ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ СЕТИ ВНИМАНИЯ И СПОНТАННОЙ ЭЭГ-АКТИВНОСТЬЮ У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

Ирина Валерьевна ТАРАСОВА¹, Нина Валерьевна ВОЛЬФ², Ольга Леонидовна БАРБАРАШ¹

¹ НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний 650002, г. Кемерово, Сосновый б-р, 6

² НИИ физиологии и фундаментальной медицины 630117, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 4

Когнитивный дефицит у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) может быть связан с недостаточностью мозгового кровоснабжения и снижением функциональной активности коры головного мозга, что ассоциировано с увеличением медленноволновых ритмов. В то же время процессы внимания тесно связаны с ритмической активностью биопотенциалов тета-диапазона. Нами изучены взаимосвязи между топографией фоновой тета-активности (4–6 Гц) и показателями внимания у пациентов с ИБС. Материал и методы. Мы оценили параметры бдительности, пространственной ориентации и исполнительного контроля при помощи теста нейросетей внимания (ANT) у 41 пациента с ИБС, у которых также регистрировали электроэнцефалограмму (ЭЭГ) покоя с закрытыми и открытыми глазами в 62 отведениях системы 10-20. Спектральная мощность ЭЭГ была рассчитана в диапазоне 0,1–50 Гц. Результаты и их обсуждение. Методом множественной регрессии установлены положительные ассоциации показателя бдительности с мощностью тета-ритма при закрытых глазах в правых центральной и височной областях коры, а отрицательные - с мощностью биопотенциалов в правой лобной и левой затылочной. Ориентационное внимание было положительно связано с реактивностью мощности тета-ритма в левых височно-теменных и правой центральной областях коры; отрицательная связь была установлена для правой затылочной области. Исполнительный контроль отрицательно коррелировал с реактивностью тета-мощности в правой лобной и левой теменной областях коры, положительно – с реактивностью тета-мощности в правой центральной области. Продемонстрировано, что у пациентов с ИБС нарушения с реактивностью тета-мощности внимания связаны с изменениями тета-активности, преимущественно в правом полушарии. Изучение параметров ЭЭГ покоя может быть полезным для прогнозирования нарушений внимания у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Ключевые слова: ЭЭГ, тета-ритм, тест нейросетей внимания, нарушения внимания, ИБС.

Известно, что у пациентов с тяжелыми формами сердечно-сосудистых заболеваний, в частности ишемической болезнью сердца (ИБС), могут наблюдаться когнитивные расстройства. По данным различных авторов, наибольшую распространенность среди сосудистых когнитивных расстройств имеют нарушения внимания и исполнительных функций [14, 28]. Развитие когнитивного дефицита у пациентов с ИБС связано с недостаточностью кровоснабжения мозга, одной из причин которого является снижение сердечного выброса, и формированием хронической ишемии [22, 27]. Ишемическое повреждение подкорковых соединительных путей, связывающих стратегические области головного мозга, приводит к разобщению фронтальных кортикальных структур, ответственных за функции исполнительного контроля и процессы внимания, с другими мозговыми отделами [8, 23]. Это может проявляться в перестройке частотно-пространственной организации электрической активности коры и увеличении вклада медленных компонентов ритмической активности коры (дельта и тета) в формирование электроэнцефалограммы (ЭЭГ) покоя [4, 6]. В то же время осуществление процессов внимания тесно связано с ЭЭГ-активностью на частоте тета-ритма [17, 31]. Важно отметить, что не только ЭЭГ-изменения в ходе выполнения когнитивного задания, но и фоновая активность могут быть использованы для прогнозирования эффективности последующей деятельности [21]. В работе Hermens et al. [20] установлено, что увеличение

Тарасова И.В. — д.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории ультразвуковых и электрофизиологических исследований отдела диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, e-mail: iriz78@mail.ru **Вольф Н.В.** — д.б.н., проф., зав. лабораторией физиологии когнитивной деятельности, e-mail: volf@physiol.ru **Барбараш О.Л.** — чл.-корр. PAH, д.м.н., проф., директор, e-mail: olb61@mail.ru мощности тета-ритма ЭЭГ-покоя в правых лобно-центральных регионах коры ассоциировано с большим количеством ошибок, а в задних регионах — с возрастанием времени решения задач на внимание. С другой стороны, увеличение тета-активности при решении разноплановых задач рассматривается как маркер повышения когнитивной нагрузки [10, 12]. Кроме того, высказывается предположение, что в пожилом возрасте и при утомлении увеличение медленных волн может быть связано с компенсаторными перестройками мозговой активности [2, 34].

В последние годы активно разрабатывается представление о существовании трех модулей сети внимания, обеспеченных анатомически взаимосвязанными структурами мозга [7, 15, 16, 30]. Эти нейронные сети выполняют функции бдительности при обработке сенсорных сигналов, пространственной ориентации и разрешения конфликтов при наличии конкурирующей информации (исполнительный контроль). Для диагностики их функций разработан Attention Network Test (ANT), или тест нейросетей внимания, который продемонстрировал независимую оценку этих трех сетей в поведенческом исследовании [16] и то, что они связаны с различными анатомическими областями по данным функционального магнитно-резонансного исследования [15].

Предыдущие поведенческие и электрофизиологические исследования, проведенные для групп здоровых испытуемых молодого и пожилого возраста, дали неоднозначные результаты в отношении возрастных различий в трех сетях внимания [18, 29]. Установлено, что пожилые люди проявляли сниженную бдительность, но не отличались от молодых лиц в ориентировании или разрешении конфликта. Электрофизиологические компоненты, связанные с бдительностью и ориентацией, были одинаковыми у разных возрастных групп, тогда как компоненты, связанные с исполнительным контролем, выявили возрастные различия [35]. Однако сведений об изменениях мозговой активности, связанных с выполнением ANT, у пациентов пожилого возраста, к тому же имеющих тяжелое сердечно-сосудистое заболевание, недостаточно. Таким образом, целью исследования стало изучение связи топографических характеристик мощности биопотенциалов фоновой тета-активности с показателями сети внимания у пациентов с ИБС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пациенты. Участники исследования были выбраны из всех пациентов, госпитализированных в кардиологическое отделение НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний

(г. Кемерово), и дали письменное информированное согласие на участие в нем. Дизайн исследования был одобрен комитетом по этике Института и соответствовал принципам Хельсинкской декларации. Критерии для включения пациентов в исследование: возраст от 45 до 69 лет, мужской пол и праворукость. Исключались пациенты старше 70 лет, имеющие опасные для жизни нарушения ритма, хроническую сердечную недостаточность (XCH) II и III стадии по классификации Василенко – Стражеско, с тяжелыми сопутствующими заболеваниями (хроническая обструктивная болезнь легких, печеночная недостаточность, онкопатология), алкогольную зависимость и употребляющие психоактивные вещества, заболевания центральной нервной системы, эпизоды нарушений мозгового кровообращения, стенозы экстракраниальных артерий более 50 %, деменцию и депрессию.

Были включены пациенты (n = 41) с тяжелой формой ИБС, требующей хирургической коррекции, у которых по данным неврологического обследования и компьютерной томографии не выявлено каких-либо органических изменений головного мозга. Все пациенты получали терапию согласно принципам лечения пациентов с ИБС, ХСН и гипертонией в соответствии с Национальными рекомендациями (2013, 2014). Используя цветное дуплексное сканирование на устройстве экспертного класса, оценивали состояние экстракраниальных артерий и определяли степень стеноза с помощью классификации NASCET и ECST. Клинико-анамнестические характеристики исследованной группы представлены в табл. 1.

Таблица 1 Клинико-анамнестические характеристики пациентов с ИБС

Показатель	Пациенты (n = 41)
Возраст, лет	$56,2 \pm 5,76$
Наличие артериальной гипертензии, %	89
Функциональный класс ХСН, %	
II	83
III	17
Фракция выброса левого желудочка, %	$55,8 \pm 7,4$
Стенозы экстракраниальных артерий, %	32
Сахарный диабет, %	21
Поражение коронарного русла по шкале SYNTAX, баллы	$24,6 \pm 9,85$
Шкала КШОПС, баллы	$26,8 \pm 1,82$
Шкала БТЛД, баллы	$16,4 \pm 1,7$
Шкала Бека, баллы	$2,5 \pm 1,1$
Личностная тревожность, баллы	$41,6 \pm 6,32$
Ситуативная тревожность, баллы	$23,2 \pm 3,76$

Нейропсихологическое тестирование. При включении пациентов в исследование проводилось скрининговое нейропсихологическое тестирование, которое включало предварительную оценку когнитивного статуса с помощью Краткой шкалы оценки психического статуса (КШОПС) и батареи тестов для оценки лобной дисфункции (БТЛД). Личностную и ситуативную тревожность оценивали с помощью опросника Спилбергера — Ханина, наличие депрессии — с использованием шкалы Бека (ВDI-II).

Процедура проведения АNТ. При выполнении данного теста от испытуемых требовали определить направление центральной стрелки, которая могла предъявляться с разными фланговыми стимулами. Фланговые стимулы считались нейтральными, конгруэнтными и неконгруэнтными. если в качестве таковых предъявлялись соответственно отрезки и стрелки, совпадающие и не совпадающие по направлению с центральной. Кроме того, в тесте предъявлялись разные варианты предупреждающих стимулов (рисунок). Эффективность каждой из систем внимания определяли по тому, как изменяется время реакции в зависимости от характера предупреждающих и фланговых стимулов. Так, показатель системы бдительности вычислялся как разница между временем реакции (ВР) при предъявлении двойного предупреждающего сигнала (ПС) и ВР в отсутствие ПС, показатель ориентации – как разница между ВР на пространственный и центральный ПС, исполнительный контроль – как разница между ВР на неконгруэнтные и конгруэнтные сигналы.

ЭЭГ-исследование. Все нейропсихологические и ЭЭГ-исследования проводили в шумоизолированном, хорошо проветриваемом и освещенном помещении в первой половине дня. Монополярную регистрацию ЭЭГ (62 канала, полоса пропускания 0,1–50,0 Гц) выполняли в состоянии покоя с закрытыми и открытыми глазами

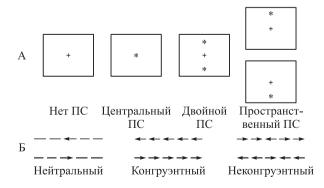


Рис. Примеры предъявляемых стимулов в тесте произвольного внимания ANT. A – предупреждающие сигналы (ПС); E – фланговые стимулы

с использованием усилителя Neuvo SynAmps2 («Compumedics», США) и модифицированной 64-канальной шапочки («QuikCap»; «Neurosoft», США) в соответствии с международной системой 10-20. Референтный электрод помещали на носу, заземляющий электрод - в центре лба. Сопротивление электродов не превышало 5 кОм. Общее время записи составляло 10 мин (по 5 мин с открытыми и закрытыми глазами). Данные были проанализированы в автономном режиме с визуальным поиском и удалением артефактов записи (движений глаз, электромиограммы и кардиограммы). Безартефактные фрагменты ЭЭГ были разделены на 30 эпох продолжительностью 2 с и подвергнуты преобразованию Фурье. Для каждого пациента значения мощности ЭЭГ во всех зарегистрированных отведениях были рассчитаны в пределах диапазона от 4 до 50 Гц, однако в настоящей работе в соответствии с ее задачами был проведен анализ показателей мощности биопотенциалов только тета1-диапазона (4-6 Гц). Было проведено логарифмирование показателей для нормализации их распределения. Данные ЭЭГ, зарегистрированные в 52 корковых отведениях, усредняли с формированием пяти симметричных кластеров в каждом полушарии, таких как лобный (получен путем усреднения данных для отведений Fp1/2, AF3/4, F1/2, Fp3/4, Fp5/6, F7/8), центральный (FC1/2, FC3/4, FC5/6, С1/2, С3/4, С5/6), височный (FT7/8, Т7/8, ТР7/8), теменной (СР1/2, СР3/СР5/6, Р1/2, Р3/4, Р5/6, Р7/8) и затылочный (РО3/4, РО5/6, РО7/8, О1/2); отведения средней линии (Fpz, Fz и т.д.) были исключены. Кластеризация соседних отведений проводилась с целью увеличения статистической значимости.

Статистическая обработка. Для выяснения особенностей связи показателей мощности фоновой тета-активности и характеристик сети внимания у пациентов с ИБС использовали метод линейной множественной регрессии: в трех независимых статистических моделях показатели бдительности, ориентации и исполнительного контроля рассматривали как зависимую переменную, показатели ЭЭГ – как независимые. Использовали пошаговую процедуру: в уравнения линейной регрессии для трех показателей внимания последовательно вводили показатели мощности биопотенциалов тета-ритма (4-6 Гц) при закрытых и открытых глазах, полученные путем кластеризации для пяти вышеуказанных корковых областей левого и правого полушария, а также реактивность мощности ритма, рассчитанную как разность между показателями закрытых и открытых глаз.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В регрессионной модели, где в качестве зависимой переменной выступал показатель бдительности, выявлены положительные ассоциации с мощностью биопотенциалов тета-ритма в правых центральной и височной областях коры, тогда как с мощностью биопотенциалов ритма в правой лобной и левой затылочной областях коры получены отрицательные взаимосвязи (табл. 2). Более высоким значениям этого показателя соответствуют увеличение мощности тета1-ритма в правых центральной и височной областях коры и уменьшение в правой лобной и левой затылочной областях коры. Эти переменные объясняют 16 % вариабельности показателя бдительности (R² в табл. 2).

В регрессионной модели, где в качестве зависимой переменной выступал показатель ориентации, установлены его положительные взаимосвязи с реактивностью мощности тета1-ритма в левой височной и правой центральной областях коры. Отрицательная связь была установлена с правой затылочной областью (см. табл. 2). Эти предикторы объясняют 21 % дисперсии показателя ориентации, при этом большей реактивности ритма (т.е. степени снижения мощности биопотенциалов ритма при открывании глаз по отношению к состоянию закрытых глаз) в левой височной и правой центральной областях соответствует лучшая эффективность ориентации.

В третьей регрессионной модели, где зависимой переменной был показатель исполнительного контроля, большая эффективность разрешения

конфликтной тестовой ситуации (меньшее время разрешения конфликта) была связана с увеличением реактивности мощности тета1-ритма в правой лобной и левой теменной областях коры и уменьшением — в правой центральной области (см. табл. 2). Этими предикторами объясняется 17 % дисперсии показателя исполнительного контроля.

Таким образом, можно заключить, что лучшие показатели исполнительных функций ассоциированы с большей степенью подавления тета1-ритма в правой лобной области, а высокие показатели систем бдительности и ориентации внимания соответствуют большим значениям мощности биопотенциалов и реактивности ритма в центральных и височных отделах коры обоих полущарий. В то время как нарушения в работе модулей ориентации и бдительности, составляющих сеть внимания, ассоциированы с увеличением мощности биопотенциалов ритма в затылочных областях обоих полушарий, а исполнительных функций — увеличением степени подавления тета1-ритма в правой центральной области.

ОБСУЖДЕНИЕ

Дефицит исполнительных функций и внимания часто выявляется при нейродегенеративных заболеваниях, в частности, при болезни Альцгеймера [8, 13]. Однако патофизиологические изменения при расстройствах внимания у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями изучены недостаточно. Атеросклероз как системное заболевание чаще всего не ограничен коронарными

 Таблица 2

 Итоги регрессии для зависимых переменных Бдительность, Ориентация и Исполнительный контроль

Предиктор (реактивность мощности биопотенциалов тета1-ритма при закрытых глазах)	Бета	t	p
Бдительность ($F_{(4.36)} = 2,92$, скорректированный $R^2 = 0,16$, $p < 0,03$)			
В правой центральной области	1,538	2,616	0,013
В правой лобной области	-1,384	-2,576	0,014
В левой затылочной области	-0,618	-2,339	0,025
В правой височной области	0,490	1,163	0,252
Ориентация ($F_{(3.37)} = 4,53$, скорректированный $R^2 = 0,21$, $p < 0,008$)			
В левой височной области	0,432	2,26	0,029
В правой затылочной области	-0,627	-3,10	0,004
В правой центральной области	0,313	1,42	0,165
Исполнительный контроль ($F_{(3.37)} = 3.75$, скорректированный $R^2 = 0.17$, $p < 0.019$)			
В правой центральной области	1,399	3,34	0,002
В правой лобной области	-0,969	-2,63	0,012
В левой теменной области	-0,423	-1,80	0,08

артериями, а распространяется по многим сосудистым бассейнам, т.е. тяжелое поражение коронарного бассейна может являться косвенным показателем атеросклероза мозговых артерий [1, 33]. Как показано современными исследованиями, нарушение мозгового кровоснабжения у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями может служить причиной дефицита внимания и памяти [13, 30].

В настоящем исследовании установлено, что лучшие показатели исполнительного контроля ассоциированы с более выраженным снижением мощности биопотенциалов тета1-ритма в правой лобной области при переходе от состояния закрытых глаз к открытым, высокие показатели системы бдительности соответствуют большим значениям мощности биопотенциалов в правой центральной области и височной области при закрытых глазах, а система ориентации внимания связана с реактивностью в левой височной и правой центральной областях. С другой стороны, у пациентов с ИБС увеличение мощности биопотенциалов тета1-ритма в правой лобной и левой затылочной областях при закрытых глазах ассоциировано с нарушениями в работе модуля бдительности, а увеличение его реактивности в правой затылочной области - с нарушениями в работе модуля ориентации.

Согласно результатам ранее проведенных исследований, теменно-височные отделы правого полушария вовлекаются в реализацию операций переключения пространственного фокуса внимания, тогда как преимущественно правые лобные и теменные отделы активируются при поддержании состояния бдительности [3, 25]. Процессы исполнительного контроля связываются с активацией префронтальной коры по данным функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) [9, 24, 30]. Регистрация электрической активности коры мозга позволила установить, что уменьшение тета-десинхронизации при переходе от покоя к умственной деятельности наблюдается на ранних стадиях когнитивных расстройств [11]. С другой стороны, повышенная активация префронтальной и височно-теменной коры отмечена у практически здоровых пожилых лиц при успешном выполнении поставленной задачи, что связывают с компенсаторными процессами [19], а снижение мощности фонового тета-ритма может наблюдаться у пожилых людей с сохранными когнитивными функциями при так называемом «успешном» ментальном старении [32]. Таким образом, обнаруженное нами уменьшение мощности биопотенциалов фонового тета1-ритма, ассоциированное с лучшими показателями сетей внимания, можно рассматривать как преднастройку мозговой активности для выполнения умственной задачи.

Результаты нашего исследования также частично согласуются с работой van Dam et al. [30], в которой показано, что лица без выраженной сердечно-сосудистой патологии, имеющие когнитивное расстройство, демонстрируют худшие показатели системы разрешения конфликта, сопровождающиеся меньшей активацией префронтальной коры по данным фМРТ, чем ментально здоровые люди. В то же время пациенты с ИБС, принявшие участие в данной работе, имели как тяжелую форму поражения коронарных сосудов, требующую хирургической реваскуляризации миокарда, так и различную степень нарушения когнитивных функций (показатель шкалы КШОПС в среднем равнялся 27 баллам при норме от 28 до 30 баллов). При этом для фоновой электрической активности головного мозга у этих пациентов было характерно увеличение мощности биопотенциалов тета1-ритма в затылочных областях обоих полушарий, ассоциированное с худшими показателями бдительности и ориентации. В проведенной ранее работе мы обнаружили, что более высокие показатели мощности биопотенциалов тета1-ритма в задних регионах коры наблюдаются у пациентов с ИБС, имеющих признаки умеренного когнитивного расстройства [5]. Отмечается также, что при хронической ишемии головного мозга, которая в большинстве случаев сопровождает ИБС, прежде всего повреждаются так называемые зоны «водораздела», т.е. теменно-затылочные отделы коры [26]. Установлено, что ухудшение мозгового кровотока может способствовать срыву компенсаторных процессов и развитию когнитивных нарушений [13]. Таким образом, обнаруженные нами ассоциации между увеличением мощности тета1-ритма в затылочных отделах коры и худшими показателями бдительности и ориентации могут отражать дисфункцию этих регионов мозга вследствие церебральной гипоперфузии у пациентов с ИБС.

Интересными представляются выявленные нами ассоциации высоких показателей бдительности и ориентации с повышением мощности биопотенциалов и реактивности тета1-ритма в центральных отделах коры. Известно, что увеличение фронтоцентральной тета-активности может быть связано с ухудшением производительности, вызванным усталостью или увеличением требований к выполнению когнитивной задачи [10]. Однако в нашем исследовании у более когнитивно успешных пациентов наблюдалось воз-

растание не только фоновой тета-активности, но и ее реактивности, т.е. подвижности осцилляторных процессов ЭЭГ-покоя, что скорее может отражать больший диапазон адаптивных возможностей.

Учитывая приведенные выше данные, необходимо отметить, что нарушения внимания, затрудняя повседневную деятельность пациентов с ИБС, снижая их способность к обучению новым навыкам, оказывают существенное влияние на качество жизни, приверженность к лечению и ухудшают отдаленный прогноз этой категории пациентов. Необходим поиск диагностических подходов, позволяющих выявить начальные признаки нарушений внимания. Полученные в нашей работе результаты позволяют предполагать, что перспективным и многообещающим методом может быть анализ реактивности фоновой ЭЭГактивности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что предикторами эффективности систем внимания являются показатели фоновой мощности и реактивности тета1-ритма преимущественно правого полушария. Для бдительности положительными предикторами служат высокие значения мощности биопотенциалов ритма в центральных и височных отделах правого полушария при закрытых глазах, отрицательными – высокая интенсивность биопотенциалов ритма в правой лобной и левой затылочной областях. Для исполнительного контроля и ориентационного внимания предикторами являются показатели реактивности ритма при открывании глаз: для исполнительного контроля положительные предикторы - высокие показатели реактивности ритма в лобных отделах правого полушария и теменных отделах левого, отрицательные - повышение реактивности в правой центральной области. Для показателей ориентационного внимания положительным предиктором были высокие значения реактивности мощности биопотенциалов тета1-ритма в правой затылочной области. Выявленные эффекты могут свидетельствовать о том, что нарушения внимания у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями могут быть связаны с определенными перестройками ЭЭГ-покоя, что может быть важным для ранней диагностики и профилактики этих нарушений.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Конфликт интересов не заявляется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Барбараш О.Л., Зыков М.В., Кашталап В.В., Барбараш Л.С. Распространенность и клиническая значимость мультифокального атеросклероза у пациентов с ишемической болезнью сердца // Кардиология. 2011. 51. (8). 66–71.
- 2. Белоусова Л.В., Разумникова О.М., Вольф Н.В. Возрастные особенности связи интеллекта и характеристик ЭЭГ // Журн. высш. нерв. деятельности. 2015. 65. (6). 699–705.
- 3. *Воронин Н.А.* Современные представления о системах внимания // Соврем. зарубеж. психология. 2016. 5. (4). 67–76.
- 4. Пономарева Н.В., Клюшников С.А., Абрамычева Н.Ю., Малина Д.Д., Щеглова Н.С., Филиппова Ю.В., Фокин В.Ф., Иванова-Смоленская И.А., Тимербаева С.Л. Нейрофизиологические маркеры преклинической стадии болезни Гентингтона и их значение для диагностики и прогноза развития заболевания // Нерв. болезни. 2016. (2). 2–9.
- 5. Тарасова И.В., Вольф Н.В., Сырова И.Д., Барбараш О.Л., Барбараш Л.С. Умеренные когнитивные расстройства у пациентов с ишемической болезнью сердца: клинико-демографические и ЭЭГ-корреляты // Журн. неврологии и психиатрии. 2014. 114. (12). 89–93.
- 6. Челяпина М.В., Шарова Е.В., Зайцев О.С. Синдром холинергической недостаточности при длительном угнетении сознания после тяжелой черепно-мозговой травмы // Журн. неврологии и психиатрии. 2016. 116. (7). 17–24.
- 7. Adólfsdóttir S., Sørensen L., Lundervold A.J. The attention network test: a characteristic pattern of deficits in children with ADHD // Behav. Brain. Funct. 2008. 4. 9. https://doi.org/10.1186/1744-9081-4-9
- 8. Babiloni C., Del Percio C., Boccardi M., Lizio R., Lopez S., Carducci F., Marzano N., Soricelli A., Ferri R., Triggiani A.I., Prestia A., Salinari S., Rasser P.E., Basar E., Famà F., Nobili F., Yener G., Emek-Savaş D.D., Gesualdo L., Mundi C., Thompson P.M., Rossini P.M., Frisoni G.B. Occipital sources of resting-state alpha rhythms are related to local gray matter density in subjects with amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease // Neurobiol. Aging. 2015. 36. (2). 556–570.
- 9. Beurskens R., Helmich I., Rein R., Bock O. Age-related changes in prefrontal activity during walking in dual-task situations: a fNIRS study // Int. J. Psychophysiol. 2014. 92. (3). 122–128.
- 10. Borghini G., Astolfi L., Vecchiato G., Mattia D., Babiloni F. Measuring neurophysiological signals in aircraft pilots and car drivers for the assessment of mental workload, fatigue and drowsiness // Neurosci. Biobehav. Rev. 2014. 44. 58–75.
- 11. Caravaglios G., Muscoso E.G., Di Maria G., Costanzo E. Theta responses are abnormal in mild cognitive impairment: evidence from analysis of

- theta event-related synchronization during a temporal expectancy task // J. Neural. Transm. (Vienna). 2013. 120. (7). 1093–1107.
- 12. Cross-Villasana F., Gröpel P., Ehrlenspiel F., Beckmann J. Central theta amplitude as a negative correlate of performance proficiency in a dynamic visuospatial task // Biol. Psychol. 2018. 132. 37–44.
- 13. *De la Torre J.C.* Cerebral hemodynamics and vascular risk factors: setting the stage for Alzheimer's disease // J. Alzheimers Dis. 2012. 32. (3). 553–567.
- 14. D'Onofrio G., Panza F., Sancarlo D., Addante F., Solfrizzi V., Cantarini C., Mangiacotti A., Lauriola M., Cascavilla L., Paris F., Lozupone M., Daniele A., Greco A., Seripa D. Executive dysfunction detected with the frontal assessment battery in Alzheimer's disease versus vascular dementia // J. Alzheimers Dis. 2018. 62. (2). 699–711.
- 15. Fan J., McCandliss B.D., Fossella J., Flombaum J.I., Posner M.I. The activation of attentional networks // Neuroimage. 2005. 26. (2). 471–479.
- 16. Fan J., McCandliss B.D., Sommer T., Raz A., Posner M.I. Testing the efficiency and independence of attentional networks // J. Cogn. Neurosci. 2002. 14. (3). 340–347.
- 17. *Fries P.* Rhythms for cognition: communication through coherence // Neuron. 2015. 88. (1). 220–235.
- 18. *Gamboz N.*, *Zamarian S.*, *Cavallero C.* Agerelated differences in the attention network test (ANT) // Exp. Aging Res. 2010. 36. (3). 287–305.
- 19. Grady C.L., Protzner A.B., Kovacevic N., Strother S.C., Afshin-Pour B., Wojtowicz M., Anderson J.A., Churchill N., McIntosh A.R. A multivariate analysis of age-related differences in default mode and task-positive networks across multiple cognitive domains // Cereb. Cortex. 2010. 20. (6). 1432–1447.
- 20. Hermens D.F., Soei E.X., Clarke S.D., Kohn M.R., Gordon E., Williams L.M. Resting EEG theta activity predicts cognitive performance in attention-deficit hyperactivity disorder // Pediatr. Neurol. 2005. 32. (4). 248–256.
- 21. *Karamacoska D., Barry R.J., Steiner G.Z.* Resting state intrinsic EEG impacts on go stimulus-response processes // Psychophysiology. 2017. 54. (6). 894–903.
- 22. *Leto L., Feola M.* Cognitive impairment in heart failure patients // J. Geriatr. Cardiol. 2014. 11. (4). 316–328.
- 23. Moretti D.V., Zanetti O., Binetti G., Frisoni G.B. Quantitative EEG markers in mild cognitive impairment: degenerative versus vascular brain impairment // Int. J. Alzheimers Dis. 2012. 2012. 917537.

- 24. Ohsugi H., Ohgi S., Shigemori K., Schneider E.B. Differences in dual-task performance and prefrontal cortex activation between younger and older adults // BMC Neurosci. 2013. 14. 10.
- 25. Posner M.I., Rothbart M.K. Temperament and brain networks of attention // Philos Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 2018, 373, (1744), 20170254.
- 26. Radanovic M., Pereira F.R., Stella F., Aprahamian I., Ferreira L.K., Forlenza O.V., Busatto G.F. White matter abnormalities associated with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment: a critical review of MRI studies // Expert Rev. Neurother. 2013. 13. (5). 483–493.
- 27. Serber S.L., Rinsky B., Kumar R., Macey P.M., Fonarow G.C., Harper R.M. Cerebral blood flow velocity and vasomotor reactivity during autonomic challenges in heart failure // Nurs. Res. 2014. 63. (3). 194–202.
- 28. Tang Y., Zhu Z., Liu Q., Li F., Yang J., Li F., Xing Y., Jia J. The efficacy of cognitive training in patients with vascular cognitive impairment, no dementia (the Cog-VACCINE study). study protocol for a randomized controlled trial // Trials. 2016. 17. (1). 392
- 29. *Togo F., Lange G., Natelson B.H., Quigley K.S.* Attention network test: assessment of cognitive function in chronic fatigue syndrome // J. Neuropsychol. 2015. 9. (1). 1–9.
- 30. Van Dam N.T., Sano M., Mitsis E.M., Grossman H.T., Gu X., Park Y., Hof P.R., Fan J. Functional neural correlates of attentional deficits in amnestic mild cognitive impairment // PLoS One. 2013. 8. (1). e54035.
- 31. *Van de Vijver I., Cohen M.X., Ridderinkhof K.R.* Aging affects medial but not anterior frontal learning-related theta oscillations // Neurobiol. Aging. 2014. 35. (3). 692–704.
- 32. *Volf N.V., Gluhih A.A.* Background cerebral electrical activity in healthy mental aging // Hum. Physiol. 2011. 37. (5). 559–567.
- 33. Wang D., Wang J., Jin C., Ji R., Wang A., Li X., Gao X., Wu S., Zhou Y., Zhao X. Asymptomatic extracranial artery stenosis and the risk of cardiovascular and cerebrovascular diseases // Sci. Rep. 2016. 6. 33960.
- 34. Wascher E., Rasch B., Sänger J., Hoffmann S., Schneider D., Rinkenauer G., Heuer H., Gutberlet I. Frontal theta activity reflects distinct aspects of mental fatigue // Biol. Psychol. 2014. 96. 57–65.
- 35. Williams R.S., Biel A.L., Wegier P., Lapp L.K., Dyson B.J., Spaniol J. Age differences in the Attention Network Test: Evidence from behavior and event-related potentials // Brain Cogn. 2016. 102. 65–79.

RELATIONSHIPS BETWEEN THE ATTENTION NETWORK FUNCTIONING AND SPONTANEOUS EEG ACTIVITY IN PATIENTS WITH CORONARY ARTERY DISEASE

Irina Valer'evna TARASOVA¹, Nina Valer'evna VOLF², Ol'ga Leonidovna BARBARASH¹

¹ Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, 650002, Kemerovo, Sosnovyi blvd., 6

² Research Institute of Physiology and Basic Medicine, 630117, Novosibirsk, Timakov str., 4

The cognitive decline in cardiac patients may be associated with insufficiency of the cerebral blood supply and inhibition of the brain functional state that manifested as a slowing of spontaneous EEG activity. On the other hand, the attention networks functioning is closely related to the theta oscillatory activity. We have studied the relationship between background theta activity (4-6 Hz) and attentiveness networks functioning in patients with severe coronary artery disease (CAD). Material and methods. We evaluated the parameters of alerting, orienting and executive control using the attention network test (ANT) in 41 CAD patients. Resting-state EEG with closed and open eyes also was recorded from 62 channels positioned according to the International 10-20 system. Spectral EEG power was calculated for frequencies from 0.1 to 50 Hz. Statistical analysis was done using Statistica 10 software package. Results and discussion. The regression analysis revealed positive associations of alerting and the theta rhythm (4-6 Hz) power with eyes closed in the right central and temporal brain regions. Negative relationships between the alerting system and the theta rhythm power in the right frontal and left occipital sites were obtained. Orienting system was positively related to the theta reactivity in the left temporo-parietal and right central brain areas; a negative relationship was established for the right occipital site. The executive control correlated negatively with the reactivity of the theta power in the right frontal and left parietal areas of the cortex, positively – right central region. It was demonstrated that attention disorders in CAD patients are associated with theta activity changes, predominantly in the right hemisphere. The study of EEG resting-state parameters can be useful for predicting impaired attention in patients with cardiovascular diseases.

Key words: EEG, theta rhythm, attention network test, attention deficit, CAD.

Tarasova I.V. – doctor of medical sciences, leading researcher of the laboratory of ultrasound and electrophysiological research methods of the department of diagnosis of cardiovascular diseases, e-mail: iriz78@mail.ru

Volf N.V. – doctor of biological sciences, professor, head of laboratory of physiology of cognitive processes,

e-mail: volf@physiol.ru

Barbarash O.L. – corresponding member of the RAS, doctor of medical sciences, professor, director, e-mail: olb61@mail.ru