тарасова Ирина Валерьевна</b> , д.м.н.; ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-6391-0170">0000-0002-6391-0170</a> ; eLibrary SPIN: <a href="https://elibrary.ru/7043-1340">7043-1340</a> ; e-mail: <a href="mailto:iriz78@mail.ru">iriz78@mail.ru</a>	<b>Irina V. Tarasova</b> , MD, Dr. Sci. (Med.); ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-6391-0170">0000-0002-6391-0170</a> ; eLibrary SPIN: <a href="https://elibrary.ru/7043-1340">7043-1340</a> ; e-mail: <a href="mailto:iriz78@mail.ru">iriz78@mail.ru</a>
<b>Трубникова Ольга Александровна</b> , д.м.н.; ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-8260-8033">0000-0001-8260-8033</a> ; eLibrary SPIN: <a href="https://elibrary.ru/9174-6197">9174-6197</a> ; e-mail: <a href="mailto:olgalet17@mail.ru">olgalet17@mail.ru</a>	<b>Olga A. Trubnikova</b> , MD, Dr. Sci. (Med.); ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-8260-8033">0000-0001-8260-8033</a> ; eLibrary SPIN: <a href="https://elibrary.ru/9174-6197">9174-6197</a> ; e-mail: <a href="mailto:olgalet17@mail.ru">olgalet17@mail.ru</a>

## ТАБЛИЦЫ

**Таблица 1. Основные клинические показатели пациентов с ишемической болезнью сердца**

**Table 1. Main clinical indicators of patients with coronary heart disease**

Показатель	Значение
Фракция выброса левого желудочка, %, Ме [25; 75]	65 [54; 67]
Длительность ишемической болезни сердца, лет, Ме [25; 75]	4 [3; 12]
Функциональный класс стенокардии, n (%):	
I-II	58 (77)
III	17 (23)
Артериальная гипертензия, лет, Ме [25; 75]	11 [4; 21]
Функциональный класс хронической сердечной недостаточности по NYHA, n (%):	
I-II	50 (67)
III	25 (33)
Стенозы сонных артерий <50%, n (%)	25 (33)
Сахарный диабет 2-го типа, n (%)	16 (21)
Монреальская шкала оценки мозговых дисфункций (MoCA), Ме [25; 75]	26 [22; 27]
Шкала оценки депрессии (BDI-II), Ме [25; 75]	2 [0; 4]

Примечание: Ме — медиана, n — количество пациентов, функциональный класс по NYHA — степень сердечной недостаточности согласно Нью-Йоркской ассоциации сердца.

Note. Me — median, n — number of patients, NYHA — the New York Heart Association.

**Таблица 2. Коэффициенты корреляции Спирмена между компонентом эмоционального интеллекта, отражающим использование эмоций в принятии решения, и регионарными показателями мощности альфа-ритма 1, 2 и тета-ритма 2 в группах мужчин и женщин**

**Table 2. Spearman's correlation coefficients between the emotional intelligence component, which reflects the use of emotions in decision-making, and regional indicators of the alpha 1, 2 and theta 2 rhythms power in groups of men and women**

Отведение	Альфа 2		Альфа 1		Тета 2	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины
FP1			0,27			
Fp2			0,32		0,30	
F3			0,31		0,26	
F4			0,33			
F5	0,28		0,31			
F6	0,27		0,33			
F7			0,29			
F8			0,35		0,29	
FT7	0,33		0,31			
FT8			0,35			
FC1	0,28		0,37		0,29	
FC2			0,36			
FC3	0,29		0,38		0,31	
FC4			0,35			
FC5	0,29		0,37		0,27	
FPz			0,30		0,29	
Fz			0,32			
FCz			0,36			
Cz			0,35	-0,48		-0,52
T7	0,30		0,29		0,29	
T8				-0,56		
C3	0,30		0,38		0,26	-0,53
C4			0,33			
C5	0,28		0,36		0,27	
C6			0,34	-0,50		
TP7	0,27		0,29	-0,55		
TP8				-0,57		
CP1			0,34			-0,57
CPz			0,30			-0,49
CP2			0,27	-0,49		-0,55

CP3	0,27	0,34		0,27	-0,56
CP4		0,28	-0,57		
CP5	0,31	0,32	-0,57		-0,63
CP6		0,27	-0,58	0,29	
P1		0,26	-0,55		-0,54
P2			-0,59		-0,71
P3		0,27	-0,60		-0,67
Pz			-0,53		-0,58
P5	0,27	0,27	-0,68	0,29	-0,69
P6			-0,57	0,26	-0,62
P7			-0,61		-0,65
P8			-0,59		-0,58
PO3			-0,59		-0,69
PO4			-0,60		-0,64
POz			-0,53		-0,59
PO5			-0,59		-0,76
PO6			-0,57		-0,64
PO7			-0,60		-0,74
PO8			-0,54		-0,66
O1			-0,60		-0,48
O2			-0,55		-0,58

Примечание:  $0,001 < p < 0,050$ .

РИСУНКИ

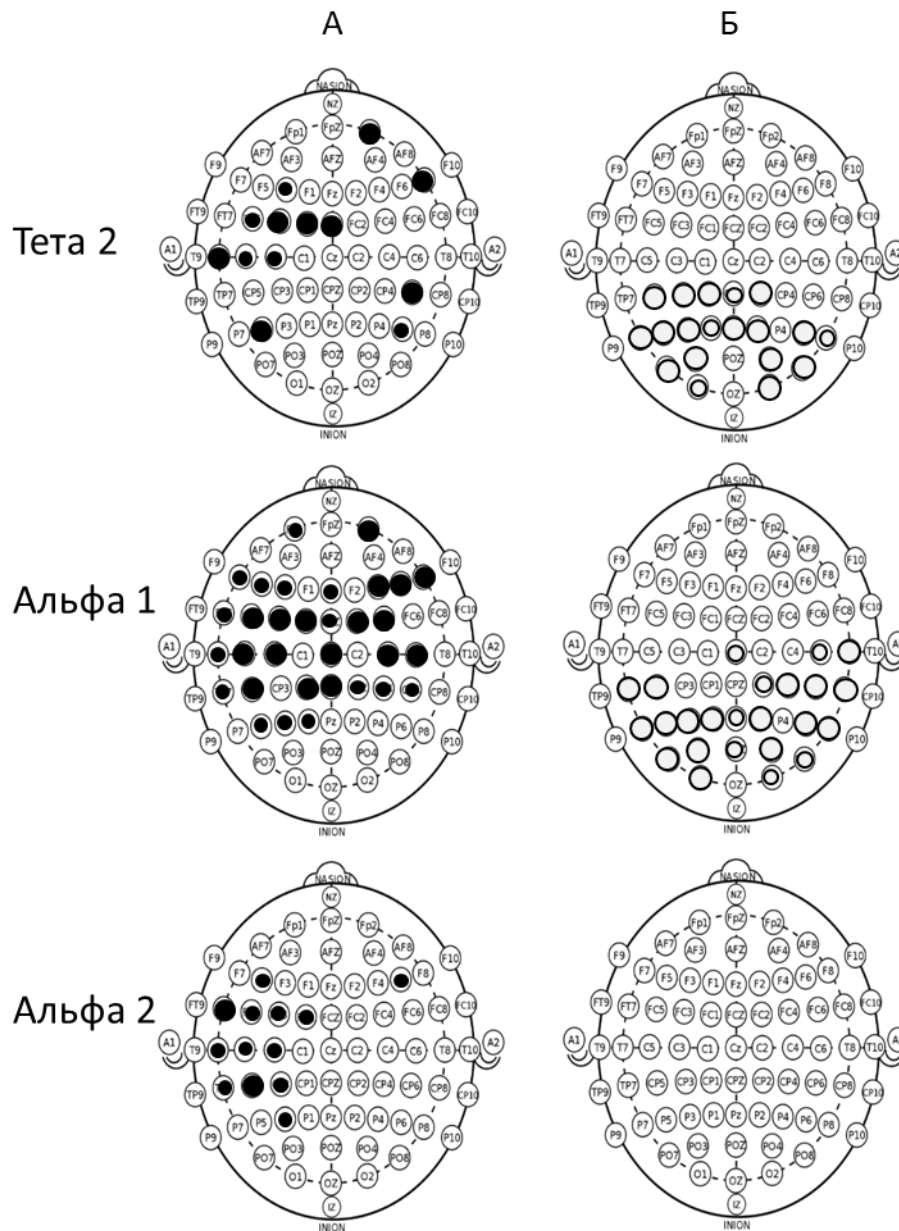


Рис. 1. Карты корреляций между компонентом эмоционального интеллекта, отражающим использование эмоций в принятии решения, и регионарными показателями мощности тета-ритма 2, альфа-ритма 1 и 2 в группах мужчин (а) и женщин (б) — пациентов кардиологической клиники. Чёрные кружки — положительные корреляции, светлые — отрицательные корреляции, размер кружков соответствует уровню  $0.001 < p < 0.05$  (см. табл. 2).

Fig. 1. Maps of correlations between the emotional intelligence component, which reflects the use of emotions in decision-making, and regional indicators of the theta 2, alpha 1 and 2 rhythms power in groups of men (a) and women (b) — patients of a cardiology clinic. Black circles — positive correlations, light — negative correlations, the size of the circles corresponds to the level of  $0.001 < p < 0.05$  (see Table 2).