



УДК 616.127-089.844-06:616.89-008.4]: 615.84

DOI 10.17802/2306-1278-2023-12-4S-44-52

## ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ТЕТА-АКТИВНОСТИ У КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ МУЛЬТИЗАДАЧНОГО КОГНИТИВНОГО ТРЕНИНГА

И.В. Тарасова, Д.С. Куприянова, И.Д. Сырова, А.С. Соснина, О.А. Трубникова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

### Основные положения

- Проведена оценка изменений плотности источников тета-активности у пациентов, прошедших мультизадачный когнитивный тренинг в раннем послеоперационном периоде кардиохирургического вмешательства.
- Установлено, что у кардиохирургических пациентов после мультизадачного когнитивного тренинга наблюдается достоверно меньшая плотность источников тета-ритма до операции по сравнению с послеоперационными данными с локализацией наиболее сильных различий в полях Бродмана 7, 19 и 31, относящихся к структурам парието-окципитальных долей головного мозга, кунеуса и прекунеуса.

### Цель

Влияние методов когнитивного восстановления на деятельность головного мозга остается значимым вопросом современного здравоохранения. Целью настоящей работы явилась оценка изменений плотности источников тета-активности с помощью стандартизованной электромагнитной томографии низкого разрешения (sLORETA) у пациентов, которые прошли курс мультизадачного когнитивного тренинга в послеоперационном периоде коронарного шунтирования (КШ).

### Материалы и методы

В исследовании участвовали 30 пациентов в возрасте от 45 до 75 лет, подвергшиеся плановому КШ. Клинические и нейрофизиологические обследования проводились за 2–3 дня до и через 11–12 дней после вмешательства. Когнитивный тренинг выполнен, начиная с 3–4-х сут после КШ до выписки из стационара, и состоял из моторной задачи в виде нажатия клавиши на клавиатуре компьютера в ответ на появляющийся на экране объект и трех последовательно сменяющих друг друга когнитивных задач (обратный счет, вербальная беглость и придумывание способов необычного использования обычного предмета).

### Результаты

У пациентов, прошедших мультизадачный когнитивный тренинг, установлена достоверно меньшая плотность источников тока тета-ритма ( $t = -3,89$ ;  $p < 0,002$ ) до КШ по сравнению с послеоперационными данными с локализацией наиболее сильных различий в парието-окципитальных долях головного мозга, кунеуса и прекунеуса (поля Бродмана 7, 19 и 31).

### Заключение

Результаты настоящего исследования могут быть полезны для лучшего понимания патогенетических механизмов, лежащих в основе когнитивных нарушений, обусловленных кардиохирургическими вмешательствами.

### Ключевые слова

Электроэнцефалограмма • sLORETA • Когнитивный тренинг • Мультизадачность • Ишемия мозга • Коронарное шунтирование

Поступила в редакцию: 06.10.2023; поступила после доработки: 23.11.2023; принята к печати: 15.12.2023

Для корреспонденции: Ирина Валерьевна Тарасова, taraiv@kemcardio.ru; адрес: Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Россия, 650002

Corresponding author: Irina V. Tarasova, taraiv@kemcardio.ru; address: 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

## THE DENSITY OF THETA CURRENT SOURCES CHANGES IN CARDIAC SURGERY PATIENTS AFTER MULTI-TASKING COGNITIVE TRAINING

I.V. Tarasova, D.S. Kupriyanova, I.D. Syrova, A.S. Sosnina, O.A. Trubnikova

Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

### Highlights

- The estimation of changes in the density of theta-activity sources carried out in patients who underwent multitasking cognitive training in the early postoperative period of cardiac surgery.
- It was found that the patients with multitask cognitive training had a significantly lower density of theta rhythm current sources ( $t < -3.89$ ;  $p < 0.002$ ) before surgery compared to postoperative data. The strongest differences were localized in Brodmann fields 7, 19 and 31 which related to the structures of the parieto-occipital lobes of the brain, cuneus and precuneus.

<b>Aim</b>	The effect of cognitive recovery techniques on brain activity remains a significant issue in modern health care. The aim of this study was to estimate the changes in the density of theta-activity sources using of standardized low resolution electromagnetic tomography – sLORETA – (standardized low resolution brain electromagnetic tomography) in patients who have undergone multitask cognitive training (CT) in the postoperative period of coronary artery bypass grafting (CABG).
<b>Methods</b>	The study included 30 patients aged between 45 and 75 years who underwent routine CABG. Clinical and neurophysiological examinations were carried out 2–3 days before surgery and 11–12 days after CABG. The cognitive training was conducted from 3–4 days after CABG to hospital discharge and consisted of a motor task as a keystroke in response to an object appearing on the screen and three consecutive cognitive tasks (counting backwards, verbal fluency and unusual use of an ordinary object).
<b>Results</b>	Patients with multitasking cognitive training had lower density of theta-rhythm current sources ( $t < -3.89$ ; $p < 0.002$ ) before CABG as compared to postoperative data with localization of the most significant differences in parieto-occipital lobes of the brain, cuneus and precuneus (Brodmann fields 7, 19 and 31).
<b>Conclusion</b>	The results of our research may be useful for a better understanding of the pathogenetic mechanisms underlying postoperative cognitive impairments in cardiac surgery patients.
<b>Keywords</b>	Electroencephalogram sLORETA • Cognitive training • Multitasking • Cerebral ischemia • Coronary artery bypass grafting

Received: 06.10.2023; received in revised form: 23.11.2023; accepted: 15.12.2023

### Список сокращений

КШ – коронарное шунтирование    sLORETA – стандартизованная электромагнитная  
ЭЭГ – электроэнцефалограмма    томография низкого разрешения

### Введение

Операции с применением искусственного кровообращения, к числу которых относится коронарное шунтирование (КШ), являются сложными инвазивными вмешательствами и могут приводить к ишемическому повреждению головного мозга [1]. Одними из неблагоприятных последствий могут быть послеоперационные когнитивные нарушения, характеризующиеся ухудшением

таких функций мозга, как память, внимание, исполнительный контроль и мышление, что можно диагностировать с помощью нейропсихологического тестирования в послеоперационном периоде [2–4]. Предполагаемые патофизиологические механизмы развития послеоперационного снижения когнитивных функций мультифакториальны, показано влияние нарушений ритма, воздействие различных анестетиков, глобальной или локаль-

ной гипоперфузии, а также системной воспалительной реакции, микроэмболии с последующей ишемией, реперфузионного повреждения и дисфункции гематоэнцефалического барьера [5, 6]. Такой мультифакториальный патогенез существенно осложняет поиск как стандартов лечения, так и универсальных средств профилактики и реабилитации послеоперационных когнитивных нарушений [7, 8].

Современные исследования, посвященные медикаментозной коррекции послеоперационных когнитивных нарушений, противоречивы и в большинстве своем остаются на стадии пилотных исследований [7]. При этом продолжается поиск немедикаментозных методов, которые могут воздействовать на одну или несколько когнитивных функций [8–10]. Продемонстрировано, что проведение когнитивного тренинга, сочетающего моторные и когнитивные задачи, способствует активации когнитивных ресурсов и усилению процессов нейропластичности, что может смягчить негативное влияние оперативного вмешательства на когнитивные функции [11, 12]. Однако, несмотря на имеющиеся данные, многозадачный подход еще не получил достаточного распространения в клинической практике. Существует необходимость определения оптимального сочетания когнитивных и моторных задач для максимальной активации функциональных резервов пациентов, а также режима и продолжительности проводимых тренингов.

Важной задачей в процессе когнитивного восстановления у кардиохирургических пациентов остается отслеживание функциональных изменений мозга на разных этапах этого процесса, особенно в раннем послеоперационном периоде. При этом структурная нейровизуализация, обладая высоким пространственным разрешением, все же дает недостаточно информации, поскольку сложные взаимодействия различных регионов мозга при восстановлении нарушенных когнитивных функций необходимо рассматривать с помощью методов с высоким временным разрешением, таких как электроэнцефалография (ЭЭГ) [13]. Применение к ЭЭГ алгоритмов стандартизированной электромагнитной томографии низкого разрешения (sLORETA, standardized low resolution brain electromagnetic tomography) способно повысить пространственное разрешение стандартной ЭЭГ [14, 15]. Ранее sLORETA успешно применяли для оценки мозговой активности при изучении нейродегенеративных заболеваний [16–18]. Однако исследования с использованием sLORETA, проведенные у пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство, единичны [19]. Между тем технические преимущества алгоритмов sLORETA могут быть полезны для получения информации

об областях мозга, активируемых в результате применения когнитивного тренинга, а также его эффективности.

**Целью настоящей работы** явилась оценка изменений плотности источников тета-активности с помощью стандартизированной электромагнитной томографии низкого разрешения (sLORETA) у пациентов, которые прошли курс мультизадачного когнитивного тренинга в раннем послеоперационном периоде КШ.

## Материалы и методы

### Пациенты

Для участия в настоящем исследовании были отобраны 30 пациентов в возрасте от 45 до 75 лет со стабильной ишемической болезнью сердца, перенесшие первичное плановое КШ (таблица). Критерии исключения: инсульт в анамнезе, эпилепсия, черепно-мозговая травма, сумма баллов по Монреальской шкале когнитивной оценки (MoCA)  $\leq 18$  (из 30), по шкала оценки депрессии Бека (BDI-II)  $\geq 8$  (из 31), а также декомпенсированные сопутствующие заболевания. Все больные, включенные в исследование, подписали форму добровольного информированного согласия после

Клинические и анамнестические показатели пациентов, перенесших КШ, которым проводили курс мультизадачного когнитивного тренинга  
Clinical and anamnestic parameters of patients who underwent CABG and received a course of multitask cognitive training

Показатель / Parameter	Пациенты / Patients (n = 30)
Возраст, лет / Age, years, Me [25; 75]	68,5 [63,0; 73,0]
Образование, лет / Education, years, Me [25; 75]	11 [10; 15]
MoCA, баллы / MoCA, scores, Me [25; 75]	24 [24; 27]
BDI-II, баллы / BDI-II, score, Me [25; 75]	4 [2; 4]
ФК стенокардии / Angina FC, n (%)	
I-II	22 (73,3)
III	8 (26,7)
ФК ХСН по NYHA / NYHA FC, n (%)	
I-II	29 (96,7)
III	1 (3,3)
ФВ ЛЖ / LV EF, %, Me [25; 75]	64 [62; 65]
Стенозы сонных артерий / Carotid artery stenoses $\leq 50\%$ , n (%)	15 (50)
СД 2-го типа или нарушение толерантности к углеводам / Type 2 DM or impaired glucose tolerance, n (%)	9 (30)
Длительность ИК, мин / CPB duration, min, Me [25; 75]	81 [65; 96]

**Примечание:** ИК – искусственное кровообращение; СД – сахарный диабет; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ФК – функциональный класс; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; MoCA – Монреальская шкала когнитивной оценки; NYHA – Нью-Йоркская ассоциация кардиологов.

**Note:** CPB – cardiopulmonary bypass; DM – diabetes mellitus; FC – functional class; LV EF – left ventricular ejection fraction; MoCA – The Montreal Cognitive Assessment; NYHA – New-York Heart Association.

подробного объяснения его целей и процедур. Пациентам проведено клинко-инструментальное и неврологическое обследование, включавшее скрининговую оценку базового когнитивного статуса и выраженность депрессивной симптоматики. Клиницисты, проводившие обследования, не были осведомлены об участии пациентов в исследовании, которое проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией ВМА в пересмотре 2013 г. и было одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

#### *Оперативное вмешательство*

Первичное плановое КШ проведено с применением искусственного кровообращения на непугирующем кровотоке с нормотермией и стандартными процедурами эндотрахеальной анестезии и инфузии. Оксигенация коры головного мозга (rSO<sub>2</sub>) контролировалась (INVOS-3100) в течение всего периода операции, ее показатели не отклонялись от нормы. Послеоперационный период КШ у всех пациентов протекал стандартно, без значимых неблагоприятных кардиоваскулярных событий. Все участники исследования выписаны на 11–12-е сутки после вмешательства.

#### *Когнитивный тренинг*

Через 3–4 дня после КШ для всех пациентов проводили ежедневные сессии когнитивного тренинга – в первой половине дня в условиях специализированного шумоизолированного помещения. Продолжительность тренирующей сессии варьировала от 5 мин в 1-й день и достигала 20 мин к 6–7-му дню тренинга. Перед началом тренинга каждый больной получал подробную инструкцию от тренирующего специалиста. Когнитивный тренинг состоял из моторной задачи в виде нажатия клавиши на клавиатуре компьютера в ответ на появляющийся на экране объект и трех последовательно сменяющихся друг друга когнитивных задач (обратный счет, вербальная беглость и придумывание способов необычного использования обычного предмета – кирпича, линейки, газеты). Задача обратного счета состояла в последовательном отнимании от числа 100 числа 7, задание на вербальную беглость подразумевало называние предметов на определенную букву, например «С». Для задач на вербальную беглость и придумывания способов необычного использования обычного предмета при каждом новом сеансе тренинга использовались новая буква или предмет. Проведение сеанса когнитивного тренинга могло быть прервано в любой момент по желанию пациента.

#### *ЭЭГ-исследование и анализ sLORETA*

Регистрация монополярной ЭЭГ осуществлялась в состоянии покоя в положении сидя с закры-

тыми глазами с использованием усилителя Neuvo SynAmps2 (Compumedics, США) в 62 отведениях модифицированной системы 10–10 в условиях свето- и шумоизолированной комнаты. Для анализа отбирали эпохи ЭЭГ длительностью 2000 мс, которые первоначально подвергались визуальному анализу с удалением мышечной или другой артефактной активности. Для дальнейшей обработки использовали 30 безартефактных эпох. Нейрофизиологические методы, применяемые в настоящем исследовании, описаны ранее [19, 20]. Проанализирована только тета-активность (3–7 Гц) вследствие большого количества возможных комбинаций нейронных областей и частотных диапазонов ЭЭГ. Ранее значимость фоновой тета-активности показана в исследованиях, связанных с когнитивными расстройствами различного генеза [16, 18]. Также продемонстрировано, что тета-активность ЭЭГ служит чувствительным индикатором периоперационного повреждения головного мозга [21].

Расчет диапазона выполнен автоматически в программе Scan 4.5 (Compumedics, США) на основании среднего показателя частоты наибольшего значения спектральной мощности в  $\alpha$ -диапазоне, которая составила 9,5 Гц. Предобработка данных для количественного анализа ЭЭГ покоя осуществлена с использованием программных алгоритмов EEGLab, разработанного на основе MATLAB (MathWorks, США). Далее с помощью sLORETA рассчитывали динамический кросс-спектр и для каждого из 6 239 вокселей – плотность источников тока в анализируемом частотном диапазоне. Статистический анализ показателей плотности источников тока проводили с помощью метода статистического непараметрического картирования (statistical non-parametrical mapping) с использованием 5 000 рандомизаций в пакете sLORETA. Рассчитан контраст плотности источников тока перед КШ и после окончания мультизадачного когнитивного тренинга.

### **Результаты**

При анализе самоотчетов участников исследования выявлена приемлемая субъективная трудность одновременного выполнения моторной задачи и любого из трех когнитивных заданий. Среднее количество тренировок составило 5,2. Среднее время сеанса тренинга – 15,4 мин в конце курса.

Согласно данным sLORETA, при расчете контраста плотности источников тета-активности перед КШ и после окончания мультизадачного когнитивного тренинга установлены достоверные различия показателей тета-активности. Плотность источников тока тета-ритма была меньше до КШ по сравнению с данными, полученными в раннем послеоперационном периоде, после завершения тренинга ( $t < -3,89$ ;  $p < 0,002$ ) с локализацией наи-

более сильных различий в полях Бродмана 7, 19 и 31, относящихся к структурам парието-окципитальных долей головного мозга, кунеуса и прекунеуса (рисунки).

### Обсуждение

Увеличение плотности источников медленной активности (дельта- и тета-) обнаружено ранее в работе [22], посвященной изучению мозговых корреляты когнитивных нарушений при болезни Паркинсона. В другом исследовании, включавшем оценку фоновой активности коры у пациентов с депрессией [23], также обнаружено увеличение тета-ритма в ЭЭГ покоя, которое, по мнению авторов, свидетельствует о нейрональной дисфункции и функциональном разобщении коры и подкорковых регионов [24]. Таким образом, несмотря на проведение мультизадачного когнитивного тренинга, у пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство, на момент выписки из стационара наблюдаются признаки ишемического повреждения головного мозга.

Известно, что структуры парието-окципитальных долей головного мозга, кунеуса и прекунеуса, в которых наблюдалось увеличение тета-активности у пациентов, прошедших тренинг, относятся к задним узлам дефолт-системы мозга, которые в наибольшей степени подвержены патологическим изменениям при старении [25, 26]. Установлено, что дефолт-система играет важную роль в процессах восприятия и обеспечении регуляции внимания, поэтому согласованность в работе узлов сети покоя мозга необходима для успешного взаимодействия организма с внешней средой: переключения внимания от одной когнитивной деятельности к другой, а увеличение медленноволновой тета-активности может быть интерпретировано как разобщение связей между отделами дефолт-системы, что может повлиять на обработку информации внутри сети [27, 28]. Стоит также отметить, что структуры задних узлов более подвержены нарушению функциональной связанности и накоплению бета-амилоид-

да при нейродегенерации, так как являются важной транзитной областью между гиппокампом и поясной корой, активно вовлеченных в когнитивные процессы [29, 30]. Согласно результатам недавнего исследования, у кардиохирургических пациентов в раннем послеоперационном периоде наблюдалось уменьшение функциональной связанности в верхней париетальной области головного мозга и нарушение связей сети покоя, включая кору угловой и задней поясной извилин, что положительно коррелировало с повышенной концентрацией маркеров системного воспаления как предиктора послеоперационных когнитивных нарушений [31]. Кроме того, структуры парието-окципитальных долей мозга и прекунеуса могут быть наиболее чувствительны к нарушению церебральной перфузии при кардиохирургическом вмешательстве, что обусловлено их расположением в зоне «водораздела» между двумя крупными мозговыми артериями [26].

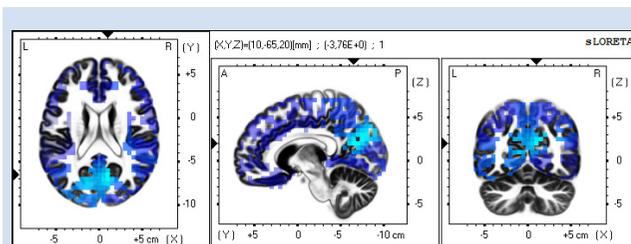
Таким образом, результаты нашего исследования позволили уточнить локализацию патологических изменений в головном мозге, связанных с кардиохирургическим вмешательством у пациентов, прошедших выбранный вариант мультизадачного когнитивного тренинга. Следует отметить, что мультизадачный когнитивный тренинг, состоящий из простой моторной задачи в сочетании с когнитивными заданиями, имеет недостаточную эффективность. Другой вероятной причиной неуспеха этого вида тренинга может быть недостаточная продолжительность тренирующего воздействия, которое необходимо продолжить и после выписки пациента из стационара. Дальнейшие исследования необходимы для того, чтобы ответить на эти вопросы.

### Заключение

Результаты настоящего исследования могут быть полезны для лучшего понимания патогенетических механизмов, лежащих в основе когнитивных нарушений после кардиохирургических вмешательств, а также могут предложить возможный диагностический инструментарий для оценки когнитивной дисфункции у таких пациентов. Данные анализа sLORETA могут быть интегрированы в разрабатываемые в настоящее время диагностические алгоритмы для обеспечения надежной оценки когнитивных нарушений у больных сердечно-сосудистой патологией и прогнозирования эффективности методов когнитивного восстановления.

### Конфликт интересов

И.В. Тарасова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.С. Куприянова заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Д. Сырова заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.С. Соснина заявляет об отсутствии конфликта интересов. О.А. Трубникова заявляет об отсутствии конфликта интересов.



Различия в плотности источников тока после проведения тренинга по сравнению с предоперационными данными. Синий цвет обозначает отрицательные значения T-критерия (индикаторы ниже в предоперационном, чем в послеоперационном периоде КШ)

Differences in the density of current sources after multitasking cognitive training as compared to preoperative data. Blue color denotes negative T-test values (scores are lower before surgery than after training)

## Финансирование

Результаты получены при поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования РФ в рамках Соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий от «30» сентября 2022 г. № 075-15-2022-1202, комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки

и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 г. № 1144-р).

### Информация об авторах

*Тарасова Ирина Валерьевна*, доктор медицинских наук ведущий научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-6391-0170

*Куприянова Дарья Сергеевна*, младший научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9750-5536

*Сырова Ирина Даниловна*, кандидат медицинских наук врач-невролог, научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-4339-8680

*Соснина Анастасия Сергеевна*, кандидат медицинских наук врач-кардиолог, научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-8908-2070

*Трубникова Ольга Александровна*, доктор медицинских наук заведующая лабораторией нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-8260-8033

### Вклад авторов в статью

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

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

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

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

*ТОА* – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

### Author Information Form

*Tarasova Irina V.*, M.D., Ph. D, Leading Researcher at the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-6391-0170

*Kupriyanova Darya S.*, junior research fellow at the at the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9750-5536

*Syrova Irina D.*, M.D., Ph.D, neurologist, researcher at the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-4339-8680

*Sosnina Anastasia S.*, M.D., Ph.D, cardiologist, researcher at the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-8908-2070

*Trubnikova Olga A.*, M.D., Ph.D, Head of the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-8260-8033

### Author Contribution Statement

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

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

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

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

*TOA* – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gerstenecker A., Norling A.M., Jacob A., Lazar R.M. Silent brain infarction, delirium, and cognition in three invasive cardiovascular procedures: a systematic review. *Neuropsychol Rev.* 2023;33(2):474-491. doi: 10.1007/s11065-022-09548-1.
2. Трубникова О.А., Тарасова И.В., Барбараш О.Л. Нейрофизиологические механизмы и перспективы использования двойных задач в восстановлении когнитивных функций у кардиохирургических пациентов. *Фундаментальная и клиническая медицина.* 2020;5(2):101-111. doi: 10.23946/2500-0764-2020-5-1-101-111
3. Evered L., Atkins K., Silbert B., Scott D.A. Acute peri-operative neurocognitive disorders: a narrative review. *Anaesthesia.* 2022 ;77(Suppl 1):34-42. doi: 10.1111/anae.15613.
4. Liu J., Huang K., Zhu B., Zhou B., Ahmad Harb A.K., Liu L., Wu X. Neuropsychological Tests in Post-operative Cognitive Dysfunction: Methods and Applications. *Front Psychol.* 2021;12:684307. doi: 10.3389/fpsyg.2021.684307.
5. Urits I., Orhurhu V., Jones M., Hoyt D., Seats A., Viswanath O. Current Perspectives on Postoperative Cognitive Dysfunction in the Ageing Population. *Turk J Anaesthesiol Reanim.* 2019;47(6):439-447. doi: 10.5152/TJAR.2019.75299.
6. Rots M.L., Fassaert L.M.M., Kappelle L.J., de Groot M.C.H., Haitjema S., Bonati L.H., van Klei W.A., de Borst G.J. Intra-Operative Hypotension is a Risk Factor for Post-operative Silent Brain Ischaemia in Patients With Pre-operative Hypertension Undergoing Carotid Endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2020;59(4):526-534. doi: 10.1016/j.ejvs.2020.01.007.
7. Неймарк М.И., Шмелев В.В., Рахмонов А.А., Титова З.А. Профилактика и лечение послеоперационной когнитивной дисфункции. *Бюллетень медицинской науки.* 2022; 2(26):93-101. doi: 10.31684/25418475\_2022\_2\_93.
8. Butz M., El Shazly J., Sammer G., Tschernatsch M., Kastaun S., Yenigün M., Braun T., Kaps M., Böning A., Puvogel U., Bachmann G., Mengden T., Schönburg M., Gerriets T., Juenemann M. Decreasing postoperative cognitive deficits after heart surgery: protocol for a randomized controlled trial on cognitive training. *Trials.* 2019;20(1):733. doi: 10.1186/s13063-019-3799-0.
9. Greaves, D., Psaltis P. J., Lampit A., Davis D. H. J., Smith A. E., Bourke A., Worthington M. G., Valenzuela M. J., Keage H. A. D. (2020). Computerised cognitive training to improve cognition including delirium following coronary artery bypass grafting surgery: protocol for a blinded randomised controlled trial. *BMJ Open.* 2020;10(2):e034551. doi: 10.1136/bmjopen-2019-034551.
10. Ishizawa Y. Does Preoperative Cognitive Optimization Improve Postoperative Outcomes in the Elderly? *J Clin Med.* 2022;11(2):445. doi: 10.3390/jcm11020445.
11. Syrova I., Tarasova I., Trubnikova O., Kupriyanova D., Sosnina A., Temnikova T., Barbarash O. A multitask approach to prevention of the cognitive decline after coronary artery bypass grafting: a prospective randomized controlled study. *Journal of Xiangya Medicine.* 2023;8:2. doi:10.21037/jxym-22-37.
12. Tarasova I., Trubnikova O., Kukhareva I., Syrova I., Sosnina A., Kupriyanova D., Barbarash O. A comparison of two multi-tasking approaches to cognitive training in cardiac surgery patients. *Biomedicines.* 2023;11(10):2823. doi: 10.3390/biomedicines11102823.
13. Vecchio F., Miraglia F., Alù F., Judica E., Cotelli M., Pellicciari M.C., Rossini P.M. Human brain networks in physiological and pathological aging: reproducibility of electroencephalogram graph theoretical analysis in cortical connectivity. *Brain Connect.* 2022;12(1):41-51. doi: 10.1089/brain.2020.0824.
14. Pascual-Marqui R.D. Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods Find Exp Clin Pharmacol.* 2002;24 Suppl D:5-12.
15. Приводнова, Е.Ю., Вольф Н.В. Решение образных креативных задач изменяет фоновую ЭЭГ покоя у пожилых людей (пилотное исследование). *Физиология человека.* 2021; 47(5): 28-36. doi: 10.31857/S0131164621020120.
16. Nardone R., Sebastianelli L., Versace V., Saltuari L., Lochner P., Frey V., Golaszewski S., Brigo F., Trinka E., Höller Y. Usefulness of EEG Techniques in Distinguishing Frontotemporal Dementia from Alzheimer's Disease and Other Dementias. *Dis Markers.* 2018;2018:6581490. doi: 10.1155/2018/6581490.
17. Уразгильдеева Г.Р., Пономарева Н.В., Колесникова Е.П., Абрамычева Н.Ю., Ключников С.А., Иллариошкин С.Н. Новые возможности использования когнитивных вызванных потенциалов высокого разрешения в оценке прогрессирования болезни Гентингтона. *Бюллетень Национального общества по изучению болезни Паркинсона и расстройств движений.* 2022; 2: 205-2081. doi: 10.24412/2226-079X-2022-12468
18. Leviashvili S., Ezra Y., Drobny A., Ding H., Groppa S., Mirelman A., Muthuraman M., Maidan I. EEG-Based Mapping of Resting-State Functional Brain Networks in Patients with Parkinson's Disease. *Biomimetics (Basel).* 2022;7(4):231. doi: 10.3390/biomimetics7040231.
19. Тарасова И.В., Куприянова Д.С., Трубникова О.А., Кухарева И.Н., Соснина А.С., Тен С.Б., Шестернин В.Г., Барбараш О.Л. Анализ распределения плотности источников тока (sLORETA) у пациентов после когнитивной реабилитации с применением двойной задачи в раннем послеоперационном периоде коронарного шунтирования. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2022; 11(S4): 65-74. doi: 10.17802/2306-1278-2022-11-4S-65-74.
20. Тарасова И.В., Вольф Н.В., Куприянова Д.С., Трубникова О.А., Барбараш О.Л. Изменения вызванной синхронизации/десинхронизации электрической активности коры мозга у кардиохирургических пациентов с послеоперационной когнитивной дисфункцией. *Сибирский научный медицинский журнал.* 2021;41(2):12-20. doi: 10.18699/SSMJ20210202.
21. Tarasova I., Trubnikova O., Kupriyanova D.S., Maleva O., Syrova I., Kukhareva I., Sosnina A., Tarasov R., Barbarash O. Cognitive functions and patterns of brain activity in patients after simultaneous coronary and carotid artery revascularization. *Front Hum Neurosci.* 2023;17:996359. doi: 10.3389/fnhum.2023.996359.
22. Mostile G., Giuliano L., Monastero R., Luca A., Cicero C.E., Donzuso G., Dibilio V., Baschi R., Terranova R., Restivo V., Sofia V., Zappia M., Nicoletti A. Electrocortical networks in Parkinson's disease patients with Mild Cognitive Impairment. The PaCoS study. *Parkinsonism Relat Disord.* 2019;64:156-162. doi: 10.1016/j.parkreldis.2019.03.027
23. Ray K.L., Griffin N.R., Shumake J., Alario A., Allen J.J.B., Beevers C.G., Schnyer D.M. Altered electroencephalography resting state network coherence in remitted MDD. *Brain Res.* 2023;1806:148282. doi: 10.1016/j.brainres.2023.148282.
24. Torres-Simón L., Doval S., Nebreda A., Llinas S.J., Marsh E.B., Maestú F. Understanding brain function in vascular cognitive impairment and dementia with EEG and MEG: A systematic review. *Neuroimage Clin.* 2022;35:103040. doi: 10.1016/j.nicl.2022.103040.
25. Martinez Villar G., Daneault V., Martineau-Dussault M.È., Baril A.A., Gagnon K., Lafond C., Gilbert D., Thompson C., Marchi N.A., Lina J.M., Montplaisir J., Carrier J., Gosselin N., André C. Altered resting-state functional connectivity patterns in late middle-aged and older adults with obstructive sleep apnea. *Front Neurol.* 2023;14:1215882. doi: 10.3389/fneur.2023.1215882.

26. Utevsky A.V., Smith D.V., Huettel S.A. Precuneus is a functional core of the default-mode network. *J Neurosci.* 2014;34(3):932-40. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4227-13.2014. Erratum in: *J Neurosci.* 2016;36(47):12066-12068.

27. Stankova E.P., Shepovalnikov A.N. Functional connectivity of cortical fields at rest as a mechanism of brain preparation to purposeful activity. *Human physiology.* 2018; 44:609–616. doi:10.1134/S0362119718060129

28. González-López M., Gonzalez-Moreira E., Areces-González A., Paz-Linares D., Fernández T. Who's driving? The default mode network in healthy elderly individuals at risk of cognitive decline. *Front Neurol.* 2022;13:1009574. doi: 10.3389/fneur.2022.1009574.

29. Hodgetts C.J., Shine J.P., Williams H., Postans M., Sims R., Williams J., Lawrence A.D., Graham K.S. Increased

posterior default mode network activity and structural connectivity in young adult APOE-ε4 carriers: a multimodal imaging investigation. *Neurobiol Aging.* 2019;73:82-91. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2018.08.026.

30. Wang J., Liu J., Wang Z., Sun P., Li K., Liang P. Dysfunctional interactions between the default mode network and the dorsal attention network in subtypes of amnesic mild cognitive impairment. *Aging (Albany NY).* 2019;11(20):9147-9166. doi: 10.18632/aging.102380.

31. Zhu Y., Zhou M., Jia X., Zhang W., Shi Y., Bai S., Rampes S., Vizcaychipi M.P., Wu C., Wang K., Ma D., Yang Q., Wang L. Inflammation Disrupts the Brain Network of Executive Function after Cardiac Surgery. *Ann Surg.* 2023;277(3):e689-e698. doi: 10.1097/SLA.0000000000005041.

## REFERENCES

1. Gerstenecker A., Norling A.M., Jacob A., Lazar R.M. Silent brain infarction, delirium, and cognition in three invasive cardiovascular procedures: a systematic review. *Neuropsychol Rev.* 2023;33(2):474-491. doi: 10.1007/s11065-022-09548-1.

2. Trubnikova O.A., Tarasova I.V., Barbarash O.L. Neurophysiological mechanisms and perspective for the use of dual tasks in recovering cognitive function after cardiac surgery. *Fundamental and Clinical Medicine.* 2020;5(2):101-111. doi: 10.23946/2500-0764-2020-5-1-101-111 (In Russian)

3. Evered L., Atkins K., Silbert B., Scott D.A. Acute peri-operative neurocognitive disorders: a narrative review. *Anaesthesia.* 2022 ;77(Suppl 1):34-42. doi: 10.1111/anae.15613.

4. Liu J., Huang K., Zhu B., Zhou B., Ahmad Harb A.K., Liu L., Wu X. Neuropsychological Tests in Post-operative Cognitive Dysfunction: Methods and Applications. *Front Psychol.* 2021;12:684307. doi: 10.3389/fpsyg.2021.684307.

5. Urits I., Orhurhu V., Jones M., Hoyt D., Seats A., Viswanath O. Current Perspectives on Postoperative Cognitive Dysfunction in the Ageing Population. *Turk J Anaesthesiol Reanim.* 2019;47(6):439-447. doi: 10.5152/TJAR.2019.75299.

6. Rots M.L., Fassaert L.M.M., Kappelle L.J., de Groot M.C.H., Haitjema S., Bonati L.H., van Klei W.A., de Borst G.J. Intra-Operative Hypotension is a Risk Factor for Post-operative Silent Brain Ischaemia in Patients With Pre-operative Hypertension Undergoing Carotid Endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2020;59(4):526-534. doi: 10.1016/j.ejvs.2020.01.007.

7. Neumark M. I., Shmelev V. V., Rakhmonov A. A., Titova Z. A. Prevention and treatment of postoperative cognitive dysfunction. *Bulletin of Medical Science.* 2022; 26(2): 93–101. doi: 10.31684/25418475\_2022\_2\_93. (In Russian)

8. Butz M., El Shazly J., Sammer G., Tschernatsch M., Kastaun S., Yenigün M., Braun T., Kaps M., Böning A., Puvogel U., Bachmann G., Mengden T., Schönburg M., Gerriets T., Juenemann M. Decreasing postoperative cognitive deficits after heart surgery: protocol for a randomized controlled trial on cognitive training. *Trials.* 2019;20(1):733. doi: 10.1186/s13063-019-3799-0.

9. Greaves, D., Psaltis P. J., Lampit A., Davis D. H. J., Smith A. E., Bourke A., Worthington M. G., Valenzuela M. J., Keage H. A. D. (2020). Computerised cognitive training to improve cognition including delirium following coronary artery bypass grafting surgery: protocol for a blinded randomised controlled trial. *BMJ Open.* 2020;10(2):e034551. doi: 10.1136/bmjopen-2019-034551.

10. Ishizawa Y. Does Preoperative Cognitive Optimization Improve Postoperative Outcomes in the Elderly? *J Clin Med.* 2022;11(2):445. doi: 10.3390/jcm11020445.

11. Syrova I., Tarasova I., Trubnikova O., Kupriyanova D., Sosnina A., Temnikova T., Barbarash O. A multitask approach

to prevention of the cognitive decline after coronary artery bypass grafting: a prospective randomized controlled study. *Journal of Xiangya Medicine.* 2023;8:2. doi:10.21037/jxym-22-37.

12. Tarasova I., Trubnikova O., Kukhareva I., Syrova I., Sosnina A., Kupriyanova D., Barbarash O. A comparison of two multi-tasking approaches to cognitive training in cardiac surgery patients. *Biomedicines.* 2023;11(10):2823. doi: 10.3390/biomedicines11102823.

13. Vecchio F., Miraglia F., Alù F., Judica E., Cotelli M., Pellicciari M.C., Rossini P.M. Human brain networks in physiological and pathological aging: reproducibility of electroencephalogram graph theoretical analysis in cortical connectivity. *Brain Connect.* 2022;12(1):41-51. doi: 10.1089/brain.2020.0824.

14. Pascual-Marqui R.D. Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods Find Exp Clin Pharmacol.* 2002;24 Suppl D:5-12.

15. Privodnova EY, Volf NV. Figural Creative Task Sculpts the Baseline Resting-State EEG in Older Adults: A Pilot Study. *Human Physiology.* 2021; 47(5): 28-36. doi: 10.31857/S0131164621020120. (In Russian)

16. Nardone R., Sebastianelli L., Versace V., Saltuari L., Lochner P., Frey V., Golaszewski S., Brigo F., Trinka E., Höller Y. Usefulness of EEG Techniques in Distinguishing Frontotemporal Dementia from Alzheimer's Disease and Other Dementias. *Dis Markers.* 2018;2018:6581490. doi: 10.1155/2018/6581490.

17. Urazgil'deeva G.R., Ponomareva N.V., Kolesnikova E.P., Abramycheva N.Ju., Kljushnikov S.A., Illarioshkin S.N. Novye vozmozhnosti ispol'zovaniya kognitivnyh vyzvannyh potencialov vysokogo razresheniya v ocenke progressirovaniya bolezni Geningtona. *Bjulleten' Nacional'nogo obshhestva po izucheniju bolezni Parkinsona i rasstrojstv dvizhenij.* 2022; 2: 205-2081. doi: 10.24412/2226-079X-2022-12468 (In Russian)

18. Leviashvili S., Ezra Y., Droby A., Ding H., Groppa S., Mirelman A., Muthuraman M., Maidan I. EEG-Based Mapping of Resting-State Functional Brain Networks in Patients with Parkinson's Disease. *Biomimetics (Basel).* 2022;7(4):231. doi: 10.3390/biomimetics7040231.

19. Tarasova I.V., Kupriyanova D.S., Trubnikova O.A., Kukhareva I.N., Sosnina A.S., Ten S.B., Shesternin V.G., Barbarash O.L. Current source density (sLORETA) in patients undergoing cognitive rehabilitation using dual task in the early postoperative period of coronary artery bypass grafting. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2022;11(4S):65-74. doi: 10.17802/2306-1278-2022-11-4S-65-74. (In Russian)

20. Tarasova I.V., Volf N.V., Kupriyanova D.S., Trubnikova O.A., Barbarash O.L. Changes in event-related

synchronization/desynchronization of brain electric activity in cardio-surgical patients with postoperative cognitive dysfunction. Сибирский научный медицинский журнал. 2021;41(2):12-20. (In Russian)

21. Tarasova I., Trubnikova O., Kupriyanova D.S., Maleva O., Syrova I., Kukhareva I., Sosnina A., Tarasov R., Barbarash O. Cognitive functions and patterns of brain activity in patients after simultaneous coronary and carotid artery revascularization. *Front Hum Neurosci.* 2023;17:996359. doi: 10.3389/fnhum.2023.996359.

22. Mostile G., Giuliano L., Monastero R., Luca A., Cicero C.E., Donzuso G., Dibilio V., Baschi R., Terranova R., Restivo V., Sofia V., Zappia M., Nicoletti A. Electro-cortical networks in Parkinson's disease patients with Mild Cognitive Impairment. The PaCoS study. *Parkinsonism Relat Disord.* 2019;64:156-162. doi: 10.1016/j.parkreldis.2019.03.027

23. Ray K.L., Griffin N.R., Shumake J., Alario A., Allen J.J.B., Beevers C.G., Schnyer D.M. Altered electroencephalography resting state network coherence in remitted MDD. *Brain Res.* 2023;1806:148282. doi: 10.1016/j.brainres.2023.148282.

24. Torres-Simón L., Doval S., Nebreda A., Llinas S.J., Marsh E.B., Maestú F. Understanding brain function in vascular cognitive impairment and dementia with EEG and MEG: A systematic review. *Neuroimage Clin.* 2022;35:103040. doi: 10.1016/j.nicl.2022.103040.

25. Martinez Villar G., Daneault V., Martineau-Dussault M.É., Baril A.A., Gagnon K., Lafond C., Gilbert D., Thompson C., Marchi N.A., Lina J.M., Montplaisir J., Carrier J., Gosselin N., André C. Altered resting-state functional connectivity patterns in late middle-aged and older adults with obstructive

sleep apnea. *Front Neurol.* 2023;14:1215882. doi: 10.3389/fneur.2023.1215882.

26. Utevsky A.V., Smith D.V., Huettel S.A. Precuneus is a functional core of the default-mode network. *J Neurosci.* 2014;34(3):932-40. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4227-13.2014. Erratum in: *J Neurosci.* 2016;36(47):12066-12068.

27. Stankova E.P., Shepovvalnikov A.N. Functional connectivity of cortical fields at rest as a mechanism of brain preparation to purposeful activity. *Human physiology.* 2018;44:609-616. doi:10.1134/S0362119718060129

28. González-López M., Gonzalez-Moreira E., Areces-González A., Paz-Linares D., Fernández T. Who's driving? The default mode network in healthy elderly individuals at risk of cognitive decline. *Front Neurol.* 2022;13:1009574. doi: 10.3389/fneur.2022.1009574.

29. Hodgetts C.J., Shine J.P., Williams H., Postans M., Sims R., Williams J., Lawrence A.D., Graham K.S. Increased posterior default mode network activity and structural connectivity in young adult APOE-ε4 carriers: a multimodal imaging investigation. *Neurobiol Aging.* 2019;73:82-91. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2018.08.026.

30. Wang J., Liu J., Wang Z., Sun P., Li K., Liang P. Dysfunctional interactions between the default mode network and the dorsal attention network in subtypes of amnesic mild cognitive impairment. *Aging (Albany NY).* 2019;11(20):9147-9166. doi: 10.18632/aging.102380.

31. Zhu Y., Zhou M., Jia X., Zhang W., Shi Y., Bai S., Rampes S., Vizcaychipi M.P., Wu C., Wang K., Ma D., Yang Q., Wang L. Inflammation Disrupts the Brain Network of Executive Function after Cardiac Surgery. *Ann Surg.* 2023;277(3):e689-e698. doi: 10.1097/SLA.0000000000005041.

---

**Для цитирования:** Тарасова И.В., Куприянова Д.С., Сырова И.Д., Соснина А.С., Трубникова О.А. Изменения плотности источников тета-активности у кардиохирургических пациентов после мультизадачного когнитивного тренинга. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2023;12(4S): 44-52. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-4S-44-52

**To cite:** Tarasova I.V., Kupriyanova D.S., Syrova I.D., Sosnina A.S., Trubnikova O.A. The density of theta current sources changes in cardiac surgery patients after multi-tasking cognitive training. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2023;12(4S): 44-52. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-4S-44-52

---