

УДК 616.127-005.8

DOI 10.17802/2306-1278-2022-11-4S-65-74

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ТОКА (sLORETA) У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ КОГНИТИВНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДВОЙНОЙ ЗАДАЧИ В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

И.В. Тарасова¹, Д.С. Куприянова¹, О.А. Трубникова¹, И.Н. Кухарева¹,
А.С. Соснина¹, С.Б. Тен², В.Г. Шестернин², О.Л. Барбараш¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002; ² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Кузбасский клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

- Впервые метод стандартизованной электромагнитной томографии низкого разрешения (sLORETA, standardized low resolution brain electromagnetic tomography) применен для оценки нейрофизиологических коррелятов успешности курса когнитивной реабилитации с использованием двойной задачи для восстановления функций мозга при ишемии, связанной с кардиохирургическим вмешательством.
- При успешно проведенной когнитивной реабилитации выявлены более низкие послеоперационные показатели мозговой активности покоя в низкочастотном тета-диапазоне, локализованные в структурах правого полушария, что может отражать эффект трансфера – важного компонента успешной когнитивной реабилитации.

Цель

Визуализация и контроль ишемических изменений мозгового вещества важны для диагностики цереброваскулярных заболеваний. Целью работы явилась оценка возможностей и применимости метода стандартизованной электромагнитной томографии низкого разрешения (sLORETA) для анализа электрической активности головного мозга у пациентов, прошедших курс когнитивной реабилитации с использованием двойной задачи для восстановления функций мозга при ишемии, связанной с кардиохирургическим вмешательством.

Материалы и методы

В исследовании включены 16 пациентов мужского пола (45–75 лет), которые поступили для планового коронарного шунтирования (КШ) в НИИ КПССЗ (Кемерово, Россия). Клинические и нейрофизиологические обследования проведены за 2–3 дня до и через неделю после вмешательства. Всем больным начиная с 3–4 суток послеоперационного периода и до выписки из стационара выполнен курс когнитивной реабилитации и оценена его успешность. Монопольную электроэнцефалограмму (ЭЭГ) в 62 стандартных отведениях регистрировали с помощью усилителя Neuvo SynAmps2 в состоянии покоя в положении сидя с закрытыми глазами в условиях свето- и шумоизолированной комнаты. Подготовка данных для количественного анализа фоновой ЭЭГ-активности методом sLORETA проведена с помощью программного обеспечения EEGLab и MATLAB. С использованием алгоритмов sLORETA рассчитаны динамический кросс-спектр и плотность источников тока в анализируемом частотном диапазоне (4–6 Гц). Статистический анализ показателей плотности источников тока проведен в пакете sLORETA с помощью метода статистического непараметрического картирования, рассчитан контраст плотности источников тока в до- и послеоперационном периоде.

Результаты

Для 44% (n = 7) пациентов курс когнитивной реабилитации был успешен. При рассмотрении показателей ЭЭГ-активности, полученных с помощью sLORETA, обнаружены различия между группами с успешной и неуспешной когнитивной реабилитацией. Высокая плотность источников тока тета-1-ритма

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

в группе с неуспешной когнитивной реабилитацией по сравнению с группой с успешно завершённым тренингом была наиболее выражена ($t > -8,42$; $p < 0,004$) в таких структурах правого полушария, как поле Бродмана 22, темпоральная доля и верхняя темпоральная извилина.

Заключение

Метод sLORETA позволил продемонстрировать положительное влияние курса когнитивного тренинга на изменения пространственных паттернов мозговой активности у пациентов, перенесших КШ в условиях искусственного кровообращения. При успешно проведенной когнитивной реабилитации выявлены более низкие послеоперационные показатели осцилляторной мозговой активности покоя в низкочастотном тета-диапазоне, локализованные в правых темпоральных отделах коры. Эти результаты могут отражать эффект трансфера – важного компонента успешной когнитивной реабилитации.

Ключевые слова

Электроэнцефалограмма • sLORETA • Ишемия мозга • Коронарное шунтирование • Когнитивная реабилитация • Двойная задача

Поступила в редакцию: 27.07.2022; поступила после доработки: 24.08.2022; принята к печати: 15.09.2022

CURRENT SOURCE DENSITY (sLORETA) IN PATIENTS UNDERGOING COGNITIVE REHABILITATION USING DUAL TASK IN THE EARLY POSTOPERATIVE PERIOD OF CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING

I.V. Tarasova¹, D.S. Kupriyanova¹, O.A. Trubnikova¹, I.N. Kukhareva¹,
A.S. Sosnina¹, S.B. Ten², V.G. Shesternin², O.L. Barbarash¹

¹ Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002; ² State Budgetary Healthcare Institution “Kuzbass Clinical Cardiological Hospital named after Academician L.S. Barbarash”, 6, Sosnoviy Blvd, Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

- For the first time, the method of standardized low resolution electromagnetic tomography – sLORETA was used to assess the neurophysiological correlates of the success of cognitive rehabilitation using dual task to recover the brain functions affected by ischemia during cardiac surgery.
- The patients who were successfully rehabilitated have demonstrated lower postoperative values of resting state theta activity within the right hemisphere, indicating the transfer effect, which is an important component of successful cognitive rehabilitation.

Aim

Visualization and monitoring of brain ischemia is important for the diagnosis of cerebrovascular diseases. The aim of the study was to evaluate the possibilities and applicability of the method of standardized low resolution electromagnetic brain tomography – sLORETA for analyzing brain electrical activity in patients undergoing cognitive rehabilitation using dual tasks to recover impaired brain functions during ischemia associated with cardiac surgery.

Methods

The study included 16 male patients (45–75 years old) who were admitted for planned coronary artery bypass grafting (CABG) to the Clinic at the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases. Clinical and neurophysiological examinations were performed 2–3 days before CABG and 1 week after surgery. All patients underwent cognitive rehabilitation that started at postoperative day 3 or 4 and lasted until discharge, the outcome was assessed as well. Monopolar EEG (62 channels) was recorded at rest in a sitting position with eyes closed in a light- and noise-insulated room using a Neuvo SynAmps2 Amplifier. Data processing of EEG background activity for sLORETA analysis was performed using the EEGLAB in MATLAB software (The MathWorks, Natick, MA, USA). The sLORETA algorithms were used to calculate dynamic cross spectrum and current source density within the analyzed frequency range (4–6 Hz). Statistical analysis of current source density indicators was carried out by using the method of statistical non-parametric mapping in the sLORETA software package,

and the difference between the current source density in the pre- and postoperative period (after cognitive rehabilitation) was calculated as well.

Results

Cognitive rehabilitation was successful in 44% (7 patients) of cases. The differences have been revealed between the groups with successful and unsuccessful cognitive rehabilitation by using sLORETA. The group with unsuccessful cognitive rehabilitation demonstrated higher current source density estimates in theta rhythm compared with the successful rehabilitation group, it was most pronounced ($t > 8.42$; $p < 0.004$) in the right hemisphere – Brodmann area 22, temporal lobe and superior temporal gyrus.

Conclusion

The sLORETA method demonstrated the positive effect of cognitive training on changes in the spatial patterns of brain activity in patients undergoing on-pump CABG. The successful cognitive rehabilitation was associated with lower postoperative resting state theta activity within the right hemisphere, indicating the transfer effect, which is an important component of successful cognitive rehabilitation.

Keywords

Electroencephalogram • sLORETA • Cerebral ischemia • Coronary artery bypass grafting • Cognitive rehabilitation • Dual task

Received: 27.07.2022; received in revised form: 24.08.2022; accepted: 15.09.2022

Список сокращений

ИК	– искусственное кровообращение	ЭЭГ	– электроэнцефалограмма
КШ	– коронарное шунтирование	sLORETA	– стандартизованная электромагнитная томография низкого разрешения (standardized low resolution brain electromagnetic tomography)
ПОКД	– послеоперационная когнитивная дисфункция		

Введение

Визуализация и контроль степени выраженности ишемических изменений мозгового вещества, при котором снижение мозгового кровотока в покое не сопровождается гибелью значительного числа нейронов, как при инсульте, в настоящее время является важным вопросом диагностики цереброваскулярных заболеваний. Известно, что метод компьютерной электроэнцефалографии (ЭЭГ) может быть использован для диагностики церебральной ишемии и выявления в соответствующих корковых областях медленноволновой дельты и тета-активности частотой 1–6 Гц [1, 2]. Однако из-за заметно более низкого пространственного разрешения, вызванного наличием скальпа, черепа и спинномозговой жидкости между головным мозгом и электродами, ЭЭГ не так часто применяют в качестве диагностического инструмента, как магниторезонансную томографию. Повысить пространственное разрешение ЭЭГ позволяет sLORETA (standardized low resolution brain electromagnetic tomography) – стандартизованная электромагнитная томография низкого разрешения [3], с помощью которой может быть оценена локальная активность как поверхностных, так и глубоких корковых структур мозга [4, 5]. sLORETA представляет собой метод локализации электрической активности головного мозга на основе зарегистрированной на поверхности скальпа многоканальной ЭЭГ и позволяет вычис-

лить распределение плотности источников тока по всему объему мозга с помощью алгоритмов наилучшей оценки, относящихся к решению обратной задачи. Первоначально разработан и описан R.D. Pascual-Marqui и коллегами [6]. Основой метода служит гипотеза, согласно которой регистрируемая с поверхности скальпа ЭЭГ генерируется синхронизированными постсинаптическими потенциалами больших нейронных популяций, т. е. соседние воксели (элементы объема мозговой ткани) имеют максимально сходную электрическую активность [3]. В sLORETA использована трехслойная сферическая модель головы, соотнесенная с оцифрованным атласом Talairah and Tournoux (1998, Brain Imaging Centre, Montreal Neurological Institute), исследуемые области ограничены серым веществом коры и гиппокампа, при этом пространственное разрешение при рассмотрении 6 239 вокселей составляет около 5 мм. Метод sLORETA успешно применяют для выявления пространственных паттернов, в том числе при ЭЭГ покоя, ассоциированных с когнитивными нарушениями различной природы – естественное старение, болезни Альцгеймера и Паркинсона [5, 7–9].

Учитывая преимущества данного метода, представляется перспективным его применение для диагностики ишемии головного мозга, связанной с кардиохирургическим вмешательством. Ранее показано, что анализ особенностей топографии

электрической активности коры головного мозга и сопоставление их с показателями когнитивного статуса, зарегистрированных как в предоперационном периоде, так и после кардиохирургических вмешательств, дает ценную диагностическую информацию об изменениях деятельности мозга при когнитивных нарушениях у пациентов с ишемической болезнью сердца, а также их модификациях, возникающих вследствие воздействия комплекса факторов, связанных с операциями [10–12]. Показано, что в раннем послеоперационном периоде кардиохирургических вмешательств увеличивается мощность биопотенциалов тета-диапазона по сравнению с предоперационным уровнем [11]. Установлено, что развитие послеоперационного когнитивного расстройства сопровождается негативной ЭЭГ-динамикой, свидетельствующей о кортикальной дисфункции, и может быть ассоциировано с эпизодами острой ишемии головного мозга при кардиохирургической операции, проводимой в условиях искусственного кровообращения (ИК) [10].

В ряде исследований продемонстрировано, что чем ранее начинается коррекция развивающихся когнитивных нарушений, тем благоприятнее это сказывается на состоянии когнитивного статуса у пожилых лиц и при когнитивных расстройствах различного генеза [13, 14]. Это особенно актуально для когорты кардиохирургических пациентов, у которых послеоперационные когнитивные расстройства приводят к снижению успешности проводимого вмешательства, вызывая инвалидизацию и социальную зависимость [15, 16]. При этом важно, чтобы определение конкретных целей и методов когнитивной реабилитации больных после кардиохирургических вмешательств основывалось на современных нейрофизиологических представлениях о периперационном повреждении головного мозга и ассоциированных с ним когнитивных дефицитах [17].

Принимая во внимание вышесказанное, целью исследования явилась оценка возможностей и применимости метода sLORETA для анализа электрической активности головного мозга у пациентов, прошедших курс когнитивной реабилитации с использованием двойной задачи, для восстановления функций мозга при ишемии, связанной с кардиохирургическим вмешательством.

Материалы и методы

Пациенты

В исследовании участвовали 16 пациентов мужского пола в возрастном диапазоне 45–75 лет. Информированное согласие получено от всех обследованных больных после подробного объяснения целей и процедур настоящего исследования. Исследование одобрено комитетом по этике НИИ КПССЗ. Критерии включения и исключения описаны в предыдущей публикации [17].

Клинические характеристики пациентов представлены в таблице. Все больные поступили в НИИ КПССЗ для планового коронарного шунтирования (КШ). Клинические и нейрофизиологические обследования, включая расширенное нейропсихологическое тестирование, проводили за 2–3 дня до и через неделю после вмешательства. Также перед операцией пациенты осмотрены неврологом, определены их базовый когнитивный уровень с использованием Монреальской шкалы оценки когнитивных функций (MoCA), уровень выраженности депрессивных и тревожных симптомов по шкалам депрессии Бека II (BDI-II) и Спилбергера – Ханина соответственно. В послеоперационном

Клинико-anamnestическая характеристика пациентов, перенесших коронарное шунтирование и прошедших курс когнитивной реабилитации с использованием двойной задачи
Clinical and anamnestic profile of coronary artery bypass grafting patients undergoing cognitive rehabilitation using dual task

Показатель / Variable	Пациенты / Patients, n = 16
Возраст, лет / Age, years, Me [25; 75]	60,0 [57,5; 67,0]
Образование, лет / Education, years, Me [25; 75]	12,0 [11,0; 16,0]
MoCA, баллы / score, Me [25; 75]	25 [22,5; 26,0]
BDI-II, баллы / score, Me [25; 75]	3,5 [1,5; 5,0]
Длительность артериальной гипертензии, лет / Arterial hypertension history, years, Me [25; 75]	10,0 [4,5; 14,0]
Длительность ишемической болезни сердца, лет / Coronary artery disease history, years, Me [25; 75]	2,0 [1,0; 8,0]
Функциональный класс стенокардии / Angina functional class, n (%)	
I–II	14 (87,5)
III	2 (12,5)
Функциональный класс ХСН по NYHA / NYHA functional class, n (%)	
I–II	14 (87,5)
III	2 (12,5)
Фракция выброса левого желудочка / Left ventricular ejection fraction, %, Me [25; 75]	58,5 [49,0; 67,0]
Стенозы сонных артерий / Carotid artery stenoses, n (%)	
Нет / No	7 (44)
≤50%	9 (56)
Сахарный диабет 2-го типа или нарушение толерантности к углеводам / Type 2 diabetes mellitus or impaired glucose tolerance, n (%)	9 (56)
Длительность ИК, мин / CPB duration, min, Me [25; 75]	95,0 [77,0; 104,0]

Примечание: ИК – искусственное кровообращение; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; BDI-II – шкала депрессии Бека II; MoCA – Монреальская шкала оценки когнитивных функций; NYHA – Нью-Йоркская ассоциация кардиологов.

Note: BDI-II – Beck's Depression Inventory II; CPB – cardiopulmonary bypass; MoCA – The Montreal Cognitive Assessment; NYHA – New-York Heart Association.

периоде всем больным ежедневно начиная с 3–4-х суток послеоперационного периода и до выписки из стационара проведен курс когнитивной реабилитации, подробно описанный ранее [17]. В послеоперационном периоде оценена успешность курса когнитивной реабилитации по наличию у пациента послеоперационной когнитивной дисфункции (ПОКД) через неделю после КШ: отсутствие ПОКД свидетельствовало об успехе тренинга, наличие – о неуспешной когнитивной реабилитации.

Нейрофизиологическое исследование

ЭЭГ регистрировали в состоянии покоя в положении сидя с закрытыми глазами с использованием усилителя Neuvo SynAmps2 (Compumedics, Шарлот, Северная Каролина, США) монополярно в 62 отведениях модифицированной системы 10–10 в условиях свето- и шумоизолированной комнаты. При обработке полученных ЭЭГ-записей первым этапом произведена полосовая фильтрация (1–50 Гц). Далее все ЭЭГ проанализированы в ручном и автоматическом режимах для удаления окуло- и миографических артефактов записи, получено 30 безартефактных фрагментов ЭЭГ продолжительностью 2 секунды. Подробно использованные нами нейрофизиологические методы описаны ранее [12, 17]. Из-за большого количества возможных комбинаций нейронных областей и частотных диапазонов ЭЭГ мы ограничили это исследование частотной полосой 4–6 Гц (тета-1-диапазон). Ранее показано, что тета-активность ЭЭГ является чувствительным индикатором периоперационного повреждения головного мозга [10–12].

Процедура sLORETA-анализа

Подготовка данных для количественного анализа фоновой ЭЭГ-активности методом sLORETA выполнена с помощью специального программного обеспечения EEGLab, разработанного с использованием MATLAB (MathWorks, Натик, Массачусетс, США). На основе оригинального алгоритма [3] с применением sLORETA рассчитывали динамический кросс-спектр и далее для каждого из 6 239 вокселей определяли плотность источников тока в анализируемом частотном диапазоне (4–6 Гц).

Далее статистический анализ показателей плотности источников тока проводили также в пакете sLORETA с помощью метода статистического непараметрического картирования (statistical nonparametrical mapping) с использованием 5 000 рандомизаций. Рассчитан контраст плотности источников тока в до- и послеоперационном (после курса когнитивной реабилитации) периоде у исследованной группы пациентов ($n = 16$).

Результаты

С помощью анализа sLORETA установлено, что в послеоперационном периоде пациенты, прошед-

шие курс когнитивной реабилитации, имели более низкие значения плотности источников тока по сравнению с предоперационным периодом на частоте тета-1-ритма в левой фронтальной и темпоральной коре с максимальными различиями в поле Бродмана 22 (рис. 1), однако эти различия были статистически незначимы.

Далее проанализированы послеоперационные показатели плотности источников тока на частоте тета-1-ритма в зависимости от успешности проведенного курса когнитивной реабилитации. Частота развития ПОКД в исследуемой группе составила 56% ($n = 9$) случаев, для 44% ($n = 7$) пациентов курс когнитивной реабилитации завершен успехом, т. е. ПОКД перед выпиской из стационара не выявлена. Высокая плотность источников тока в тета-1-ритме в группе с неуспешной когнитивной реабилитацией по сравнению с группой с успешным результатом была наиболее выражена ($t > -8,42$; $p < 0,004$) в таких структурах правого полушария, как поле Бродмана 22, темпоральная доля и верхняя темпоральная извилина (рис. 2).

Обсуждение

В представленном исследовании с использованием метода sLORETA продемонстрировано, что у пациентов с успешно проведенной когнитивной реабилитацией отмечены более низкие послеоперационные показатели осцилляторной активности покоя в низкочастотном тета-диапазоне, и уточнена топографию этих изменений. Стоит отметить, что наибольшие различия в плотности источников тока связаны со структурами правого полушария, в частности полем Бродмана 22, правой темпоральной долей и верхней темпоральной извилиной.

Известно, что эти мозговые структуры связаны с восприятием и обработкой речи [18]. Когнитивные задания, которые были включены в реабилитационный курс, проведенный изучаемой выборке, были вербальными заданиями открытого типа, требовавшими обращения к долговременной памяти и

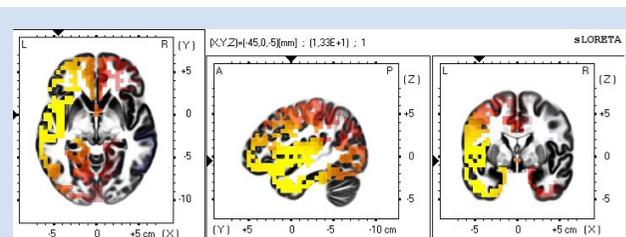


Рисунок 1. Послеоперационные различия в плотности источников тока у пациентов, прошедших курс когнитивной реабилитации. Оранжево-желтый цвет обозначает положительные значения Т-критерия (индикаторы выше в предоперационном периоде коронарного шунтирования, чем в послеоперационном)

Figure 1. Postoperative differences in current source density in patients undergoing cognitive rehabilitation. Orange-yellow color indicates positive T-score (indicators are higher in the preoperative period of coronary artery bypass grafting than in the postoperative period)

активации ассоциативных процессов [17]. Согласно современным представлениям о функциональном значении темпоральной коры, эти регионы мозга ответственны за обработку входящей, перцептивной, информации и хранение репрезентаций на абстрактном уровне [5, 19]. При этом правое полушарие включено в обработку слабо связанных семантических ассоциаций [20]. Для выполнения тех задач, которые предъявляли пациентам в процессе когнитивной реабилитации, требовалось извлечение из долговременной памяти и актуализация отдаленных ассоциаций. Согласно недавним исследованиям, ведущую роль в этом играют фронтотемпоральные области правого полушария [21].

Однако как острая, так и хроническая ишемия мозга могут привести к ухудшению памяти [22–24]. В отличие от острого воздействия, которое в основном повреждает функцию кодирования памяти [22], хроническая ишемия нарушает и функции извлечения памяти [24]. Следует также отметить, что увеличение медленноволновой тета-активности в ЭЭГ покоя в послеоперационном периоде кардиохирургических вмешательств рассматривают как коррелят кортикальной дисфункции и нарушения корково-подкорковых взаимодействий [10].

Эти данные позволяют предположить, что представленные в настоящем исследовании более низкие послеоперационные показатели мозговой активности в покое на частоте тета-диапазона у пациентов с успешной когнитивной реабилитацией по сравнению с неуспешной, локализованные в правых темпоральных отделах коры, способствуют улучшению функционирования этих регионов мозга и связанных с ними ассоциативных вербальных процессов под влиянием когнитивного тренинга. Как показано в предыдущих исследованиях, более высокий нейрофизиологический резерв обеспечивает лучшую координацию нейронной активности в нейронных сетях. Этот нейрофизиологический резерв может способствовать улучшению когнитивных функций и/или большей устойчивости к патологическим процес-

сам, сопровождающим развитие заболевания [7, 23]. Возможно также, что это отражает эффект трансфера – важного компонента успешной когнитивной реабилитации, который подразумевает повышение производительности процессов в широком спектре когнитивных областей, оптимизацию повседневного когнитивного функционирования [25, 26].

Таким образом, успешно проведенный курс когнитивного тренинга оказал положительное влияние на изменения пространственных паттернов мозговой активности у пациентов, перенесших КШ в условиях ИК.

Ограничения исследования

Прежде всего ограничением данного пилотного исследования явилось небольшое количество включенных пациентов ($n = 16$), что было недостаточным для получения статистически значимых изменений показателей sLORETA в послеоперационном периоде в общей группе. Однако различия показателей sLORETA между группами с успешной и неуспешной когнитивной реабилитацией были все же выявлены с использованием метода непараметрической рандомизации, основанном на «максимальной статистике» для корректировки множественных сравнений. При этом преимуществом нашей работы стало использование оптимального числа скальповых электродов ($n = 62$) для оценки корковых источников ритмов ЭЭГ в покое.

Заключение

В настоящем исследовании с помощью метода sLORETA продемонстрировано положительное влияние курса когнитивного тренинга на изменения пространственных паттернов мозговой активности у пациентов, перенесших КШ в условиях ИК. При успешно прошедшей когнитивной реабилитации выявлены более низкие послеоперационные показатели осцилляторной мозговой активности покоя в низкочастотном тета-диапазоне, локализованные в правых темпоральных отделах коры. Эти результаты могут отражать эффект трансфера – важного компонента успешной когнитивной реабилитации. Долгосрочное воздействие курса послеоперационного восстановления когнитивных функций на перестройки пространственных паттернов ЭЭГ у пациентов, перенесших кардиохирургические операции, проводимые в условиях ИК, должно быть проверено в будущих исследованиях.

Конфликт интересов

И.В. Тарасова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.С. Куприянова заявляет об отсутствии конфликта интересов. О.А. Трубникова заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Н. Кухарева заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.С. Соснина заявляет об отсутствии конфликта ин-

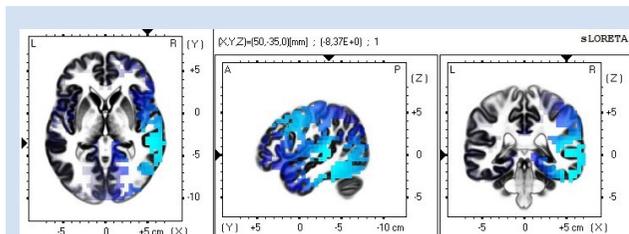


Рисунок 2. Межгрупповые различия плотности источников тока после коронарного шунтирования у пациентов в зависимости от успешности курса когнитивной реабилитации. Голубой цвет обозначает отрицательные значения Т-критерия (показатели ниже в группе успешной когнитивной реабилитации, чем в неуспешной)

Figure 2. Intergroup differences in current source density in patients undergoing coronary artery bypass grafting, depending on successfulness of cognitive rehabilitation. Blue color indicates negative T-test score (scores are lower in the successful cognitive rehabilitation group than in the unsuccessful group)

тересов. С.Б. Тен заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.Г. Шестернин заявляет об отсутствии конфликта интересов. О.Л. Барбараш входит в редакционную коллегию журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний».

Финансирование

Работа поддержана Министерством науки и об-

разования Российской Федерации (фундаментальная тема № 122012000364-5 от 20.01.2022 «Разработка инновационных моделей управления риском развития болезней системы кровообращения с учетом коморбидности на основе изучения фундаментальных, клинических, эпидемиологических механизмов и организационных технологий медицинской помощи в условиях промышленного региона Сибири»).

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

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

Кухарева Ирина Николаевна, 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** 0000-0002-6813-7017

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

Тен Станислав Борисович, кандидат медицинских наук врач-невролог, заведующий физиотерапевтическим отделением государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Кузбасский клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», главный областной специалист по медицинской реабилитации, Кемерово, Российская Федерация;

Шестернин Виктор Гаврилович, врач по ЛФК и спортивной медицине отделения медицинской реабилитации государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Кузбасский клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-6086-9398

Барбараш Ольга Леонидовна, академик РАН директор федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-4642-3610

Author Information Form

Kupriyanova Darya S., Junior 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** 0000-0002-9750-5536

Trubnikova Olga A., MD, PhD, 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

Kukhareva Irina N., MD, PhD, 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** 0000-0002-6813-7017

Tarasova Irina V., MD, PhD, 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

Sosnina Anastasia S., MD, PhD, 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

Ten Stanislav B., MD, PhD, Neurologist, Head of the Physiotherapy Department, State Budgetary Healthcare Institution “Kuzbass Clinical Cardiology Dispensary named after Academician L.S. Barbarash”, Head of Regional Specialist Rehabilitation, Kemerovo, Russian Federation;

Shesternin Viktor G., Physical Therapy and Sports Medicine Specialist, Department of Medical Rehabilitation, State Budgetary Healthcare Institution “Kuzbass Clinical Cardiology Dispensary named after Academician L.S. Barbarash”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-6086-9398

Barbarash Olga L., MD, PhD, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-4642-3610

Вклад авторов в статью

ТИВ – вклад в концепцию и дизайн исследования, интерпретация данных исследования, написание статьи, 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

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

КИН – 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

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

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

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

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

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

KIN – 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

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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
2. Zhu H., Qiu J., Sun X., Yang X., Zhang B., Tan Y. Intelligent algorithm-based quantitative electroencephalography in evaluating cerebral small vessel disease complicated by cognitive impairment. *Comput Math Methods Med.* 2022; 2022: 9398551. doi: 10.1155/2022/9398551.
3. Pascual-Marqui R.D. Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods Find Exp Clin Pharmacol.* 2002; 24 (Suppl D):5-12.
4. Wolff A., Di Giovanni D.A., Gómez-Pilar J., Nakao T., Huang Z., Longtin A., Northoff G. The temporal signature of self: Temporal measures of resting-state EEG predict self-consciousness. *Hum Brain Mapp.* 2019;40(3):789-803. doi: 10.1002/hbm.24412.
5. Приводнова Е.Ю., Вольф Н.В. Топографические особенности тета-активности у молодых и пожилых испытуемых на начальном этапе решения креативной задачи: sLORETA-анализ. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова.* 2018; 68(3): 304-312. doi: 10.7868/S0044467718030048.
6. Pascual-Marqui R.D., Michel C.M., Lehmann D. Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *Int J Psychophysiol.* 1994;18(1):49-65. doi: 10.1016/0167-8760(84)90014-x.
7. Babiloni C., Del Percio C., Pascarelli M.T., Lizio R., Noce G., Lopez S., Rizzo M., Ferri R., Soricelli A., Nobili F., Arnaldi D., Famà F., Orzi F., Buttinelli C., Giubilei F., Salvetti M., Cipollini V., Franciotti R., Onofrij M., Stirpe P., Fuhr P., Gschwandtner U., Ransmayr G., Aarsland D., Parnetti L., Farotti L., Marizzoni M., D'Antonio F., De Lena C., Güntekin B., Hanoğlu L., Yener G., Emek-Savaş D.D., Triggiani A.I., Taylor J.P., McKeith I., Stocchi F., Vacca L., Hampel H., Frisoni G.B., De Pandis M.F., Bonanni L. Abnormalities of functional cortical source connectivity of resting-state electroencephalographic alpha rhythms are similar in patients with mild cognitive impairment due to Alzheimer's and Lewy body diseases. *Neurobiol Aging.* 2019;77:112-127. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2019.01.013.
8. Babiloni C., Del Percio C., Lizio R., Noce G., Lopez S., Soricelli A., Ferri R., Pascarelli M.T., Catania V., Nobili F., Arnaldi D., Famà F., Orzi F., Buttinelli C., Giubilei F., Bonanni L., Franciotti R., Onofrij M., Stirpe P., Fuhr P., Gschwandtner U., Ransmayr G., Fraioli L., Parnetti L., Farotti L., Pievani M., D'Antonio F., De Lena C., Güntekin B., Hanoğlu L., Yener G., Emek-Savaş D.D., Triggiani A.I., Taylor J.P., McKeith I., Stocchi F., Vacca L., Frisoni G.B., De Pandis M.F. Levodopa may affect cortical excitability in Parkinson's disease patients with cognitive deficits as revealed by reduced activity of cortical sources of resting state electroencephalographic rhythms. *Neurobiol Aging.* 2019;73:9-20. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2018.08.010.
9. Ponomareva N., Andreeva T., Protasova M., Kononov R., Krotchenkova M., Malina D., Mitrofanov A., Fokin V., Illarioshkin S., Rogaev E. Genetic association between Alzheimer's disease risk variant of the PICALM Gene and EEG functional connectivity in non-demented adults. *Front Neurosci.* 2020;14:324. doi: 10.3389/fnins.2020.00324.
10. Тарасова И.В., Трубникова О.А., Барбараш О.Л., Барбараш Л.С. Изменения электроэнцефалограммы у пациентов с ранней и стойкой послеоперационной когнитивной дисфункцией при коронарном шунтировании с искусственным кровообращением. *Неврологический журнал.* 2017; 22(3): 136-141. doi: 10.18821/1560-9545-2017-22-3-136-141.
11. Тарасова И.В., Акбиров Р.М., Тарасов Р.С., Трубникова О.А., Барбараш О.Л. Изменения показателей электрической активности мозга у пациентов, перенесших одномоментное коронарное шунтирование и каротидную эндартерэктомию. *Журнал неврологии и психиатрии.*

трии им. С.С. Корсакова. 2019;119(7):41-47. doi:10.17116/jnevro201911907141.

12. Trubnikova O.A., Tarasova I.V., Moskin E.G., Kupriyanova D.S., Argunova Y.A., Pomeshkina S.A., Gruzdeva O.V., Barbarash O.L. Beneficial effects of a short course of physical prehabilitation on neurophysiological functioning and neurovascular biomarkers in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Front Aging Neurosci.* 2021; 13: 699259. doi: 10.3389/fnagi.2021.699259.

13. Petrigna L., Thomas E., Gentile A., Paoli A., Pajaujiene S., Palma A., Bianco A. The evaluation of dual-task conditions on static postural control in the older adults: a systematic review and meta-analysis protocol. *Syst Rev.* 2019 Jul 27;8(1):188. doi: 10.1186/s13643-019-1107-4.

14. 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

15. Moreira J.M.A., Grilo E.N. Quality of life after coronary artery bypass graft surgery - results of cardiac rehabilitation programme. *J Exerc Rehabil.* 2019;15(5):715-722. doi: 10.12965/jer.1938444.222.

16. Relander K., Nietanen M., Rantanen K., Rämö J., Vento A., Saastamoinen K.P., Roine R.O., Soenne L. Postoperative cognitive change after cardiac surgery predicts long-term cognitive outcome. *Brain Behav.* 2020;10(9):e01750. doi: 10.1002/brb3.1750.

17. Тарасова И.В., Трубникова О.А., Кухарева И.Н., Социнина А.С., Куприянова Д.С., Шестернин В.Г., Нагиряк О.А., Барбараш О.Л. Эффекты когнитивной реабилитации с применением двойной задачи у пациентов в раннем послеоперационном периоде прямой реваскуляризации миокарда. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2021;10(3):15-25. doi: 10.17802/2306-1278-2021-10-3-15-25

18. Yamamoto A.K., Sanjuán A., Pope R., Parker Jones O., Hope T.M.H., Prejawa S., Oberhuber M., Mancini L., Ekert J.O., Garjardo-Vidal A., Creasey M., Yousry T.A., Green D.W., Price C.J. The Effect of right temporal lobe gliomas on left and right hemisphere neural processing during speech perception

and production tasks. *Front Hum Neurosci.* 2022; 16:803163. doi: 10.3389/fnhum.2022.803163.

19. Manini B., Vinogradova V., Woll B., Cameron D., Eimer M., Cardin V. Sensory experience modulates the reorganization of auditory regions for executive processing. *Brain.* 2022:awac205. doi: 10.1093/brain/awac205.

20. Troyer M., McRae K., Kutas M. Wrong or right? Brain potentials reveal hemispheric asymmetries to semantic relations during word-by-word sentence reading as a function of (fictional) knowledge. *Neuropsychologia.* 2022;170:108215. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2022.108215.

21. Yin C.H., Yang F.G. The Effects of working memory capacity in metaphor and metonymy comprehension in Mandarin-English bilinguals' minds: An fMRI Study. *Brain Sci.* 2022;12(5):633. doi: 10.3390/brainsci12050633.

22. Davis J.E., Wagner D.R., Garvin N., Moilanen D., Thornton J., Schall C. Cognitive and psychomotor responses to high-altitude exposure in sea level and high-altitude residents of Ecuador. *J Physiol Anthropol.* 2015;34(1):2. doi: 10.1186/s40101-014-0039-x.

23. Пономарева Н.В., Медведев Р.Б., Боровова А.И., Каванец Е.В., Клопов В.И., Фокин В.Ф., Лагода О.В., Танащян М.М. Билатеральная асимметрия кровотока по магистральным артериям головы при когнитивной нагрузке у больных хронической ишемией мозга. *Асимметрия.* 2022;16(1): 5-11. doi: 10.25692/ASY.2022.16.1.001

24. Zhang Y.Q., Zhang W.J., Liu J.H., Ji W.Z. Effects of chronic hypoxic environment on cognitive function and neuroimaging measures in a high-altitude population. *Front Aging Neurosci.* 2022;14:788322. doi: 10.3389/fnagi.2022.788322.

25. Ballesteros S., Mayas J., Prieto A., Ruiz-Marquez E., Toril P., Reales J.M. Effects of video game training on measures of selective attention and working memory in older adults: results from a randomized controlled trial. *Front Aging Neurosci.* 2017;9:354. doi:10.3389/fnagi.2017.00354.

26. Heinzel S., Rimpel J., Stelzel C., Rapp M.A. Transfer effects to a multimodal dual-task after working memory training and associated neural correlates in older adults - a pilot study. *Front Hum Neurosci.* 2017;11:85. doi:10.3389/fnhum.2017.00085.

REFERENCES

1. 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 cardiosurgical patients with postoperative cognitive dysfunction. *Siberian Scientific Medical Journal.* 2021;41(2):12-20. (In Russian) doi: 10.18699/SSMJ20210202

2. Zhu H., Qiu J., Sun X., Yang X., Zhang B., Tan Y. Intelligent algorithm-based quantitative electroencephalography in evaluating cerebral small vessel disease complicated by cognitive impairment. *Comput Math Methods Med.* 2022; 2022: 9398551. doi: 10.1155/2022/9398551.

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

4. Wolff A., Di Giovanni D.A., Gómez-Pilar J., Nakao T., Huang Z., Longtin A., Northoff G. The temporal signature of self: Temporal measures of resting-state EEG predict self-consciousness. *Hum Brain Mapp.* 2019;40(3):789-803. doi: 10.1002/hbm.24412.

5. Privodnova E.Yu., Volf N.V. Topographic features of theta activity in young and elderly subjects at the initial stage of creative problem solving: sLORETA analysis. *Zhurnal vysshei nervnoi deiatelnosti imeni I P Pavlova.* 2018; 68(43):304-312 (In Russian) doi: 10.7868/S0044467718030048.

6. Pascual-Marqui R.D., Michel C.M., Lehmann D. Low

resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *Int J Psychophysiol.* 1994;18(1):49-65. doi: 10.1016/0167-8760(84)90014-x.

7. Babiloni C., Del Percio C., Pascarelli M.T., Lizio R., Noce G., Lopez S., Rizzo M., Ferri R., Soricelli A., Nobili F., Arnaldi D., Famà F., Orzi F., Buttinelli C., Giubilei F., Salvetti M., Cipollini V., Franciotti R., Onofri M., Stirpe P., Fuhr P., Gschwandtner U., Ransmayr G., Aarsland D., Parnetti L., Farotti L., Marizzoni M., D'Antonio F., De Lena C., Güntekin B., Hanoğlu L., Yener G., Emek-Savaş D.D., Triggiani A.I., Taylor J.P., McKeith I., Stocchi F., Vacca L., Hampel H., Frisoni G.B., De Pandis M.F., Bonanni L. Abnormalities of functional cortical source connectivity of resting-state electroencephalographic alpha rhythms are similar in patients with mild cognitive impairment due to Alzheimer's and Lewy body diseases. *Neurobiol Aging.* 2019;77:112-127. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2019.01.013.

8. Babiloni C., Del Percio C., Lizio R., Noce G., Lopez S., Soricelli A., Ferri R., Pascarelli M.T., Catania V., Nobili F., Arnaldi D., Famà F., Orzi F., Buttinelli C., Giubilei F., Bonanni L., Franciotti R., Onofri M., Stirpe P., Fuhr P., Gschwandtner U., Ransmayr G., Fraioli L., Parnetti L., Farotti L., Pievani M., D'Antonio F., De Lena C., Güntekin B., Hanoğlu L., Yener G., Emek-Savaş D.D., Triggiani A.I., Taylor J.P., McKeith I., Stocchi F., Vacca L., Frisoni G.B., De Pandis M.F. Levodopa

may affect cortical excitability in Parkinson's disease patients with cognitive deficits as revealed by reduced activity of cortical sources of resting state electroencephalographic rhythms. *Neurobiol Aging*. 2019;73:9-20. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2018.08.010.

9. Ponomareva N., Andreeva T., Protasova M., Konovalov R., Krotchenkova M., Malina D., Mitrofanov A., Fokin V., Illarionov S., Rogojev E. Genetic association between Alzheimer's disease risk variant of the PICALM Gene and EEG functional connectivity in non-demented adults. *Front Neurosci*. 2020;14:324. doi: 10.3389/fnins.2020.00324.

10. Tarasova I.V., Trubnikova O.A., Barbarash O.L., Barbarash L.S. EEG changes in patients with early and long-term postoperative cognitive dysfunction after on-pump coronary artery bypass surgery. *Neurological journal*. 2017; 22(3): 136-141. (In Russian) doi: 10.18821/1560-9545-2017-22-3-136-141.

11. Tarasova I.V., Akbirov R.M., Tarasov R.S., Trubnikova O.A., Barbarash O.L. The changes of brain electric activity in patients undergoing simultaneous coronary artery bypass grafting and carotid endarterectomy. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2019;119(7):41-47. (In Russian) doi:10.17116/jnevro201911907141.

12. Trubnikova O.A., Tarasova I.V., Moskin E.G., Kupriyanova D.S., Argunova Y.A., Pomeschkina S.A., Gruzdeva O.V., Barbarash O.L. Beneficial effects of a short course of physical prehabilitation on neurophysiological functioning and neurovascular biomarkers in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Front Aging Neurosci*. 2021; 13: 699259. doi: 10.3389/fnagi.2021.699259.

13. Petrigna L., Thomas E., Gentile A., Paoli A., Pajaujiene S., Palma A., Bianco A. The evaluation of dual-task conditions on static postural control in the older adults: a systematic review and meta-analysis protocol. *Syst Rev*. 2019 Jul 27;8(1):188. doi: 10.1186/s13643-019-1107-4.

14. 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. (In Russian) doi:10.23946/2500-0764-2020-5-2-101-111

15. Moreira J.M.A., Grilo E.N. Quality of life after coronary artery bypass graft surgery - results of cardiac rehabilitation programme. *J Exerc Rehabil*. 2019;15(5):715-722. doi: 10.12965/jer.1938444.222.

16. Relander K., Hietanen M., Rantanen K., Rämö J., Vento A., Saastamoinen K.P., Roine R.O., Soine L. Postoperative cognitive change after cardiac surgery predicts long-term cognitive outcome. *Brain Behav*. 2020;10(9):e01750. doi: 10.1002/brb3.1750.

17. Tarasova I.V., Trubnikova O.A., Kuhareva I.N., Sosnina A.S., Kupriyanova D.S., Shesternin V.G., Nagirnyak O.A.,

Barbarash O.L. Effects of dual-task rehabilitative training in the early postoperative period after direct myocardial revascularization. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2021;10(3):15-25. (In Russian) doi:10.17802/2306-1278-2021-10-3-15-25

18. Yamamoto A.K., Sanjuán A., Pope R., Parker Jones O., Hope T.M.H., Prejawa S., Oberhuber M., Mancini L., Ekert J.O., Garjardo-Vidal A., Creasey M., Yousry T.A., Green D.W., Price C.J. The Effect of right temporal lobe gliomas on left and right hemisphere neural processing during speech perception and production tasks. *Front Hum Neurosci*. 2022; 16:803163. doi: 10.3389/fnhum.2022.803163.

19. Manini B., Vinogradova V., Woll B., Cameron D., Eimer M., Cardin V. Sensory experience modulates the reorganization of auditory regions for executive processing. *Brain*. 2022:awac205. doi: 10.1093/brain/awac205.

20. Troyer M., McRae K., Kutas M. Wrong or right? Brain potentials reveal hemispheric asymmetries to semantic relations during word-by-word sentence reading as a function of (fictional) knowledge. *Neuropsychologia*. 2022;170:108215. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2022.108215.

21. Yin C.H., Yang F.G. The Effects of working memory capacity in metaphor and metonymy comprehension in Mandarin-English bilinguals' minds: An fMRI Study. *Brain Sci*. 2022;12(5):633. doi: 10.3390/brainsci12050633.

22. Davis J.E., Wagner D.R., Garvin N., Moilanen D., Thornton J., Schall C. Cognitive and psychomotor responses to high-altitude exposure in sea level and high-altitude residents of Ecuador. *J Physiol Anthropol*. 2015;34(1):2. doi: 10.1186/s40101-014-0039-x.

23. Ponomareva N.V., Medvedev R.B., Boravova A.I., Kanavec E.V., Klopotov V.I., Fokin V.F., Lagoda O.V., Tanashjan M.M. Asymmetry of reactivity of the main blood flow through the vessels of the head during cognitive activity in patients with chronic cerebral ischemia. *Journal of asymmetry*. 2022;16(1): 5-11. (In Russian) doi: 10.25692/ASY.2022.16.1.001

24. Zhang Y.Q., Zhang W.J., Liu J.H., Ji W.Z. Effects of chronic hypoxic environment on cognitive function and neuroimaging measures in a high-altitude population. *Front Aging Neurosci*. 2022;14:788322. doi: 10.3389/fnagi.2022.788322.

25. Ballesteros S., Mayas J., Prieto A., Ruiz-Marquez E., Toril P., Reales J.M. Effects of video game training on measures of selective attention and working memory in older adults: results from a randomized controlled trial. *Front Aging Neurosci*. 2017;9:354. doi:10.3389/fnagi.2017.00354.

26. Heinzl S., Rimpel J., Stelzel C., Rapp M.A. Transfer effects to a multimodal dual-task after working memory training and associated neural correlates in older adults - a pilot study. *Front Hum Neurosci*. 2017;11:85. doi:10.3389/fnhum.2017.00085.

Для цитирования: 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(4S): 65-74. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-4S-65-74

To cite: Tarasova I.V., Kupriyanova D.S., Trubnikova O.A., Kuhareva 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